KLIMATILPASNING – BYFORGRØNNELSE SOM MIDDEL TIL BYMÆSSIG BÆREDYGTIGHED

DTU Management, 2010
Ditte Ivalu Esbirk s032473
Bastian Junker s023027

TITELBLAD

KLIMATILPASNING – BYFORGRØNNELSE SOM MIDDEL TIL BYMÆSSIG BÆREDYGTIGHED

Specialeprojekt, 2010
Byggeteknologi, BYG-DTU
Afleveret januar 2010

Udarbejdet af:	Ditte Ivalu Esbirk	s032473
	Bastian Junker	s023027
Vejledere:	Birgitte Hoffmann	DTU Management
	Jan Lilliandahl Larsen	DTU Management

PROBLEMFORMULERING

"Hvilke konkrete konsekvenser får klimaforandringerne i danske byer, og hvad er mulighederne for tilpasning? Hvor effektiv en tilgang er byforgrønnelse, og hvilke grønne teknologier kan/bør benyttes? Hvordan implementeres begrønning bedst i eksisterende, tætte byområder, og hvilke planredskaber kan anvendes for at fremme denne udvikling?"

Med udgangspunkt i det centrale København vil vi afdække potentialet af byforgrønnelse som tilpasningsstrategi. Ud fra en konkret udvalgt københavner-karré afprøves mulighederne for implementering af forskellige grønne teknologier, hvorefter deres fordele og ulemper samt deres samlede virkning gøres op. Dernæst undersøges plansystemets rolle i realiseringsprocessen. Eksisterende barrierer og potentialer identificeres, hvorefter ansvarsfordeling, aktørnetværk og incitamenter analyseres. Til sidst bringes en anbefaling vedr. fremgangsmåden for klimatilpasning af byer via forgrønnelsestiltag.

FORORD

Dette er et kandidatspeciale på 35 ECTS-point udarbejdet på Danmarks Tekniske Universitet i sidste halvdel af 2009 af studerende Bastian Junker og Ditte Ivalu Esbirk under vejledning af Birgitte Hoffmann og Jan Lilliendahl Larsen fra DTU Management.

Begge forfattere har en baggrund som diplomingeniører fra DTU's linje By- og byg. ing. (Architectural Engineering), som nu er omdøbt Bygningsdesign. Dér startede vores interesse for byplanlægning, som bl.a. kom til udtryk i vores afgangsprojekter, der begge handlede om lokalplanlægning i Danmark. Siden har vi taget overbygningen i byggeteknologi med særligt fokus på by- og byggeledelse og bæredygtigt bygningsdesign.

Emnet for denne rapport er valgt ud fra ønsket om at kombinere vores tekniske, æstetiske og planmæssige kompetencer ved udarbejdelse af et løsningsforslag til et aktuelt samfundsproblem. Inspirationen til det specifikke tema fik vi af Jens Hvass fra Miljøpunkt Indre By, som selv i flere forbindelser har arbejdet med byforgrønnelse. Derudover er vi blevet løbende vejledt og inspireret af vores forskellige interviewpersoner, herunder især Marina Bergen Jensen fra KU LIFE, Niels Bendt Johansen fra Københavns E og Jesper Christensen fra Nykilde Frø, men også Gertrud Jørgensen fra KU LIFE, Louise Lundberg fra Scandinavian Green Roof Association og Dorte Rømø fra Københavns Kommunes center for Park og Natur.

Desuden vil vi gerne rette en særlig tak til Theresa Junker for hjælp til vores visualiseringer, Mushtaba Norestani for vejledning vedr. beregninger af vandafledning, samt Michelle Herreholm og Rolf Schiødt Petersen for input til de statiske overslagsberegninger.

RESUMÉ og ABSTRACT

Denne rapport tager udgangspunkt i de af FN's klimapanel forudsete forandringer i det danske klima og de bymæssige konsekvenser, der vil følge deraf. Ud fra den vurdering, at oversvømmelser af kloakkerne grundet stigende ekstremregn er det største og mest presserende problem, afdækkes mulighederne for tilpasning af vandhåndteringskapaciteten. Idet udbygning af det konventionelle, centraliserede kloaksystem er en omkostningstung løsning, rettes fokus mod potentialerne ved øget plantedække og lokal afledning af regnvand, som også indebærer positive effekter over for andre konsekvenser af klimaforandringerne, herunder navnlig hedebølger og urban varme-ø-effekt. Denne tilgang bringer dog også udfordringer til planlægningen i form af ufuldendt vidensgrundlag og komplekse interesseforhold, som således søges anskueliggjort.

Derfor har det i processen været vægtet at trække på konkrete erfaringer fra ind- og udland, at opsøge og kortlægge relevante aktører, samt at søge information om de nyeste produkter indenfor grønne teknologier. Hovedvægten ligger på tag- og facadebeklædninger, da dette potentiale var mindst bearbejdet på forhånd, og da denne tilgang er forbundet med færre komplikationer end nedsivning til undergrunden. Med henblik på at skabe et mere lettilgængeligt indblik i mulighederne for at begrønne i den tætte by, samt de faktiske virkninger deraf, har vi udarbejdet et casestudie af en karakteristisk københavnerkarré, hvortil der er designet og regnet på 5 forskellige begrønningsscenarier. Disse scenarier holdes op mod hinanden ud fra en række kriterier, herunder vandhåndtering, som er fastsat på baggrund af den forudgående analyse, hvorved deres relevans som tilpasningsinitiativ kan vurderes. På dette grundlag laves et overslag over, hvorvidt København bør imødegå klimaforandringerne grønnere eller med større kloakker.

Konklusionen er, at byforgrønnelse er en effektiv løsning rent teknisk, men at den kræver ændringer og mere proaktiv tilgang i plansystemet for at blive realiseret.

This thesis takes its point of departure in the UN Climate Panel's scenarios in order to investigate the consequences of climate change for the cities of Denmark. From the finding that the most urgent and serious challenge will be flooding of sewers due to changed patterns of rainfall, the options of preparing the cities for future rain events are sought out. An enlargement of the traditional sewer system is a cost-intensive solution that also requires roadwork across the entire city.

By utilizing the multiple advantages of expanding greenspace cover instead, and managing rainwater on site, the city will experience positive side effects regarding heat waves and urban heat island effect among other things.

However, a green approach causes other challenges to city management, as it implies insufficient knowledge and brings more stakeholders to the scene.

Through the work with this thesis it has been emphasised to gather knowledge on green technologies from home and abroad, contact relevant professionals on the subject and gather information about the newest inventions. The main focus is green roof and wall systems, since these entail fewer complications, and their potential is not fully established.

By using a case study of an inner city residential block in Copenhagen, the opportunities for adapting to climate change through expanding greenspace cover is tested. Five different designs of greenery going from no green surfaces to a complete cover of foliage are analysed and compared. On this base an evaluation is made on whether to build green or enlarge the sewer system in Copenhagen.

The conclusions are that expanding urban greenspace cover can be an effective approach to climate change adaptation, but that it takes changes and proactive initiatives in the Danish planning system in order to be carried out.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Introduktion

Indledning 6
Læsevejledning 10
Metode 12

2. Problematik

Fremtidsscenarier 22
Klimatilpasning 32

3. Byforgrønnelse

Generelle kvaliteter 46
Begrønning af bygninger 52
Supplerende teknologier 75
Implementering 86
Opsummering på analysedel 104

4. Casestudy

Præsentation 106
Begrønningsscenarier 118

5. Afrunding

Diskussion/kritik 146
Konklusion 149
Perspektivering 151

Bilag

1. INTRODUKTION

Indledning 6
Problemformulering 8
Vision 8
Problemfelt 9

Læsevejledning 10
Opbygning 10
Begrebsafklaring 11

Metode 12
Faglig tilgang 12
Tilvalg og Afgrænsning 12
Kildegrundlag 14
- Feltarbejde 14
- De enkelte analyse-afsnit 16
Proces 20

INDLEDNING

Det globale klima er ved at ændre sig: Vi hører om det konstant i medierne, vi ser det på fotos af de aftagende ismasser ved polerne, vi mindes om det gennem de mange naturkatastrofer omkring i verden. Men idet Danmark ligger relativt trygt placeret på verdenskortet, er klimaforandringerne stadig forbundet med noget fjernt og uvedkommende for mange mennesker herhjemme. Livet går ufortrødent videre efter COP15, der af nogle allermest blev set som et politisk mediestunt og en god mulighed for at gøre forretning.

Der er således et behov for at gøre problematikken nærværende og konkret. Selvom vi absolut ikke er den region, som er hårdest ramt, er der begyndt at komme konsekvenser: Nedbøren er blevet mere varierende og ekstrem, vindstyrkerne har oftere karakter af kraftig storm, og der forekommer flere og længere tørkeperioder og hedebølger. Dette forudses at blive yderligere forstærket over indeværende århundrede – scenarierne er rykket stadigt tættere på i løbet af de seneste år. Forebyggelsesinitiativer kan muligvis begrænse udviklingen, men ikke længere forhindre den, idet den eksisterende koncentration af drivhusgasser i atmosfæren vil være op mod 200 år om at udfases (FNs klimarapport 2007).

Således er behovet for tilpasningsinitiativer efterhånden blevet lige så aktuelt: Vi må forholde os til de klimaændringer, der er givet anledning til, og de konsekvenser, der så småt er begyndt at vise sig. Strategisk planlægning i forhold til fremtidige og ikke kun nutidige forhold er nødvendigt i en æra med forandringer.

Oversvømmelser i byerne er indtil videre det mest presserende problem (plan09, 2008), idet afløbssystemerne ikke er dimensioneret til de nye vejrforhold. I fælleskloakerede områder kan der endda forekomme spildevand i oversvømmede kældre og gader, hvilket kan have negativ betydning for folkesundheden. I Hillerød opstod der eksempelvis heftige oversvømmelser i 2007, hvorefter det vurderedes at der ville gå 10-35 år før et regnskyl af samme størrelsesorden gentog sig, men allerede i 2009 oplevede byen igen ekstrem regn og oversvømmelser endnu kraftigere end de første (Birgitte Marfelt, 2009). Odense har haft tilsvarende problemer, hvor det nogle steder til sidst blev så grelt, at kommunen måtte opkøbe udsatte villaer og rive dem ned. Dette kan blive en bekostelig affære, uanset om man vælger at se tiden an eller at øge kloakkernes kapacitet, og alternative løsninger er derfor efterstræbt.

Udover oversvømmelserne vil de stigende temperaturer angivelig blive et tilbagevendende problem for komforten, også især i byerne. Hedebølger rammer hovedsagelig samfundets i forvejen svageste, hvilket i høj grad blev understreget i sommeren 2003, hvor dødeligheden blandt syge og ældre steg markant i det centrale Europa, og tusindvis af mennesker måtte lade livet (Verdens vejr går amok", Politiken.dk udland 26 juni 2007). Ud fra den betragtning at klimazonerne rykker gradvis nordpå, kan dette på længere sigt også forekomme i Danmark.

Den generelt stigende andel befæstet areal i byerne forstærker begge disse problemer:

- En af årsagerne til oversvømmelserne er, at regnvandet ledes direkte til kloakken, hvor det blandes med spildevand, da det ikke kan trænge ned i jorden.

- En af årsagerne til de højeste temperaturer i byerne er varme-ø-effekten, som kan få sommervarmen til at eskalere yderligere grundet høj varmeabsorption og lav fordampning.

For begge disse konsekvenser af klimaforandringerne gælder således, at de kan afhjælpes ved en forøgelse i mængden af permeable, evapotranspirerende overflader i byen, dvs. mere vegetation.

Den engelske regering har initieret et omfattende forskningsprojekt vedrørende klimatilpasningsstrategier (Adaptation Strategies for Climate Change in the Urban Environment, 2006), som i høj grad fremhæver netop potentialerne ved udvidelse af plantedækket i storbyen – herunder især optag/forsinkelse af regnvand og nedbringelse af varmeøeffekten, men også mere bløde kvaliteter som øget velvære i byen og større bymæssig attraktionsværdi.

Således vil det umiddelbart give mening at løse mest muligt af problemet med grønne tiltag af forskellig karakter. Men der hersker usikkerhed omkring, hvor stor en forskel det faktisk kan gøre. Denne projektrapport tager derfor udgangspunkt i kvantificeringen af potentialet for klimatilpasning via byforgrønnelse i Danmark.

Der er tre grundlæggende principper til håndtering af regnvand uden om kloakkerne: Man kan lede regnvandet væk og opsamle det andetsteds over eller under jorden; forsinke vandmasserne på vejen, så de når kloakkerne i overkommelige mængder; eller også kan man sørge for, at mulighederne for nedsivning/absorption bliver betydeligt forbedret, så størstedelen af vandet ikke skal bortledes overhovedet. Det fælles udgangspunkt for dem alle er, at regnen håndteres lokalt frem for centraliseret, hvorfor de går under fællesbetegnelsen LAR (lokal afledning af regnvand). Et andet grundlæggende princip er, at vandet som ressource skal udnyttes bedre, eksempelvis til nedkøling af byen via øget evapotranspiration, hvilket har givet anledning til en anden fælles betegnelse: Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS).

I Odense skal det afstrømmende vand nu omdirigeres fra de konventionelle centraliserede kloaksystemer til landskabsbaseret afvanding, som handler om nedsivning og tilbageholdelse af vandet i udvalgte, decentraliserede åbne områder under og over terræn – bl.a. på de tidligere villagrunde (2BG, 2008).

I Los Angeles har man i stedet eksperimenteret med regnvandsopsamling på matrikelniveau, hvor formålet var at minimere regnmængden i hovedkloaksystemet fra hver enkel grund ved at håndtere mest muligt via opmagasineringstanke, faskiner mm. Resultatet var, at regnskyl af en størrelsesorden, der tidligere ville have medført oversvømmelse, kunne klares uden problemer (Andy Lipkis, 2007). Men denne metode kan være svær at gennemføre i den meget tætte by, da der er et relativ begrænset ledigt udeareal pr. bygning.

En anden større undersøgelse med afsæt i bl.a. Ontario viser, at beplantning af tage kan forsinke regnvandet og samtidig nedsætte bygningers energiforbrug, forbedre luftkvaliteten, gøre bygningen mere brandresistent og fungere lydisolerende (Mentens et al., 2005).

Der ligger dog en stor udfordring i, hvordan man får gennemført disse tiltag i eksisterende byområder: Kun en brøkdel af bygningerne i en by er offentligt ejet, og projektet må nødvendigvis indbefatte et utal af aktører og interessenter, som vil efterspørge et gyldigt incitament. derudover må det overvejes, hvordan et omfattende byforgrønnelsesprojekt kan finansieres. Der skal hentes hjælp fra højere lag i planhierarkiet i form af eksempelvis ny lovgivning og tilskudsordninger. Men det er vigtig, at der knyttes en rød tråd gennem plansystemet, så den nødvendige viden og det nødvendige ansvar lander på rette sted. Vi kan finde inspiration i eksempelvis Berlin, hvor der i mange år har været ført en målrettet politik for grønne tage (IGRA-seminar), hvilket i dag fremgår helt tydeligt, hvis man kaster et blik ud over byen.

Et andet fokus i rapporten er således, hvordan man bedst får implementeret en strategi for forgrønnelse i danske byer. Forskellige koncepter afprøves og deres virkninger gøres op for at skabe et overblik over værdien af byforgrønnelse set i lyset af klimaforandringerne.

PROBLEMFORMULERING

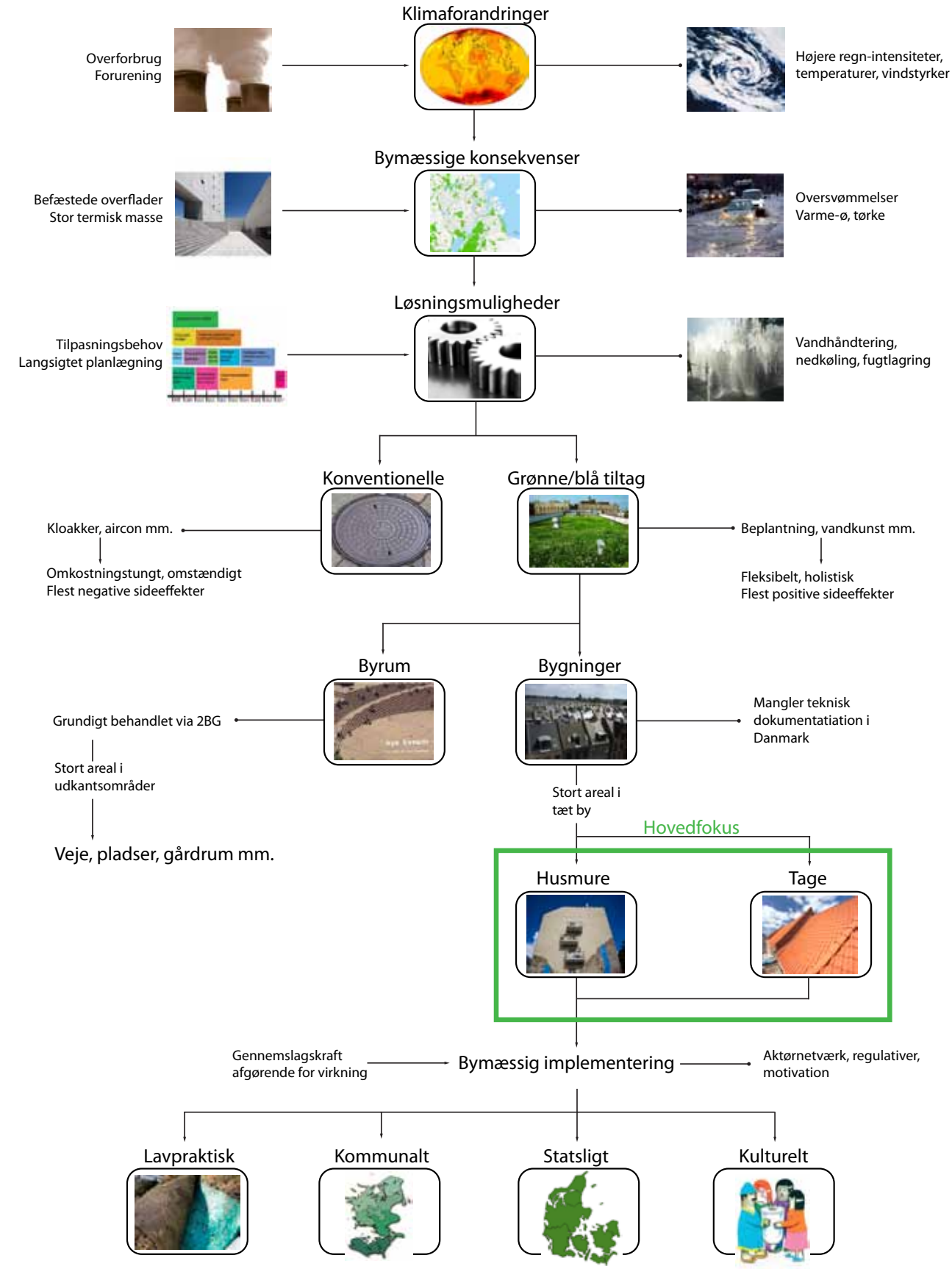
”Hvilke konkrete konsekvenser får klimaforandringerne i danske byer, og hvad er mulighederne for tilpasning? Hvor effektiv en tilgang er byforgrønnelse, og hvilke grønne teknologier kan/bør benyttes? Hvordan implementeres begrønning bedst i eksisterende, tætte byområder, og hvilke planredskaber kan anvendes for at fremme denne udvikling?”

Med udgangspunkt i det centrale København vil vi afdække potentialet af byforgrønnelse som tilpasningsstrategi. Ud fra en konkret udvalgt københavner-karré afprøves mulighederne for implementering af forskellige grønne teknologier, hvorefter deres fordele og ulemper samt deres samlede virkning gøres op. Dernæst undersøges plansystemets rolle i realiseringsprocessen. Eksisterende barrierer og potentialer identificeres, hvorefter ansvarsfordeling, aktørnetværk og incitamenter analyseres. Til sidst bringes en anbefaling vedr. fremgangsmåden for klimatilpasning af byer via forgrønnelsestiltag.

Vision

Vores ønske for dette speciale er, at det vil hjælpe beslutningstagere til at træffe de rette valg om at tilpasse vores byer, herunder især København, til de fremtidige klimaforhold på en æstetisk, rentabel og bæredygtig måde. Således kan byerne i fremtiden blive endnu mere attraktive steder at leve og samtidig bidrage mindre til nedbrydelsen af vores klodes vitale økosystemer, end det er tilfældet i dag.

PROBLEMFELT



Figur 1.1: Problemfelt og udvælgelsesproces illustreret på diagrammatisk vis.

Opbygning

Denne rapport er bygget op af fem adskilte hovedafsnit, som indholdsmæssigt er indbyrdes afhængige, men kan læses hver for sig, hvis læserens interesse begrænser sig til enkeltstående dele. Udover de fem hovedafsnit følger en række bilag, bestående af hhv. referater fra vores aktørinterviews og relevante seminarer, vores beregninger af kloakkapacitet, statisk bæreevne og potentialerne ved begrønning af bygninger, samt til sidst en række oversigtskort, som vi har benyttet til at få et overblik i forbindelse med casestudiet. Bilagene er således et afgørende udgangspunkt for specialet og indeholder meget af det benyttede vidensgrundlag, men skal ikke nødvendigvis læses for at få den overordnede forståelse af emnet og budskaberne.

Hovedafsnittene er inddelt som følger:

1. Introduktionen

består af de nødvendige formalia, herunder dette afsnit, som skaber et overblik over projektets formål, opbygning og metode. Dette afsnit tager udgangspunkt i spørgsmålene: Hvad vil vi frem til? Hvorfor er det relevant? Hvad er vores faglige udgangspunkt? Hvordan søger vi den nødvendige viden? Hvordan bruger vi den? Og hvordan formidler vi resultaterne?

2. Problematikken

introducerer mere uddybende, hvilke miljø- og samfundsmæssige mekanismer, der ligger til grund for vores emnevalg, samt hvad de betyder for udviklingen i vores byer: Hvad forventes at blive de afgørende ændringer i vores klima som følge af den globale opvarmning? Hvad bliver de mere konkrete konsekvenser i danske byer? Hvad er mulighederne for tilpasning til de nye og kommende miljømæssige betingelser? Hvilke fordele og ulemper ser man i de forskellige tiltag? Og hvilke teknologier er under udvikling?

3. Byforgrønnelses-afsnittet

går i dybden med vores valgte fokusområde: klimatilpasning vha. begrønning af byrum og især bygninger, som opfølgning på de overvejelser, der fremstilles i sidste del af det foregående hovedafsnit. Hvilke grønne teknologier har vi at gøre godt med? Og hvilke af disse er at foretrække hvor? Hvad er virkningerne, og hvor store er omkostningerne? Hvordan implementeres det, og hvad ligger der af barrierer, for at det bliver realiseret?

4. Casestudiet

er den konkrete afprøvning af teorierne i byforgrønnelses-afsnittet. Der fokuseres på klimatil-

pasning af storbyen København gennem studie af potentialerne ved begrønning af en klassisk københavnerkarré. Hvad kan man typisk opnå på matrikelplan i den tætte, eksisterende by? Hvor omfattende et indgreb vil der være tale om, og hvilke parametre skal man tage højde for? Hvordan kombineres teknologierne bedst, og hvor stor en forskel vil det gøre på byniveau?

5. Afrundingen

samler delkonklusionerne fra hvert af de ovenstående afsnit, hvorefter de diskuteres, og relevante kritikpunkter opridses. På dette grundlag bringes den endelige konklusion på problemet. Herefter følger en perspektivering, hvor der zoomes ud igen, og større samfundsmæssige perspektiver overvejes i forhold til de opnåede resultater.

Hvad har vi lært? Er byforgrønnelse en effektiv løsning på konsekvenserne af den globale opvarmning? Kan det stå alene, eller skal der andre tiltag i spil? Hvad er der af faldgruber, utilstrækkeligheder og ulemper? Er det realistisk at opnå en tilstrækkelig grad af byforgrønnelse på byniveau? Eller ville en anden tilgang kunne tænkes at løse problemet bedre? Er der nogle eksterne parametre, som kan få en betydning, og som der ikke er taget højde for?

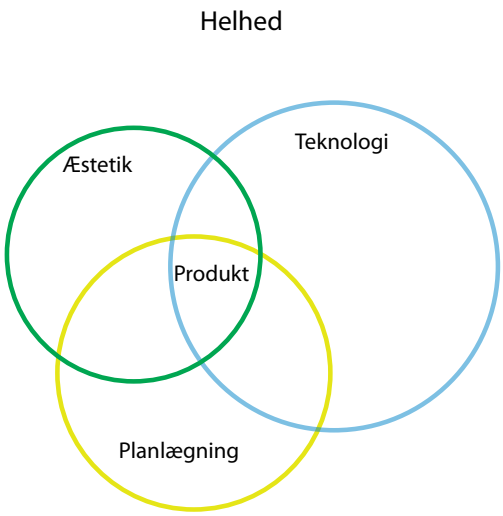
Rapportens fem dele retter sig således tilsammen mod interesserede på alle samfundsniveauer, og det er vores håb, at den kan fungere som oplysning, inspiration og vejledning i forhold til de konkrete udfordringer vores byer går i møde i forbindelse med klimaforandringerne.

Begrebsafklaring

Da der i Danmark er kommet en ny grøn bølge, hvor der efterhånden for alvor arbejdes på tværs af fagligheder i forbindelse med ideen om "den grønne by", er man endnu ikke nået til fuld enighed vedrørende de centrale fagudtryk – nogle faggrupper bruger konsekvent ordet "begrønning", mens andre taler om "byforgrønnelse". I denne rapport benyttes begge disse termer på skift, da vi oplever, at der er en nuanceforskel. Vi arbejder således ud fra følgende definitioner: Byforgrønnelse beskriver en overordnet grøn strategi for udviklingen i en by eller et byområde, mens begrønning er det konkrete grønne tiltag, man udfører på en bygning eller i et byrum. Med grøn henvises her til opgradering af byens flora og ikke farven alene. Dette er en egen definition, og det kan dermed ikke udelukkes, at andre bruger begreberne anderledes.

Faglig tilgang

Med udgangspunkt i vores tværfaglige uddannelsesbaggrund, der spænder mellem bygningsingeniørkunst, byplanlægning og arkitektur, har vi i dette projekt søgt at forene nogle af de tekniske, æstetiske og samfundsstrategiske aspekter inden for det valgte problemfelt for derigennem at skabe et overblik over emnets helhed. Man kan sige, at vores problemstilling kombinerer normalia- og planlægningsperspektiver (Bitsch og Pedersen, 2009), idet ændrede miljømæssige forudsætninger leder til problematisering af de konventionelle teknologier, hvilket skaber et behov for nye samfundsmæssige strategier.



Figur 1.2: Diagrammet viser hvordan vægtningen af vores faglige kompetencer er fordelt i projektet. (Egen illustration)

Vi har fra starten arbejdet pragmatisk og løsningsorienteret med det formål at belyse barrierer såvel som potentialer ved byforgrønnelse i forhold til klimaforandringerne, samt at simplificere beslutningsprocessen for både offentlige og private aktører med interesse/behov for klimatilpasning.

Vores metodiske tilgang har bestået af en kombination af samtaler og interviews med forskellige aktører, indsamling af videnskabelige artikler, deltagelse i relevante seminarer, samt udførelse af diverse beregninger og visualiseringer.

Tilvalg og Afgrænsning

Da byforgrønnelse lader til at være en tilpasningsstrategi, der kombinerer interesserne for både økonomisk, miljømæssig og urban bæredygtighed (bilag 1.9), er det noget mange forskellige aktører i byen udviser interesse for. Vores arbejde tager således udgangspunkt i den antagelse, at byforgrønnelse er et fordelagtigt udviklingsmål. Men det virker som om, der stadig er nogle afgørende huller i bl.a. planloven, den forhåndenværende viden og kommunikationen på tværs af samfundsgrupper, som besværliggør udviklingen. Det har derfor været vigtigt for os at få formidlet emnet i sin bredde: fra de helt lavpraktiske overvejelser vedr. montage og vedligehold over den udvalgte teknologis generelle karaktertræk i faktuelle tal til de overordnede politiske beslutninger, der bør træffes, for at få tiltaget gennemført – når og hvis det vel at mærke bør gennemføres. Dette giver en rød tråd gennem implementeringsprocessen, men betyder samtidigt, at mange aspekter ikke i samme grad har kunnet behandles i dybden.

Eksempelvis er behandlingen af aktørnetværk og borgerinddragelse i forbindelse med netop lokal håndtering af regnvand et meget stort emne i sig selv og kunne snildt have fyldt en tilsvarende rapport ud alene. Her gives der kun en relativ kort gennemgang. Ligeledes har vi med den brede formidling i sigte valgt en forholdsvis pragmatisk tilgang til emnet, hvilket samtidig betyder, at mere abstrakte byteoretiske perspektiver såsom social-

konstruktivisme og refleksioner vedrørende begrebet "den gode by" er blevet udeladt.

Et videre studie kunne også oplagt omhandle mere dybdegående overvejelser angående byforgrønnelsens mulige egenskaber som forebyggende tiltag i forhold til klimaforandringerne og den generelle menneskerelaterede belastning af naturen.

Herunder hører begreber som det økologiske fodaftryk, cradle to cradle, urban agriculture og vertical farming, som alle indeholder interessante perspektiver i den sammenhæng. Men da vores fokus er tilpasningsstrategier falder de desværre uden for emnet.

Tilpasning via begrønning af byrum i gadeplan behandles i forvejen grundigt gennem forskningsprojektet 2BG, samt i Københavns Kommunes katalog over lokal afledning af regnvand (LAR), hvorfor vi har valgt at koncentrere os mere om potentialerne på selve bygningerne – dette er endvidere i højere grad inden for vores faglige felt.

Vi har gennem undersøgelserne oplevet, at især grønne tage nævnes af mange aktører på godt og ondt, men at ingen rigtig har et konkret billede af, hvor effektivt et tilpasningsinitiativ, det egentlig udgør for en by. I den forbindelse har vi fundet flest eksempler på implementering i parcelhuskvarterer, nye byområder og på nybyggeri generelt, da dette er det mest overskuelige at gennemføre både statisk og planmæssigt. Men idet de tætte, eksisterende byområder er de sværeste at tilpasse, og det samtidig er her, overfladearealet af tage og vægge udgør den største del af byens åbne flader og dermed det største potentiale, faldt det os endvidere naturligt at vælge den eksisterende, tætte by som fokusområde for undersøgelsen.

De tekniske beregninger vedrørende den valgte case har vi set os nødsaget til at holde på overslagsniveau. Beregninger af kloakkapaciteten er således kun udført for en enkelt gade, da forholdene længere nede i systemet med diverse forgreninger og tilkoblinger ville kræve meget omfattende regnearbejde. På mere overordnet byniveau har vi således valgt at tage udgangspunkt i tal fra Københavns E, som har en bedre mandsopdækning på området.

Beregninger af bygningens bæreevne begrænses til de dele af bygningen vi ændrer på, dvs. tagkonstruktionen. Da den valgte karré hovedsagelig skal bruges som grundlag for et bymæssigt overslag regner vi desuden ikke på samlingerne, idet det vurderes, at tilstanden af disse vil variere mere fra en karré til den næste end selve hovedkonstruktionen. Ydermere kan mange samlinger lettere retrofittes uden stilladser, tagrenovering o. lign.

Beregningerne af de konkrete vandhåndteringsegenskaber for forskellige typer grønne tage og vægge er ligeledes baseret på overslagsmæssige vurderinger ud fra vores samlede kilder, blandt andet fordi der så vidt vides ikke eksisterer fyldestgørende data, og vi ikke selv har haft arbejdstimer nok til at udføre de påkrævede forsøg.

Også de detaljerede beregninger af totaløkonomien er uden for vores rækkevidde, selvom dette er et oplagt tema for videre undersøgelse.

Kildegrundlag

For at dække de tre faglige vinkler, planlægning, teknologi og æstetik, har der været benyttet en kombination af flere metodetilgange. Med henblik på at kickstarte processen har vi i startfasen deltaget i flere relevante seminarer og afholdt møder med involverede parter for på den måde at skabe et overblik over emnets aktuelle problemstillinger og vidensgrundlag.

Dette gav samtidig et indblik i mange af de planmæssige overvejelser og i forlængelse af disse også en erkendelse af, hvilke teknologiske sammenhænge, der manglede konfidens. Ydermere gav det anbefalinger til videre kontaktpersoner og studier. På dette grundlag foretog vi en omfattende litteratursøgning med fokus på nyere videnskabelige artikler og rapporter.

For at konkretisere budskaberne vedrørende de grønne tiltag afsøgtes især artikler med egentlige målingsresultater fra klimaforhold med ligheder til de fremtidige danske. De æstetiske perspektiver har været inddraget løbende via både artikler, samtaler, inspirationsprojekter og et besøg på Louisianas udstilling i foråret om grøn arkitektur. Senere i processen udførtes også semi-strukturerede interviews med forskellige fagpersoner, der kunne uddybe tvivlspørgsmål mm.

Feltarbejde

Det har fra starten været et centralt element i vores metode at komme i kontakt med relevante aktører, eksperter såvel som beslutningstagere. Samtalerne med Marina Bergen Jensen, Gertrud Jørgensen og Dorthe Rømø var tiltænkt som en slags indledende dialoger med nogle ekspert-personer fra uddannelses- og planmiljøet, som kunne give et aktuelt overblik over de forskellige faktorer i implementeringen af og holdningen til byforgrønnelse. Referaterne fra de mest centrale møder er vedlagt rapporten som bilag, men herunder introduceres de alle sammen kort:

Klimatilpasningsseminar: AAU Ballerup, 18-06-09
Som indledning til vores emne var det oplagt at deltage i dette seminar, som berørte klimascenarierne i korte oprids, samt en gennemgang af diverse problematikker forbundet med klimatilpasning af byggeprocessen, på bygningsniveau og på byniveau. Til dette formål var der samlet en række oplægsholdere med forskellige ekspertisefelter.

Marina Bergen Jensen: Afd. Parker og Urbane Landskaber, KU
Marina Bergen Jensen er seniorforsker i afdelingen for Parker og Urbane Landskaber og har en PhD indenfor jordbrugsvidenskab. Til dagligt beskæftiger hun sig med vand i byen og har i øjeblikket ansvaret for tre større forsknings projekter:

1) Dobbelt porøs filtrering, rensning af vejvand.

2) 2BG (Black, Blue and Green) – udvikling af værktøjer til planlægning og beslutninger omkring håndtering af regnvand i det urbane landskab.

3) 19K – fremme af innovation i den danske afløbsbranche via brainstorms, netværk og videndeling.

Gertrud Jørgensen: Center for skov, Landskab og planlægning, KU
Gertrud Jørgensen er forskningschef i afdelingen for By- og Landskabsstudier. Hun er arkitekt og ph.d. med speciale i byplanlægning. Hun dækker forskningsområderne: Landskabsforvalting, Friluftsliv, Turisme og natursyn samt By- og Regionaludvikling. Ydermere er hun medforfatter på rapporten "den grønne by – udfordringer og muligheder", som er udviklet i forlængelse af miljøministerens målsætninger for byudvikling.

Dorthe Rømø: Center for Park og Natur, Københavns Kommune
Dorthe Rømø(cand. scient.) er projektleder i Københavns kommune, Center for Park og Na-

tur. Hun arbejder bl.a. med strategiske, politiske og planlægningsmæssige initiativer, der fremmer grønne tage i København. I juli 2009 modtog hun, på vegne af Københavns kommune, prisen IGRA Awards for det visionære arbejde med at promovere og skabe grønne tage i København.
I dag er Dorthe Rømø i gang med at arrangere nogle klimakampagner for erhvervsdrivende, private virksomheder osv., hvor fokus er, at firmaer og virksomheder skal føre en grøn politik via branding og økonomiske incitamenter.

Niels Bendt Johansen: Københavns Energi
Udviklingsleder for spildevand og regnvand hos Københavns E, Niels Bent Johansen, er uddannet civilingeniør og har efterfølgende taget en PhD i Miljø og ressourcer på DTU. I 20 år fra 1984-2004 var han ansat hos COWI, som ansvarlig for miljøsektoren. Her var han beskæftiget med forskellige udstationeringsjobs med hovedvægt på vandressourcer og vandkvalitet i bl.a. Østeuropa og Sydamerika. I øjeblikket er han ansvarlig for forskningen i og udviklingen af vandsystemer og kloakering, herunder tilpasning til klimaforandringerne i København.

Jesper Christensen: Nykilde Frø
Jesper Christensen er medejer af virksomheden Nykilde Frø, som producerer forskellige begrønningselementer til både by og land. De startede deres virksomhed for godt 15 år siden med salg af frø til bede mm. og har de sidste 10 år bl.a. kæmpet for at sælge grønne sedumtage til både private og offentlige i Danmark.

Louise Lundberg: Scandinavian Green Roof Association, Augustenborg
Louise Lundberg er en de absolutte ildsjæle hos Scandinavian Green Roof Association i Malmø.
Hun har forskningslegeplads, hvor bl.a. forskellige plantesorter, drænmaterialer, taghældninger og udtryksmuligheder udforskes. Der måles på mængden af tilbageholdt vand og kvaliteten af det vand, der løber af tagene i forhold til de varierende vejrforhold. Der eksperimenteres med forskellige etableringsmetoder – Præfabrikation, forskellige så- og planteteknikker – og hvordan de hver især udvikler sig over tid. Derudover arbejdes der også med vertikal beplantning på vægge og med muligheder for samspil imellem grønne tage og hhv. blå byrum og solenergi. Selve bydelen, Augustenborg, er samtidig et pilotprojekt for Lokal Afledning af Regnvand som bydelsstrategi.

2BG-seminar: Københavns E, 03-12-09
2BG står for Black, Blue and Green(integrated infrastructure planning as key to sustainable urban water systems), og er et tværfagligt forskningsprojekt mellem 8 PhD-studerende, som hver især bidrager til udviklingen, diskussionen og kvalificeringen af integreret strategi for landskabsbaseret regnvandshåndtering, SUDS(Sustainable urban drainage system). Projektet fungerer på et teoretisk plan, hvor Harrestrup Å, som danner Københavns kommunes grænse mod vest, bliver brugt som casestudie. Formålet er at udveksle viden, metoder og datasæt på tværs af faggrænserne og således belyse og afprøve muligheder og metoder til vandhåndtering i en dansk kontekst. Seminaret var en fremlæggelse af 2BG's foreløbige undersøgelser og resultater, samt forskellige aktuelle aktørers perspektiver på alternativ vandafledning, barrierer og potentialer.

Andet
Louisiana-udstilling: Fremtidens arkitektur er grøn! Norman Foster, Ken Yeang m.fl.
Benspænd for bæredygtige byer: Holger Bisgaard, Jacob Strømann-Andersen
IDA klima-seminar: Future Climate Engineering Solutions
Jens Hvass: repræsentant for Miljøpunkt Indre By i Københavns kommune
"Studietur": På cykel rundt i København med fokus på særlige grønne initiativer
Antje Backhaus-forelæsning: introduktion af SUDS-teknologier
IGRA-seminar: Dorte Rømø, Zinco, Danmarks Naturfredningsforening

Problematik

Klimascenarier

Afsnittet klimascenarier omhandler de vejrmæssige forandringer, der er sat i gang på Jorden i løbet af de sidste 100 år, de menneskeskabte faktorer i udviklingen og de fremtidige effekter heraf. Formålet med afsnittet er at belyse, hvilke klimamæssige konsekvenser vi går i møde i Danmark, for derved at anskueliggøre udgangspunktet for det overordnede emne i projektet: klimatilpasning af danske byer.

De kilder, vi overvejende har taget udgangspunkt i, er IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), en organisationen som blev etableret i 1988 i samarbejde mellem UNEP (United Nations Environmental Programme), og WMO (World Meteorological Organization). Formålet med organisationen var og er at videnskabeligt undersøge, dokumentere og formidle den aktuelle tilstand af verdens klima, samt de potentielle miljømæssige og socio-økonomiske konsekvenser i fremtiden. IPCC har løbende publiceret rapporter om klimaet siden 1990 med den første rapport, IPCC first Assesment Report, som adresserede problematikken omkring udledning af drivhusgasser og effekterne på atmosfæren. Den seneste rapport blev publiceret i 2007 med andet oplag af "Impacts, Adaptation and Vulnerability". Hvor det første oplag dokumenterer starten på klimaforandringerne, og at de er menneskeskabte, illustrerer det andet oplag den globale opvarmnings begyndelse og de potentielle tilpasningsmuligheder for at reducere de forudsete konsekvenser.

IPCC's rapporter har haft stor indflydelse på den politiske verdensscene siden 1990 og har spillet en stor rolle for implementering af miljømæssige retningslinjer og bæredygtige klimatiltag – bl.a. med Kyoto aftalen fra 1997. Verden over er der mange ledende videnskabsfolk, hovedsageligt klimaeksperter, der frivilligt bidrager til IPCC's arbejde. Derfor er en af IPCC's fundamentale processer også inspektion og evaluering af de mange undersøgelser, for at kunne garantere et objektivt, fagligt og velbegrundet materiale, der bygger på troværdig dokumentation.

I afsnittet om klimaforandringer i Danmark har vi desuden benyttet os af data og artikler fra DMI,

Danmarks Meteorologiske Institut, som må anses for at være den mest oplagte danske kilde inden for dette område. Til sidst stammer enkelte dele fra et klimaseminar på AUU Ballerup i 2009, hvor bl.a. Jens Hesselberg Christensen fra Danmarks Klimacenter, også under DMI, var oplægsholder. Mange af de artikler, der i øvrigt eksisterer om klimaforandring, er dybest set baseret på IPCC's arbejde og rapporter. Derfor er det fordelagtigt at tage udgangspunkt i det kildemateriale andre videnskabsfolk holder sig til.

Spørgsmålet om, hvorvidt der forekommer klimaforandringer, hvilke konsekvenser de har, og om de er skabt af mennesket, er blevet debatteret bredt i de offentlige medier i Danmark. Ofte baseres debatten på enkeltstående videnskabsfolk, der afkræfter eller modsiger klimaforandringernes komme for at gøre debatten mere "nuanceret". Men grundlæggende er der ingen enkeltstående undersøgelser, der kan forudsige præcis, hvad fremtidens vejr bringer. Derfor er det mere rationelt at tage udgangspunkt i det samlede billede, som forskningsresultaterne danner, frem for enkelte forskeres bidrag. Tvivlspørgsmålet er således ikke blevet videre bearbejdet i projektet, da der i den videnskabelige verden er bred enighed om, at klimaforandringerne er et faktum og ikke en risiko, hvorimod størrelsen og de samlede effekter af dem er mere uvisse, bl.a. fordi de afhænger af vores måde at bruge den tilgængelige viden i de kommende år (Katherine Richardson).

Bymæssige konsekvenser

I forlængelse af gennemgangen af de klimatiske ændringer analyseres i dette afsnit, hvilke konsekvenser disse ændringer kan få for vores byer, således at vi kan afdække, hvor behovet for urban klimatilpasning bliver størst, samt hvor stort det bliver.

Dette har vi vurderet ud fra en række interviews med Gertrud Jørgensen fra KU LIFE, Niels Bendt Johansen fra Københavns E samt flere oplægsholdere fra klimatilpasningsseminaret på AAU Ballerup med forskellige ekspertisefelter. Afsnittet er ligeledes underbygget af videnskabelige artikler, hvor den engelske regerings rapport, Adaptation strategies for climatechange in the urban environment (ASCCUE, 2006), er en af nøglekilderne.

Klimatilpasning

Afsnittet dækker de tekniske og strategiske muligheder for tilpasning til de nye og kommende miljømæssige betingelser, samt hvilke fordele og ulemper de forskellige tiltag har. Her benyttes især de erfaringer, man har fra ASCCUE, 2006 – Adaptation strategies for climatechange in the urban environment, og 2BG-rapporten om Harrestrup å, som case, 2009.

Det byggede miljø
Et fokus på de mere komplekse problemstillinger, som mange byer står overfor især med de kommende regnintensiteter. Her analyseres bl.a. det eksisterende kloaksystem i København, samt hvilke muligheder der arbejdes med på stående fod i forhold til oversvømmelser. Der trækkes hovedsageligt på interviewet med Niels Bent Johansen fra Københavns E og 2BG-seminaret om Københavns muligheder for lokal nedsivning af regnvand (LAR).

Termisk komfort
Dette afsnit afdækker følgerne af temperaturstigningerne og mulighederne for tilpasningen derefter. Her trækkes igen hovedsageligt på ASCCUE, 2006 – Adaptation strategies for climatechange in the urban environment.

Byforgrønnelse

Kapitlet om byforgrønnelse, som er opgavens kerneområde, er en gennemgang af de eksisterende grønne teknologier og deres indbyrdes egenskaber, samt hvilke produkter der er under udvikling. Hensigten er således at give læseren et overblik over hvilke grønne teknologier der i praksis kan benyttes fordelagtigt i en bymæssig kontekst, og ligeledes hvilke praktiske og planmæssige barrierer, der er forbundet med implementeringen af disse.

Kapitlet er underbygget af empiri fra en lang række videnskabelige og faglige artikler, rapporter, bøger, ekspertinterviews og aktuelle seminarer samt publikationer fra producenter, kommuner og andre interessenter med relaterede skrifter. Ligeledes har vi inddraget egne relevante initiativer som udflugter til begrønnede byområder og plantager med grønne teknologier, samt besøg på aktuelle udstillinger og museer.

Byforgrønnelseskapitlet er opdelt i to afsnit, hvor den første del med afsnittene Grønne tage, Vertikal begrønning og Supplerende alternativer, er skrevet for at skabe konkret viden om de grønne teknologier og deres indbyrdes karaktertræk. Denne del af kapitlet er hovedsageligt understøttet af de viden-

skabelige kilder og interviews med praktiske erfaringer og observationer, hvori faktuelle målinger er blevet analyseret, for således at underbygge eller afvise de forskellige kilders resultater og hypoteser. Ud fra de forskellige målinger og praktiske erfaringer overvejes betydningen i dansk sammenhæng og i forhold til det fremtidige danske klima. Best practice på området afdækkes.

Af nævneværdige kilder for dette afsnit er:
Interviews med Jesper Christensen fra Nykilde Frø og Louise Lundberg fra Augustenborg, foredrag med Antje Bakhaus fra KU.LIFE, artikel af og korrespondance med Lars Kronborg Bak, samt følgende tre videnskabelige rapporter refereret som referenceprojekter i bilagene: Stormwater monitoring two ecoroofs in Portland (Doug Hutchinson et al, 2005), Performance evaluation of an extensive green roof (Liu, K. og Minor, J, 2005), York university rooftop garden stormwater quantity and quality performance monitoring report (Glenn MacMillan, 2004).

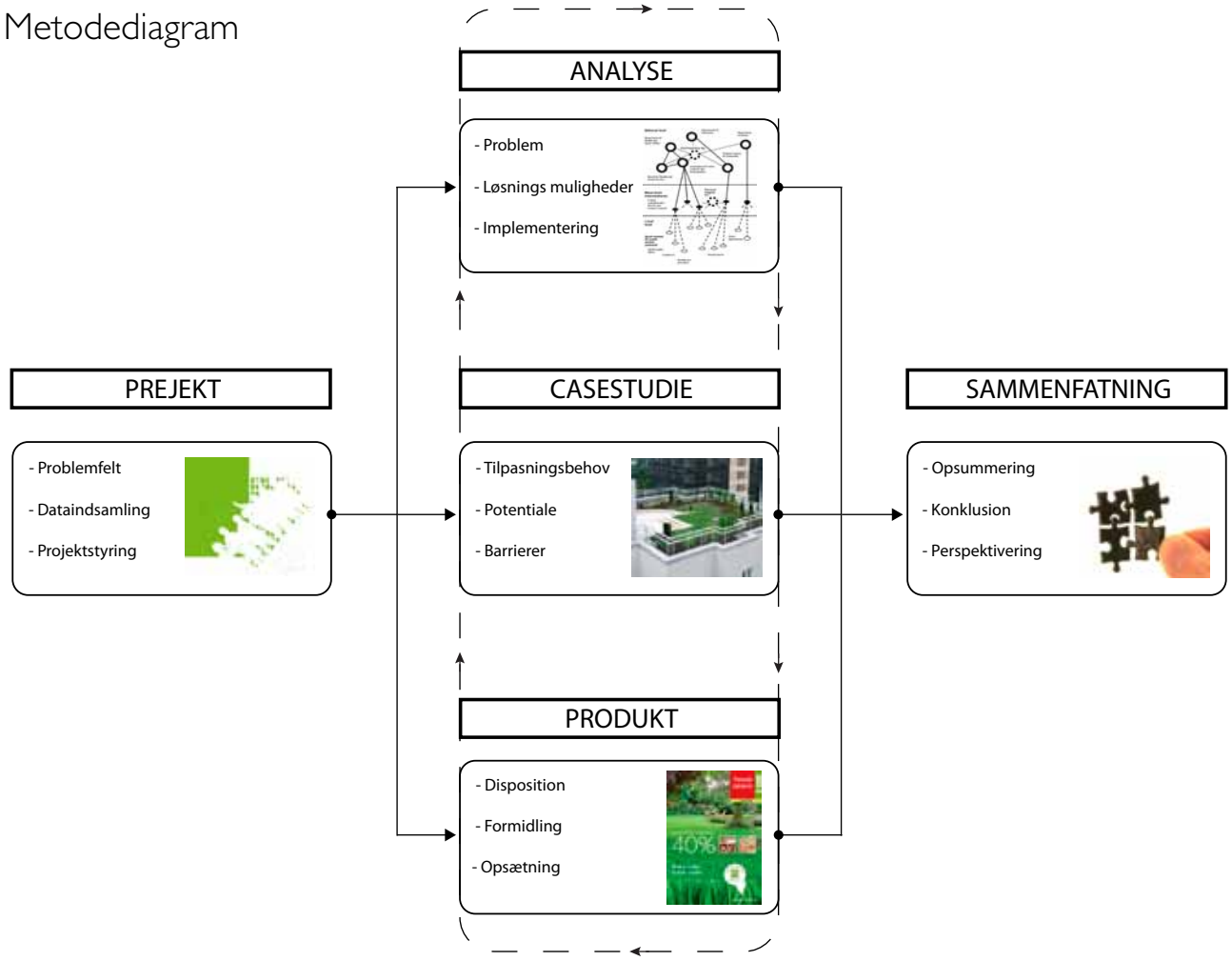
Den anden del af kapitlet, Implementering, har til formål at skabe perspektiv over de eksisterende kompleksiteter ved implementeringen af grønne elementer i byen på et lavpraktisk såvel som på et planmæssigt, strategisk niveau.
I dette afsnit har vi inddraget flest mulige aktuelle aktører: fra de helt lavpraktiske erfaringer hos privatfolk og producenter, over de mere videnskabelige hos forskerne til de offentlige overvejelser på kommunale institutioner.

På den måde søges det at skabe et gyldigt indblik for at kunne problematisere de største barrierer i det danske plansystem - i den eksisterende lovgivning såvel som ved den gængse rollefordeling og de kendte fremgangsmåder. Derved anskueliggøres de nødvendige fokuspunkter for udarbejdelsen af en holdbar forgrønnelses-strategi

De vigtigste kilder til dette afsnit er:
Interviews og samtaler med Marina Bergen Jensen og Gertrud Jørgensen fra KU.LIFE, Dorthe Rømø fra Københavns kommune, Niels Bent Johansen fra Københavns Energi, 2BG-Seminaret på Københavns E i december 2009, samt følgende vigtige skriftlige kilder: Hoffmann et al.: Municipalities as promoters of energy efficient buildings, 2005, og Den grønne by - udfordringer og muligheder (Rosenbak og Jørgensen, 2009).

Når man arbejder løsningsorienteret og ud fra et case studie er det uhensigtsmæssigt at lade proces og disposition følges kronologisk: Man kan ikke gøre sin analyse færdig uden at kende resultaterne fra casen og vide nogenlunde, hvilken type produkt, det skal lede til, men man kan samtidig ikke tilrettelægge en meningsfyldt case og et brugbart produkt, uden at være kommet et godt stykke med analysen. Disse tre centrale elementer af projektet er altså indbyrdes afhængige og må udføres sideløbende i en iterativ proces, hvor de løbende virker tilbage på hinanden. Men denne rækkefølge vil blive uoverskuelig for læseren, så derfor bringes de her i tre adskilte afsnit.

Dog skulle det gerne fremgå af indholdet, at de er afledt af hinanden. Nedenstående diagram viser i grove træk vores processuelle tilgang til projektet:



Figur 1.3: Diagrammet viser vores metodiske tilgang til projektet. Egen illustration

2. Problematik

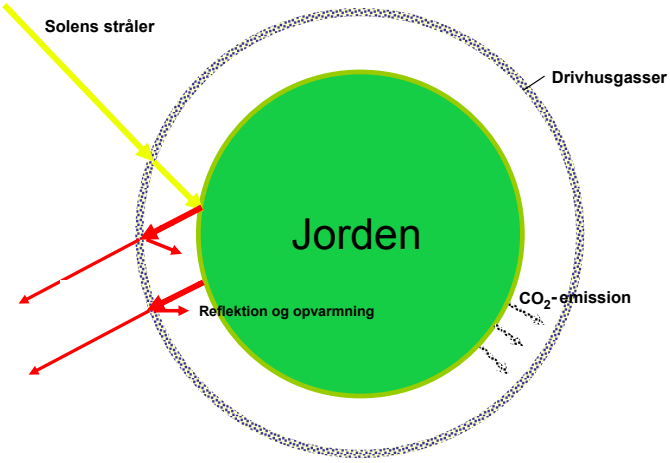
Fremtidsscenarier 22
Klimaforandringer 22
- Effekter af den globale opvarmning 23
Bymæssige konsekvenser 27
- Varme-ø-effekt 27
- Byrum 27
- Infrastruktur 28
- Bygninger 29
- Sundhed 30
Delkonklusion 1: Fremtidsscenarier 31

Klimatilpasning 32
Indledende undersøgelser 32
Det byggede miljø 34
- Vandhåndtering 34
- Bygningernes modstandsdyg-
tighed 39
Termisk komfort 40
- Konventionelle tilgange 40
- Grønne Løsninger 42
Delkonklusion 2: klimatilpasning 43

"Udfordringerne forbundet med klimaforandringerne fremhæver vigtigheden af anerkendelse af behovet for at skue længere end traditionelle vækst-dominerede fremgangsmåder og at opmuntre til et mere langsigtet, bæredygtigt syn på byudvikling." - ASCCUE, 2006

Klimaforandringer

På FN's konference om miljø og udvikling i Rio de Janeiro i 1992 blev det konkluderet, at der på verdensplan er behov for at dreje samfundsudviklingen i en mere bæredygtig retning. De industrialiserede landes overdrevne ressourceforbrug gennem et halvt århundrede har resulteret i, at vi i dag står over for en afgørende miljøtrussel i form af global opvarmning som konsekvens af de store mængder udledte drivhusgasser (Københavns Kommune Lokal Agenda 21, 2002). Målinger viser, at middeltemperaturen på verdensplan er steget 1°C inden for de sidste 100 år, og det vurderes, at temperaturen uden politisk handling fortsat vil stige 1,8-4,0°C frem til 2100 (IPCC, 2000).

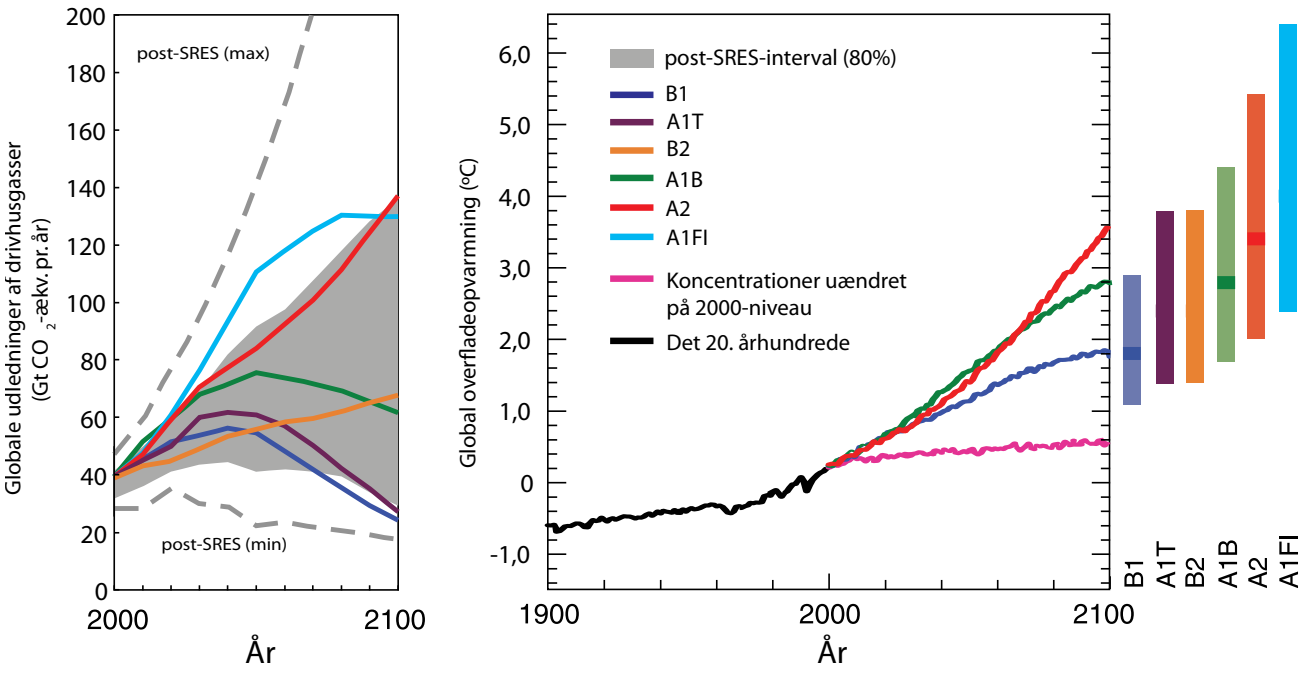


Figur 2.1: Global opvarmning grundet udledning af CO_2 og andre drivhusgasser. Illustration: Egen illustration
(Inspiration fra faget: 11119 Energibesparelser og miljø)

Når man taler om global opvarmning, fokuseres der hovedsageligt på udledningen af CO_2, på trods af at dette langt fra er den mest varmeisolerende drivhusgas. Bl.a. er Metan 20 gange værre pr. mængdeenhed, mens nitrogenoxid er 300 gange værre, og chloro-fluoro-carbon(CFC-gasser) er flere tusind gange mere varmeisolerende. Men disse gasser udledes kun i relativt små mængder, så grundlæggende er det alligevel CO_2-udledningen, der er den største kilde til global opvarmning. Hertil kommer, at det tager ca. 200 år at nedbryde CO_2 i atmosfæren (FN klimarapport, 2007), Selvom vi mindsker eller helt stopper udledningen af CO_2, vil den globale opvarmning dermed ikke ophøre på kort sigt. Uanset hvad vi foretager os, vil middeltemperaturen på globalt plan antagelig stige i hvert fald frem til år 2100 og medføre flere ændringer i vores klima. Men spørgsmålet er, hvor store de ændringer skal have lov at blive?

Siden 1990 er udledningen af CO_2 steget med 20 % på verdensplan, og den stiger fortsat støt (IPCC, 1990). Mange af vores økosystemer er meget sårbare, og da vores og andre arters overlevelse afhænger af dem, bør de miljømæssige ændringer så vidt muligt minimeres(Common og Stagl, 2005). Men så længe udledningshastigheden er højere end nedbrydningshastigheden, vil drivhuseffekten logisk øges yderligere, og temperaturerne således stige endnu hurtigere.Forebyggelsestiltag kan altså i høj grad retfærdiggøres, også selvom vi ikke mærker resultaterne straks – blot bliver det i stigende grad nødvendigt, at de suppleres med tilpasningsinitiativer, hvilket hidtil har været en anelse overset (Regeringen, 2002). Med de højere temperaturer følger nemlig en række andre effekter af det ændrede klima, som hverken det naturlige eller det byggede miljø er udviklet til at modstå.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, har udviklet en lang række fremtidsscenarier for, hvordan tiden indtil år 2100 kan komme til at se ud, hvis der ikke gribes markant ind fra politisk side. De fremskriver klimaforandringernes udbredelse som resultat af nogle forskellige socioøkonomiske, de-



Figur 2.2: IPCC's estimater på globale CO_2- og temperaturstigninger ud fra forskellige samfundsscenarier (IPCC, 2007). Illustration: IPCC

mografiske og teknologiske udviklingstendenser på globalt plan og de deraf følgende mængder udledt CO_2, (se figuren 2.2).

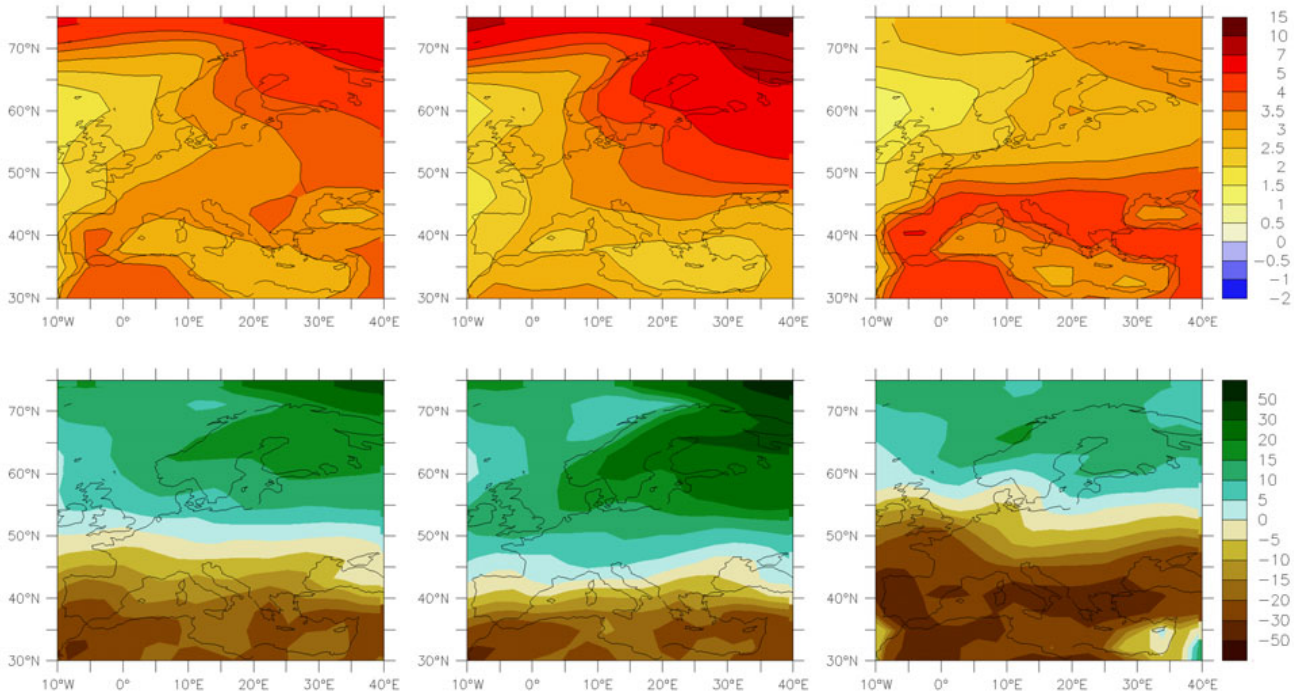
Klimascenarierne er udviklet som et værktøj for politikere og andre beslutningstagere til at vurdere sagens alvor og sætte en dagsorden for den videre udvikling bl.a. i forhold til både forebyggelse og tilpasning. De mange scenarier og deres ret varierende miljøvirkninger markerer de usikkerheder, som altid vil være forbundet med at forudsige fremtiden. Men tilsammen skulle de gerne danne et realistisk spektrum af de mulige udfald, vi går i møde.

Dog skal samfundets uforudsigelighed ikke undervurderes. Ser man eksempelvis tilbage på det sidste halve eller hele århundrede, er der sket voldsomme ændringer, teknologisk og kulturelt, der ville have været umulige at forudse, og det samme kan selvfølgelig blive tilfældet i dette århundrede. Især ved tilpasningsinitiativer må man være opmærksom på, at de sociale og tekniske normer, man planlægger efter, sandsynligvis ikke er de samme, der gælder, når klimaforandringerne for alvor træder i kraft (ASCCUE, 2006).

Effekter af den globale opvarmning

En gennemsnitlig temperaturstigning på et par grader lyder i manges ører ikke af så meget, så for at kunne forholde sig til dimensionerne må man se nærmere på de forskellige følgeeffekter, hvoraf nogle allerede har vist sig i et vist omfang.

Globalt intensiveres de vejrmæssige udsving generelt med en større andel voldsomme regnskyl og længere tørker. Det ser ud til, at mange af de i forvejen svagest stillede lande bliver hårdest ramt, bl.a. i kraft af at de ikke har de nødvendige midler til at tilpasse sig. Siden 1970'erne er det samlede areal i klassen "meget tørre områder" angivelig mere end fordoblet. Det forudses, at mange tørre områder, eksempelvis det sydlige Afrika og nordøstlige Brasilien, men også det vestlige USA, er særligt udsatte for klimaforandringerne bl.a. i kraft af aftagende vandressourcer. Områder, der er afhængige af smeltevand fra større bjergområder, dvs. i øjeblikket ca. 1/6 af verdens befolkning, kan også få problemer med vandforsyningen i de varme måneder, da gletsjere og lign. er hastigt aftagende (IPCC,



Figur 2.3: Øverst: Temperaturændringerne i Europa frem til år 2100 på henholdsvis årsbasis, vinter og sommer.
Nederst: Ændringer i regnmængder frem til år 2100 i procent på henholdsvis årsbasis, vinter og sommer.
(Illustrationer fra JHC, DMI, klimatilpasningsseminaret bilag 1.1)

2008). Imens bliver der vådere i de nordlige egne (breddegrader over 30°N) og nogle steder i tropperne. Europa følger disse mønstre meget godt: Ifølge IPCC's seneste rapport (IPCC, 2007) vil de sydlige lande opleve markante temperaturstigninger med længere tørkeperioder til følge, mindre regnmængder og længere perioder mellem ekstrem regn.

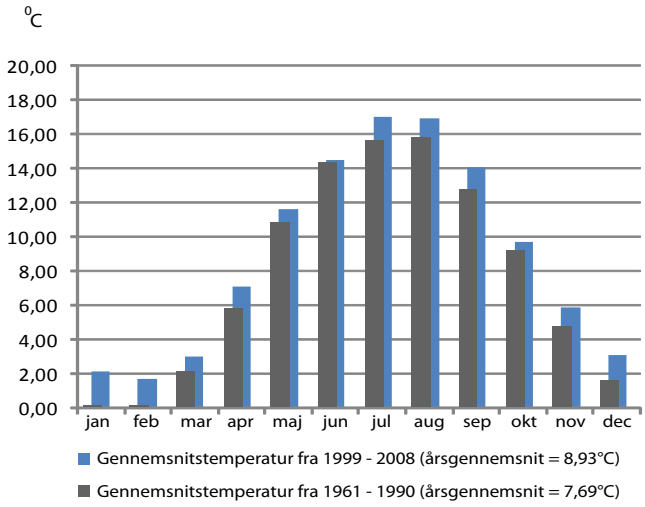
De centralt liggende lande vil have de samme klimaforhold, som Sydeuropa har på nuværende tidspunkt, med tilsvarende antal varme dage. De nordlige lande vil opleve mildere og fugtigere vintre med nedbørsstigninger på 20-43 % og temperaturer, der ligger 2-3°C højere end nu. De ekstreme regnhændelser vil forekomme hyppigere (ca. hvert 5. år i stedet for hvert 15. år) og blive kraftigere. Temperaturstigningerne vil forlænge vækstsæsonen med 1-2 måneder i gennemsnit.

Men Jørgen Nielsen, seniorforsker på SBI, påpeger, at varmere vintre ikke nødvendigvis er ensbetydende med mindre snefald. Der kan opstå en effekt ml. kolde fronter og lunere havvand, som resulterer i snefald trods temperaturstigningerne (bilag 1.1).

I takt med at temperaturen stiger i havene, stiger sommertemperaturen med 1-3°C, og risikoen for tørkeperioder øges til 22-55 dage i vækstsæsonen. Havene vil ifølge IPCC stige 15-75 cm og i ekstreme stormflodssituationer 45-105 cm. Men dette er muligvis et noget konservativt bud – forskningschef på DMI, Jens Hesselberg Christensen, vurderer, at en vandspejlsstigning på op mod 1m globalt set inden år 2100 er et mere realistisk skøn (bilag 1.1), hvilket også vil betyde endnu højere niveau i stormflodssituationer. Der vil desuden optræde flere ekstreme vindstorme med 4-10 % forøgelse i vindstyrken (www.dmi.dk).

Danmarks fremtidige klima

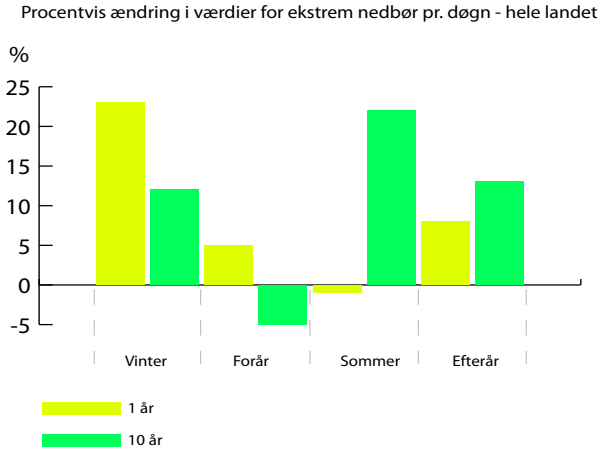
Ifølge DMI's beregninger, som tager udgangspunkt i IPCC's A2- og B2-scenarier, vil klimaet i Danmark være præget af en gennemsnitlig temperaturstigning på 0,7-4,6°C, som er forholdsvis jævnt fordelt over året, men mest markant i nattetimerne. Vi har ud fra DMI's data lavet en opgørelse over tendensen i løbet af de sidste 10 år, som antyder, at udviklingen så småt er begyndt (se figur 2.4).



Figur 2.4: Forskellen på gennemsnitstemperaturen de sidste 10 år i forhold til klimanormalerne målt fra 1961-1990.
(Eget diagram, bilag 3.4)

Det ses, at gennemsnitstemperaturerne for hver eneste måned ligger højere, end de gjorde fra 1961-90.

Nedbøren vil om vinteren i gennemsnit stige til 120-140 % og om sommeren tilsvarende falde til 85-90 % af eksisterende niveau. DMI bekræfter desuden ovennævnte tendenser til øget tørke-risiko i vækstsæsonen og hyppigere episoder med ekstrem regn især i efteråret. Intensiteten af den kraftigste dagsnedbør, som fortsat opleves i sommermånederne, vil stige med minimum 20 %. Spildevandskomiteen anbefaler, at man kalkulerer med en stigning på 30 % i planlægningen. I figur 2.5 ses den forudsete udvikling i de ekstreme regnhændelsers størrelser fordelt over året.

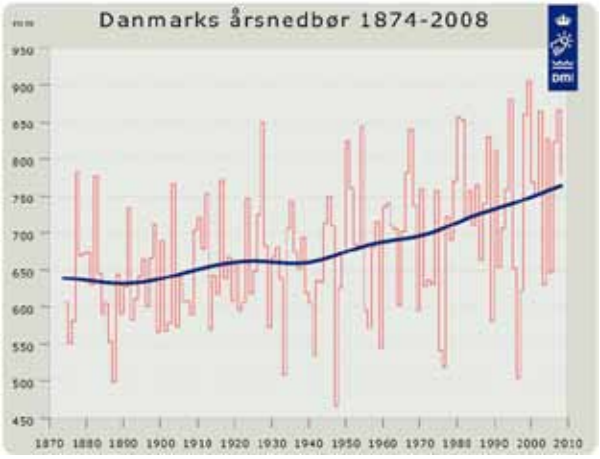


Figur 2.5: DMI: forventet procentvis udvikling i ekstreme regnhændelsers størrelser fordelt på årstiderne(JHC, DMI)

Også for nedbøren er udviklingen allerede i gang. Som det ses i figur 2.6, har årsnedbøren været jævnt stigende længe – mest markant efter 1940'erne og frem.

De tal, man kalkulerer med i dag, er DMI's normaler fra 1961-90. Ifølge dem fordeler regnen sig over året som på diagrammet i figur 2.7.

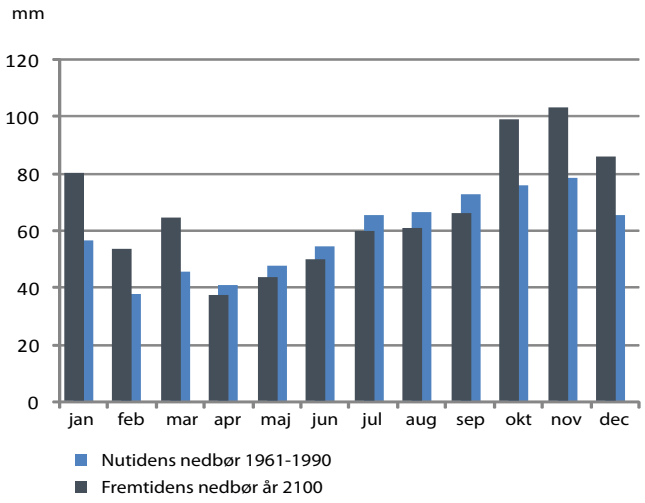
Hvis vi med en grov blokberegning adderer DMI´s fremtidsperspektiver, som imødeser en stigning i nedbøren, til 120-140 % af nuværende niveau om vinteren og et fald til 85-90 % om sommeren, kan vi forvente en mere ujævn fordeling som vist på figur 2.7.



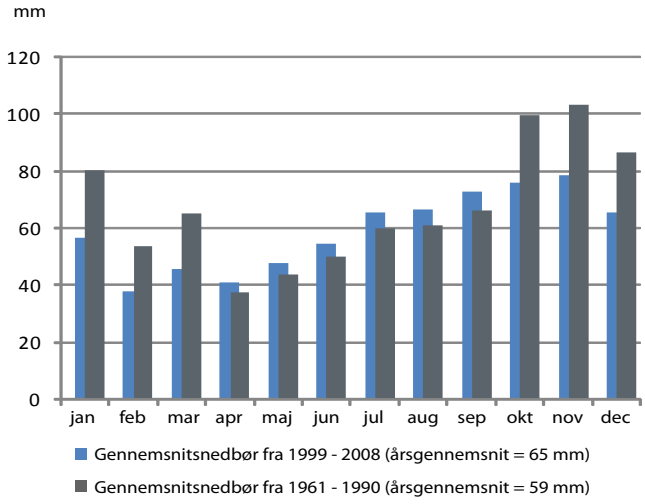
Figur 2.6: Forøgede regnmængder ifølge DMI's målinger fra 1870 og frem til 2010.

Vores opgørelse over nedbøren de sidste 10 år viser ligeledes, at næsten alle måneder ligger højere fra 1999-2008, end de tilsvarende gjorde i årene 1961-1990. April ligger på samme gennemsnitlige nedbør, mens september og november ligger lavere end tidligere (se figur 2.8).

Dette hænger jo ikke umiddelbart sammen med, at det skulle begynde at blive tørrere om sommeren og vådere især i efteråret, men den overordnede tendens er i hvert fald mere regn generelt. Statistisk set er en periode på 10 år heller ikke nok til, at man kan konkludere noget mere præcist end det.



Figur 2.7: I dag har vi en nogenlunde jævn fordeling af regnmængderne over hele året, men i fremtiden vil der komme større udsving: hyppigere og mere langvarig nedbør om vinteren og mindre regn i sommerhalvåret. (Eget diagram ud fra DMIs tal, bilag 3.4)



En anden statistisk undersøgelse af de ekstreme regnhændelser for hhv. Jylland, Fyn og Sjælland gennem de sidste 20 år viser desuden en tydelig tendens til, at især Sjælland oplever flere af de kortvarige, intense regnskyl (Cowi, 2006). se figur 2.9.

Hvis denne tendens fortsætter, kan de dimensionerende regnmængder blive endnu større på Sjælland, og således også i København, end i resten af landet.

Sammenlagt vil ændringerne i temperaturer og nedbør betyde en fordampning øget med op til 6 % og en aftagende jordfugtighed hovedsageligt i forår og sommer.

Også tendensen til øget vind bekræftes – her med særlig vægt på vestenvind samt en forudset østgående bevægelse i de nordatlantiske stormbaner, hvilket tilsammen resulterer i en mindre forøgelse i den danske stormaktivitet. Dette har samtidig indflydelse på ovennævnte stigning i vandstanden, som således bliver størst ved Vestkysten.

Figur 2.8: Diagrammet viser de sidste 10 års ændringer i nedbøren i forhold til perioden 1961 - 1990. Gennemsnitsstigningen er 6 mm. (Eget diagram ud fra DMIs tal, bilag 3.4)

	10 min	6 h	Rain depth
Nonparametric test based on rank			
Negative trend	J, F, Z	J, F	J, Z
Positive trend	Z, Z, Z, Z, Z	J, Z	J, J, Z, Z
Size of extreme events			
Negative trend	J, F, Z	J, F, Z	–
Positive trend	J, Z, Z, Z, Z, Z	J, Z	J, J, Z
Time between events			
Negative trend	–	Z, Z, Z	F, Z, Z
Positive trend	Z, Z, Z, Z, Z	J	Z

Figur 2.9: Tilsyneladende er der en positiv(tiltagende) trend omkring sjælland(Z) i forhold til Jylland(J) nog Fyn(F). Illustration: (Cowi, 2006)

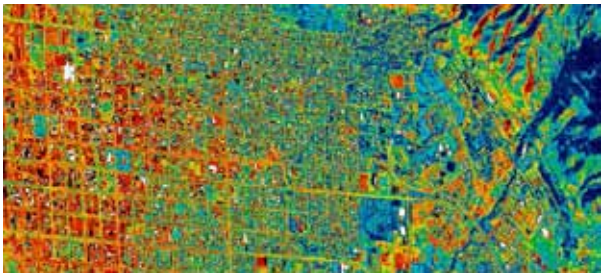
Bymæssige konsekvenser

Som det ses af de forskellige klimascenarier, spiller den globale samfundsudvikling en vigtig rolle for fremtidens klima. Men klimaforandringernes udbredelse kommer ligeledes til at have indflydelse på samfundets udvikling – politik, teknologi og økonomi, men antagelig også tryghed, livskvalitet, forbrug og sociale forhold vil blive præget på forskellige måder. Jo flere negative effekter samfundet oplever, des stærkere vil presset på politikkerne blive for at modvirke yderligere miljømæssige konsekvenser, des mere udfordret bliver landets økonomi, og des større vil investeringerne og motivationen for at udvikle videnskaben inden for både forebyggelse og tilpasning blive. Eventuelle miljøkatastrofer vil koste dyrt både for samfundet og for de mennesker, der lider tab deraf. Den høje standard af samfundsmæssige services, som vi er så vant til, kan til tider blive kompromitteret. Nogle af konsekvenserne vil især gøre sig gældende i byerne, men for dem alle gælder, at det er i byerne, hver enkelt hændelse vil ramme flest.

Der vil komme positive så vel som negative effekter. I Danmark er vi nogenlunde heldige, at vi ligger tæt på "nul-linjen" mellem de tørrere og de vådere tendenser, hvilket vil sige, at det ikke går ekstremt meget i en bestemt retning, men at vi alligevel får kraftigere udsving til begge sider i løbet af året (se figur 2.3). Mange danskere vil sikkert med glæde hilse de varmere, tørrere somre, det generelt lunere vejr og de nye muligheder for dyrkning af bl.a. vin velkommen.

Varme-ø-effekt

Et af kendetegnene ved klimaet i urbane områder er den såkaldte varme-ø-effekt, som medfører højere temperaturer i bebyggede egne end i deres rurale omgivelser. Overordnet skyldes denne temperaturforskel mængden af termisk masse (i bygningerne og det befæstede areal), som er proportional med tætheden og størrelsen på byen. Volumen, størrelse og mørke overflader resulterer i varmeforøgelse,



Figur 2.10: Byen til venstre i forhold til sine rurale omgiveler til højre. Illustration: case.rpi.edu/home.html

da de absorberer og lagrer solens stråling om dagen og udleder den om natten. Flere andre faktorer underbygger denne temperaturstigning, bl.a. intensiteten af menneskelig aktivitet, trafik, forurening og bygningernes påvirkning af vindforholdene. Dette betyder, at byen forbliver varm døgnet rundt i sommerperioden, og er med til, at der globalt set bliver brugt ekstra meget energi på nedkøling i bygninger. Gennemsnitligt er temperaturforskellen mellem by og land på 0,5-1^{0}C over året, men den kan i de varme sommerperioder afvige med 3 -10^{0}C (Plan09, 2008). Med den globale opvarmning vil varme-ø-effekten blive forstærket yderligere, så temperaturerne i større byer kan stige til ubehagelige højder, hvilket i værste fald kan medføre en fornyet urban donut-effekt, hvor bycentre drænes gennem decentralisering, fordi folk flytter til yderområder med et behageligere mikro-klima (ASCCUE , 2005). Hvis dette blev tilfældet, ville det oven i købet betyde øget pendling til og fra byen og dermed modvirke det forebyggende arbejde, der udføres i forhold til klimaforandringernes udvikling.

Byrum

Der er fremsat teorier om, at Københavns klima enten kommer til at ligne det, vi kender fra Paris eller fra Athen (bilag 1.1). Måske bliver begge udfald realiseret i forskellige faser af klimaforandringernes fremtog. Men ligegyldigt hvad vil et varmere klima nok påvirke vores livsstil i en mere sydlandsk, udendørs retning. I forvejen myldrer københavnerne ud på fortovscafeer, i parker og på

strande, så snart solen kigger frem (Gehl, 1971), så hvis dette kommer til at ske hyppigere, vil en øget brug af byens uderum være en logisk følge deraf. Hvem ved, måske bliver vi endda mere udadvendte? Men dette vil også medføre øget behov for og slitage af offentlige områder, herunder især parker og andre grønne områder, der vil kræve tilsvarende øget pleje. Man ved desuden endnu ikke, hvad de ændrede klimaforhold vil betyde for vores flora og fauna, men muligvis skal der i perioder ydes en ekstra indsats for at opretholde tilstrækkelig fugt, og på lang sigt kan det måske blive nødvendigt at indføre nye arter til formålet.

Med tanke på varme-ø-effekten kan der ydermere opstå overophedning i byrum, navnlig på mørke, befæstede arealer mellem tunge facader og langt fra vand og natur. Varme og dårlig luftcirkulation øger samtidig risikoen for høj koncentration af luftforurening – gasarten ozon udgør en særlig risiko i den sammenhæng. I eksempelvis København er det allerede nu svært at holde sig inden for EU's øvre grænse på varme sommerdage, så det kan blive et reelt problem i fremtiden (www.ing.dk 12. marts 09). Omvendt kan den stigende vindstyrke også have indflydelse på brugen af byens rum, og det kan blive nødvendigt med implementering af læ-givende elementer i opholdszoner, men her er det vigtigt at være opmærksom på ikke samtidigt at forstærke ovennævnte tendenser til overophedning og forurening.

Til sidst kan den intensiverede regn virke imod nogle af de sociale fordele ved det lunere klima: oversvømmelse af udvalgte pladser og/eller grønne områder kan i ekstreme tilfælde være eneste reelle mulighed for at lede vandet hurtigt nok væk fra

Figur 2.11: Med varme-ø-effekten kan vi komme til at opleve overophedning i byrummene. Foto: Flickr.com

bygninger og veje (Gertrud Jørgensen, bilag 1.3). Dette vil betyde, at disse byrum sættes midlertidigt ud af funktion. I byer med udendørs badefaciliteter som strande, havne og floder/åer kan det ligeledes føre til periodevis lukning af disse tilbud pga. overløbsvand fra kloakkerne – som ikke længere er regnvand alene, men en blanding af regnvand og spildevand, hvilket medfører risiko for kolibakterier og smitte for de badende. I København lukkes havnebadet indtil videre et par gange om året i gennemsnit, men på lang sigt kan det blive nødvendigt at lade det ske langt oftere, hvis ikke der findes bedre alternativer (Niels Bendt Johansen, bilag 1.5). Desuden vil man gerne åbne en ny by-strand ved Kalveboderne, som indtil videre forhindres af det uacceptable antal kloakoverløb til havnen via Harrestrup å (2BG-seminar, bilag 1.8).

Infrastruktur

Mere sol og vind vil naturligt forbedre vilkårene for den danske produktion af grøn energi, som i forvejen hovedsagelig fokuserer på vindmøller samt solfangere og -celler. Også bølgeenergi, som i øjeblikket er under udvikling, vil nyde fordele heraf. Dette danner en oplagt synergieffekt mellem tilpasnings- og forebyggelsestiltag i forhold til klimaet. Dog er det begrænset, hvor voldsom og turbulent vind, disse teknologier kan modstå, så stærk storm betyder ikke automatisk mere vindenergi.

Den øgede regn kan til gengæld gå hen at blive et alvorligt problem – ikke bare i Danmark, men i mange europæiske storbyer, hvor kloaksystemerne er fra forrige århundrede og allerede godt slidte for ikke at tale om temmelig underdimensionerede over for de øgede regnkoncentrationer, der forudses at forekomme stadigt oftere og kraftigere frem til år 2100 (IPCC, 2008).

Spildevandskomiteens bud er, at de dimensionerende regnmængder vil blive omkring 30 % kraftigere, hvilket uden aktiv tilpasning kan blive ensbetydende med mange oversvømmelser af huse og gader i byerne. Det er hovedsagelig 10-årshændelserne, der forventes at stige, mens den største årlige regnhændelse forbliver ca. det samme i gennemsnit.

Figur 2.12: Billede fra Nordengland, Cokermouth, hvor de fik den værste oversvømmelse i 800 år. Foto: Brian Stewart - Politikken, d. 22. nov. 2009.

Imens vil også havene og grundvandsspejlet stige (Jan Jeppesen, bilag 1.8) og stormstyrkerne øges, hvilket tilsammen kan risikere at give ekstreme situationer, som bliver svære at håndtere, også selvom der tilpasses efter de ekstra 30 % regnintensitet. I den forbindelse er de kystnære byer naturligvis mest udsat og i Danmark allermest byerne langs den jyske vestkyst, hvor vinden er stærkest og bølgerne slår højest.

Vi har allerede set nogle eksempler på oversvømmelser i danske byer, hvoraf Odense, Hillerød og Greve indtil nu har været hårdest ramt med oversvømmelser i flere omgange. I København kan det hævede vandspejl give problemer i forhold til håndtering af de øgede regnmængder, da vandet i havnen muligvis kommer til at stå højere end overløbsrørenes mundinger, hvorved kloakvandet i værste fald kan komme til at stige tilbage op af kloakdæksler og lign. I øjeblikket er der kun 30 cm fra vandoverfladen til disse rør, så med den forudsete vandspejlsstigning på ca. 1 m er det endda ret sandsynligt (Niels Bendt Johansen, bilag 1.5). Et sådant tilfælde kan igen indvirke på trafikkens mulighed for at komme frem i gader og stræder og kan ydermere betyde øgede kommunale udgifter til skadesudbedrelse af belægninger og lign.

Ifølge "Strategi for tilpasning til klimaændringer i Danmark" kan underdimensionerede afløbssystemer i og langs veje bevirke, at regnvand samles i vejenes bærende lag, hvilket nedsætter bæreevnen samt forkorter den effektive levetid. Også for broer og tunneller er der risiko for nedsat bæreevne af fundamenter, støttemure og spunsvægge i forbindelse med forhøjet grundvandsstand. Dette er særligt problematisk for konstruktioner funderet på sand.

Samtidig udgør det en sikkerhedsrisiko for de færdende. Kombinationen af højere grundvandsstand og ekstrem nedbør kan ydermere øge risikoen for skred i afgravnings- og baneskråninger (Energistyrelsen, 2008).

Bygninger

Det varmere klima vil betyde nedsat opvarmningsbehov i bygninger, men øget nedkølingsbehov. Allerede i dag ser vi, at ellers forholdsvis nye eksempler på "energi-byggeri" faktisk baserer sig på forældede vejrdata og derfor ikke er designet til den 15 % stigning, der har været i antallet af soltimer, siden DRY-tallene (Danish Reference Year) blev fastsat på baggrund af målinger fra perioden 1979-85. Boliger med store glaspartier mod syd kan eksempelvis opleve temperaturer i de pågældende rum på op til 50°C, hvilket betyder opholdsrum, som på solskinsdage ikke er egnet til ophold.

Frem til 2085 ser det ud til, at opvarmningsbehovet i boliger vil falde med 30 % og nedkølingsbehovet stige med 40 %, mens opvarmningsbehovet tilsvarende i erhverv vil falde med 15 % og nedkølingsbehovet vil stige med 40 %. Fremtidsorienteret klimatilpasning af bygninger er således meget vigtig for at undgå voldsomme energistigninger til mekanisk køling (Rob Marsh, bilag 1.1).

Ydermere vil den øgede UV-stråling betyde hurtigere nedbrydning og dermed kortere levetid af visse bygningsmaterialer, herunder især tagbeklædning. Eksempelvis tagpap mørnes af solen og gøres

Figur 2.13: Faldende opvarmningsbehov vil ændre mængden af isolering i fremtidens byggeri. Foto: kim-bengtsson.dk

med tiden porøst, så regnvandet ikke længere holdes ude. Den øgede regn, som især koncentrerer sig i vinterhalvåret, hvor fordampningen er meget nedsat, vil øge risikoen for fugt i vores bygninger, hovedsagelig i kældre. Hvis ikke der forebygges grundigt, vil der desuden meget sandsynligt forekomme utallige oversvømmelser af kældre, jævnfør ovenstående afsnit om infrastruktur. Denne konsekvens har allerede vist sig i flere af landets byområder, og i større omfang de senere år end tidligere fremskrevet.

Også det hævede vandspejl kan få konsekvenser: I nybyggeri er den dimensionerende kote allerede i løbet af de sidste 10-20 år steget fra 1,4 til 1,8 for normale tilfælde og fra 1,6 til 2,2 for særlige tilfælde (Lars Bak Jepsen, bilag 1.1).

En anden konsekvens af klimaforandringerne for vores bygninger er den øgede vind, som sætter højere krav til bygningers stabilitet og forankring. Dette vil ifølge Jørgen Nielsen, seniorforsker på SBI, først og fremmest blive et reelt problem for typiske 50'er- og 60'er-huse, hvor tagene er flade og lette, og konstruktionerne mindre robuste (bilag 1.1). De mest sårbare af slagsen så allerede konsekvenserne tilbage i 1999 under orkanen d.3. december eller i de følgende storme i tiden kort derefter. Men sandsynligvis er der mere i vente, hvis de ekstreme vindstyrker generelt øges, som scenarierne forudser.

Sundhed

Som antydet et par gange ovenfor kan klimaforandringerne også have konsekvenser for folkesundheden, igen fortrinsvis i byerne. Under hedebølgen i Europa i 2003 blev det tydeligt, at de, der i forvejen er svagest, rammes hårdest af denne type ekstremer. Dødeligheden blandt syge og ældre steg markant i den periode, navnlig i Frankrig, og det skønnes, at i alt knap 20.000 mennesker mistede livet i den forbindelse, mens også naturen led nød – i eksempelvis Portugal brændte 11 % af skovarealet

Figur. 2.14: Smog er en bred betegnelse for menneskeskabt luftforurening i og omkring byer, særligt i forbindelse med afbrænding af kul og meget trafik. Foto Los Angeles, dailynews.com

ned (Politiken.dk udland 26 juni 2007).

Den øgede forurening, herunder det forhøjede antal dage med alarmerende koncentration af ozon i byen, kan forårsage luftvejsproblemer, flere astmaanfald, indlæggelser og hjertetilfælde. Den nyeste forskning viser, at selv mindre mængder ozon i længere perioder kan være dødbringende (12.03.09 – ing.dk "ozon er en større dræber end forskerne regnede med). Også i denne sammenhæng rammes de svageste først: folk, der allerede lider af luftvejssygdomme får forværret tilstanden og dør tidligere – i meget forurenede byer kan antallet af denne type dødsfald stige med op til 50 %, mens andre byer oplever en stigning på 25 %. Dertil kommer, at Danmark i forvejen ofte har svært ved at overholde grænseværdierne.

Derudover kan ovennævnte problemer med underdimensionerede kloakker medføre blandet spildevand og regnvand i gaderne, hvilket vil øge risikoen for smitte og epidemier. Skræmmescenariet er middelalderlignende tilstande, hvor gaderne flyder med afføring, men man skal ikke mere end 10 år tilbage og over sundet for at finde et mere nærværende eksempel: Malmøs forstad Augustenborg oplevede dengang spildevand i kældre og lign. et par gange årligt, jævnfør bilag 1.7.

Positivt kan dog også nævnes, at en stigning i udelivet grundet mildere temperaturer i de koldere måneder kan betyde mere motion, hvis ellers tilbuddene i byen tilsvarende opretholdes og styrkes.

"Climate change may amplify existing vulnerabilities, as evidenced by the European heat wave of 2003, which hit the elderly most severely." - ASCCUE, 2006

DELKONKLUSION 1

Klimaforandringer og Konsekvenser

Hvor slemt ser det ud?

Ud fra afsnittene om klimaforandringer og bymæssige konsekvenser kan man konkludere, at der endnu hersker tvivl om, præcis hvor alvorlige klimaforandringerne bliver, og hvad de bringer af følgevirkninger: kompleksiteten er ganske enkelt for høj. Men der er stor enighed om, at forandringerne kommer, og at vores byer ikke er bygget til dem, hvorfor tilpasningskapaciteten bør skærpes, da der frem til nu ikke har været samme fokus på dette som på forebyggelse.

Det vurderes, at det største og mest aktuelle problem i Danmark bliver oversvømmelser som effekt af intensiverede regnbyger, hævet vandspejl og til tider storm. De ekstreme regnhændelser vil fortsat være størst i sommermånederne, men vil forekomme hyppigst i efteråret, hvor det samtidig blæser mest. Derudover vil temperaturerne øges, hvilket bevirker en stigende varme-ø-effekt, som med tiden kan give problemer for indbyggernes velbefindende, og som især rammer de i forvejen svageste. Dette kan samtidigt få negative følgevirkninger for byens popularitet og bl.a. medføre nedskrivning og risiko for fornyet tendens til donut-effekt, hvilket vil modvirke forsøget på at forebygge klimaforandringerne. Til sidst kan der opstå problemer med øgede vindstyrker for visse bygninger og byrum.

Anbefalingen på baggrund af dette er først og fremmest, at kapaciteten til vandafledning i byerne øges, således at intensiverede regnmængder kan håndteres på en hensigtsmæssig måde. Derudover bør absorptionen af solvarme i byen samt sårbarheden over for både solens stråler og den øgede vind nedbringes – af hensyn til byen såvel som dens brugere.

"Adaptation has been defined as adjustment in ecological, social or economic systems in response to actual or expected climatic stimuli and their effects or impacts." (ASCCUE - Burton et al., 2001)

Indledende undersøgelser

De konsekvenser af klimaforandringerne, der er beskrevet i ovenstående afsnit, afslører et behov for aktiv tilpasning af vores byer til de fremtidige vilkår med henblik på at nedsætte risikoen for, at byerne og deres borgere lider overlast. Men da problemet er komplekst, bliver løsningen det også. I forbindelse med en større undersøgelse om klimatilpasning i England (ASCCUE, 2006) har man derfor udviklet tilgangen "extreme joint probability statistics", som er en metode til at anskueliggøre ikke bare ét faremoment, men flere samtidigt, der evt. kan forstærke hinandens effekt. Ved at sammenlægge forskellige kort med data om hhv. diverse faremomenter, urbane systemer og eksisterende sårbarheder i byen kan eksempelvis den sammenlagte oversvømmelsesrisiko fra floder, der går over deres breder, hævet vandspejl og ekstreme regnskyl tydeliggøres. Dér, hvor faremomenterne lapper ind over hinanden, og hvor byen samtidig på forhånd har nogle svage punkter, er der risiko for mere ekstreme konsekvenser, og her er det dermed meningsfyldt at tilpasse først. Dette kan suppleres med et kort over tilpasningsmuligheder, således at man også får det samlede billede af de eksisterende potentialer. Det danske forskningsprojekt 2BG (Black, Blue and Green – integrated infrastructure planning as key to sustainable urban water systems) har benyttet en lignende tilgang ved sit arbejde med casen Harrestrup Å, som på nuværende tidspunkt er det mest udsatte sted for ekstrem regn i København (2BG-rapport , 2009). I figur 2.15 ses et udkast af deres analyse.

På baggrund af denne mapping får man et bedre udgangspunkt for udarbejdelse af konkrete tilpasningsstrategier.

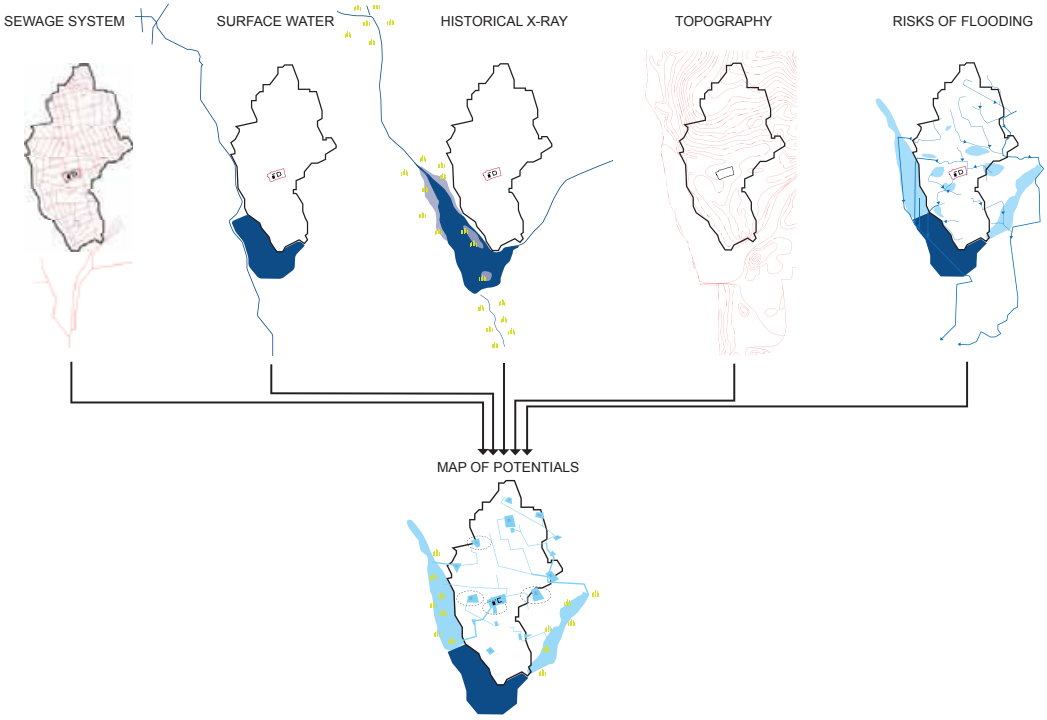
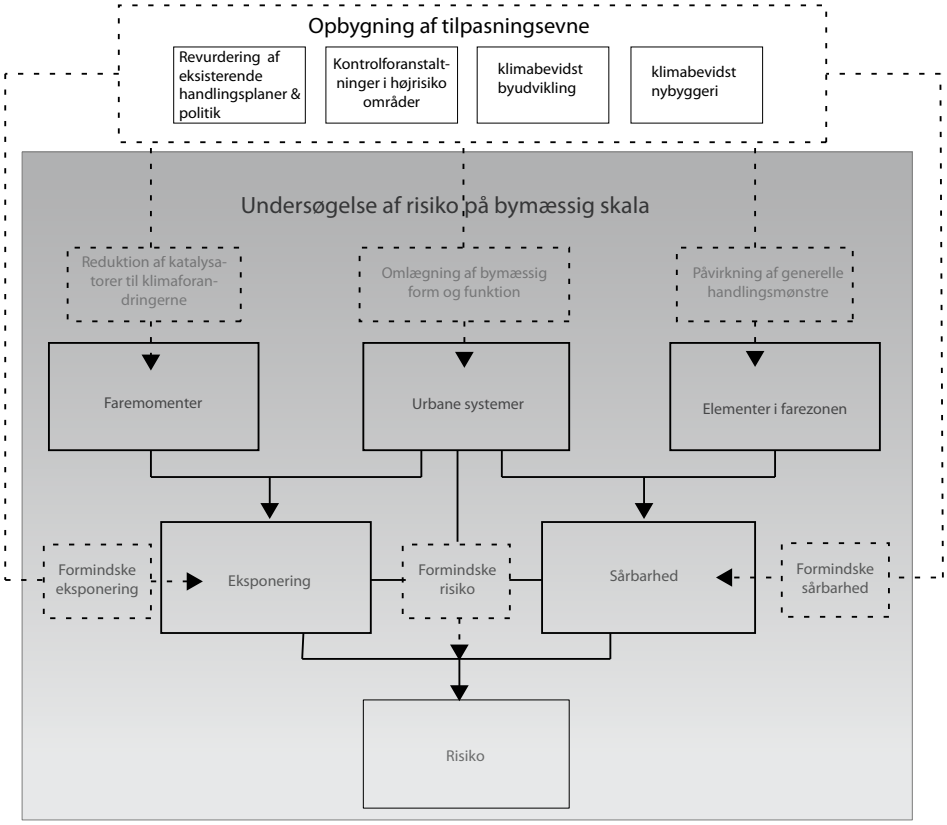


Fig 2.15 Mapping fra 2BG i Harrastrup Å. Udarbejdet til at få et bedre udgangspunkt for udarbejdelse af konkrete tilpasningsstrategier. Illustration: 2BG-rapport, 2009



Figur 2.16: Oversigt over mulighederne for strategisk risikostyring i forhold til klimaforandringernes indvirken på de urbane systemer. Illustration: ASCCUE, 2006

Strategi-typer

Der er flere steder i det urbane system, man kan gribe ind med risikoforebyggende tiltag:

Figur 2.16 viser sammenhængen mellem hhv. byen, de forudsete faremomenter, de bymæssige elementer, der befinder sig i risikogruppen, samt mulighederne for tilpasning: Dér, hvor faremomenterne møder de urbane systemer, er byen eksponeret for faren. De steder i byen, hvor elementerne fra risiko-gruppen befinder sig, er byen sårbar. Når sårbarheden befinder sig i de områder, der er eksponeret for faremomenterne, opstår der risici. Den samlede risiko består således af de elementer fra risikogruppen, som befinder sig i de dele af byen, der er eksponerede i forhold til faremomenterne.

De stiplede kasser angiver de forskellige muligheder for indgriben i forhold til forebyggelse af de klimarelaterede risici i byerne. Som figur 2.16 angiver, er forholdet mellem byen og klimaforandringerne meget sammensat, og klimatilpasning kan dermed gribes an på flere forskellige niveauer:

- Med tiltag, der nedsætter enten eksponeringen, sårbarheden eller mængden af katalysatorer (f. eks. drivhusgasser) i forhold til klimaforandringerne

- Med bevidsthed om og kontrol af, hvor der fra nu af ikke bør bygges, hvor der er mest behov for byfornyelse, samt hvordan det bør eller netop ikke bør udføres

- Med modificering af selve byens form og virkemåde

Hvad, der bedst kan betale sig, kommer an på, hvor langt frem man skuer og hvilke specifikke faremomenter, der betragtes. Men tilpasses der ikke, kommer det til at koste alligevel:

"There will obviously be cost implications to building resilience, or 'climate headroom', into the urban system, however authoritative studies such as the Stern Review are beginning to compile a substantial evidence-base that the costs of doing nothing will be much greater in the longer run." - ASCCUE, 2006

Vi har tidligere konstateret, at tiltag, der nedsætter mængden af katalysatorer, dvs. forebyggelses-initiativer, ikke er nok i sig selv, men at de dog sørger for, at klimaforandringerne ikke eskalerer uhæmmet. Sårbarheden kunne eksempelvis nedsættes ved at forstærke tagkonstruktionerne på den type huse, der er i risikogruppen i forhold til øget vind, mens eksponeringen over for eksempelvis storm og hævet vandspejl kunne nedsættes i kystområder ved at opføre diger.

Bevidstheden om klimaforandringernes bymæssige konsekvenser er desværre forholdsvis ny, og derfor er der i eksempelvis København mange nyopførte byområder, som ikke er indrettet efter de fremtidige forhold. Især i havneområderne er nye bygninger skudt frem gennem en årrække, hvilket betyder, at de oven i købet ligger forholdsvis eksponeret i forhold til vand og vind (Dorte Rømø, bilag 1.4). De må således tilpasses senere hen, hvilket er både dyrere og mindre effektivt, end hvis man havde taget højde for faremomenterne på forhånd. Denne type uhensigtsmæssig udvikling bør så vidt muligt undgås fremover.

Et eksempel på modificering af form og virkemåde er Københavns fjernvarmesystem, som blev indført i stedet for private oliefyr i 1970'erne for at tilpasse byen til de nye vilkår, oliekrisen dengang bevirkede. Denne investering lever byen stadig højt på i dag, og nu hvor klimaet i den grad er kommet på dagsordenen, må den siges for alvor at komme til sin ret.

Strateginiveau

Af de nævnte eksempler fremgår det, at visse problemer løses bedst på samfundsniveau, mens andre med fordel kan løses som enkeltsager. Flere former for klimatilpasning er dermed nødvendig. De bymæssige konsekvenser kan inddeles i to hovedgrupper:

1) Klimaeffekter på det byggede miljø, dvs. som udgangspunkt selve byen.

2) Klimaeffekter på den termiske komfort, dvs. som udgangspunkt byens brugere.

Dog vil disse to grupper naturligvis være i vekselvirkning med hinanden – effekterne på det byggede miljø kan uden tilpasning hurtigt betyde store konsekvenser for byens brugere, mens effekter på den termiske komfort på længere sigt også kan betyde ændringer i det byggede miljø. Der vil til en vis grad kunne hentes erfaringer fra andre lande med et klima der minder om det, vi vil få i fremtiden.

Det byggede miljø

Størstedelen af de klimarelaterede problemer for det byggede miljø i Danmark kan imødegås ved at gøre byen mindre eksponeret for oversvømmelser. Derudover bør sårbarheden af diverse bygningsværker minimeres, så det går knap så galt, hvis de forskellige faremomenter skulle forekomme samtidig og munde ud i ekstreme vejrsituationer. Klimatilpasning i forhold til det byggede miljø vil således fokusere på hhv. vandhåndtering og bygningernes modstandsdygtighed:

Vandhåndtering

Det er fra regeringens side vedtaget, at der inden 2015 skal foreligge færdige risiko-håndteringsplaner med tilhørende kort over latente oversvømmelser. I den forbindelse er der allerede udarbejdet en digital højdemodel til rådighed for kommunerne. Men desværre hænger det ikke så enkelt sammen, at de lavest liggende steder bliver først oversvømmet. Bl.a. har kvaliteten af undergrunden samt andelen af befæstede overflader også stor betydning. Eksempelvis ligger Greve, som har haft store problemer med regnvand, ikke specielt lavt sammenlignet med andre byer. (Se evt. bilag 1.1)

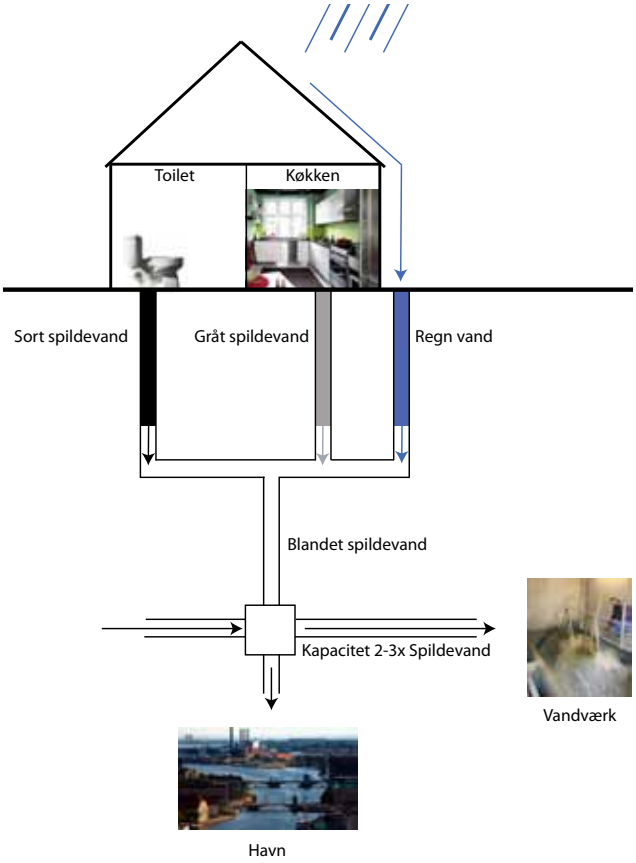
Konventionel tilgang

Den konventionelle måde at tilpasse byen til øget regn i vores del af verden er at udvide det eksisterende kloaknet, som generelt kombinerer spildevand og regnvand i et samlet rørsystem. Udover selve rørene bygges der store underjordiske vandreser-

voirer for at øge kapaciteten. Under København ligger der nu eksempelvis 35 store bassiner, som tilsammen rummer ca. 200.000 m^3 spildevand og regnvand, hvilket isoleret set svarer til halvandet døgns spildevand eller 6 mm regn (www.ke.dk). Dette er en udmærket løsning, som er diskret og effektiv, så længe regnens intensitet passer til rørenes dimensioner. For borgerne i byen er det meget bekvemt: Regnen ledes til kloakken via befæstede overflader næsten lige så hurtigt, som den kan nå at lande på jorden; man skal ikke selv tage stilling til, hvad der sker med den; og man slipper for at få våde tæer.

Problematisering

Men det er også en omfattende løsning. Man er nødt til at tænke meget langt frem i tiden, da det er et temmelig ufleksibelt system, når først det er udbygget. Gravearbejde er omkostningstungt, og der skal suppleres med rigtig store volumener, hvis alt vandet også i fremtiden skal kunne afledes den vej. Allerede nu er det største rør i København stort nok til, at to lastbiler kan køre ved siden af hinanden dernede. Byen vil således blive omdannet til en stor byggeplads: det vil bl.a. kræve, at vi hvert år graver 10 km, vej op (Niels Bendt Johansen, bilag 1.5). Ydermere er der meget vedligehold forbundet med det. Betonrør holder længst, men giver et dårligere flow, mens plastikrør er effektive, men dyre og med kortere levetid.



Figur 2.17: Gengivelse af Niels Bendts illustration af det konventionelle afløbssystem. Egen illustration

Figur 2.18: Foto fra Michael Rasmussens oplæg ved tilpasningsseminaret i Ballerup.

En del af udbygningen vil dog kunne ske ad hoc i forbindelse med den løbende renovering. Ifølge Strategi for tilpasning til klimaændringer i Danmark er mulighederne for ad hoc tilpasning af kloakkerne gode set over en længere tidshorisont: "Tilpasning til kraftigere regnskyl udgør nemlig en marginal omkostning, hvis det sker i forbindelse med kloakrenovering." (Energistyrelsen, 2008). Men dette er i strid med konklusionen hos Københavns E, som skal stå for disse udbygninger i hovedstadsområdet. Ud fra Spildevandskomitteens prognose på ca. 30 % mere regnvand i 2030 forudser Niels Bendt Johansen, udviklingsleder for spildevand og regnvand hos Københavns E, at den konventionelle løsning på problemet får en omkostningsværdi af 15 milliarder kr. over de næste 100 år, som borgerne i København skal betale (se evt. bilag 1.5). Dette kan vel næppe defineres som en marginal omkostning. I hvert fald ikke, hvis man ser på, hvad der ellers kan opnås for dette beløb.

Det er også værd at overveje, at hvis der trods udbygning skulle opstå oversvømmelsessituationer pga. ekstreme regnbyger, efter at vandstanden er steget op over overløbsrørene, vil det kombinerede afløbssystem fortsat ikke bare betyde regn-

vand, men også spildevand i gader og kældre. Dette ville evt. kunne løses med et pumpesystem ved rørenes munding, men umiddelbart giver det mere mening helt at adskille regnen fra spildevandet, så den risiko slet ikke er aktuel.

Mange af vores kilder påpeger, at det under alle omstændigheder er en fejl at blande det næsten rene regnvand med det beskidte spildevand, når nu vand er så vigtig en ressource og derfor burde udnyttes langt bedre. Grundvandet under selve København er ikke drikkeegnet, så hovedstaden dræner naturen mange steder på Sjælland for vandløb og grundvand. Det er et potentielt problem, da byens rettigheder til dette vand udløber i løbet af 2010, og kontrakten dermed skal genforhandles, hvorved vi ikke kan vide os helt sikre på kriterierne for en kommende aftale (Niels Bendt Johansen, bilag 1.5). Så hvorfor skal der bruges postevand af fineste gennemtjekkede drikkekvalitet til at skylle afføring ud af toilettet? Eller til at vande havens planter, der ellers trives fint med regnvand og endda er med til at filtrere det? Med temperaturstigningerne kan et generelt øget vandforbrug gøre disse spørgsmål særligt centrale.

Mulige alternativer

Derfor kigger Københavns E også efter mulige alternativer til det eksisterende kloaksystem. For at sikre en vis bæredygtighed i udviklingen arbejdes der med både fleksibilitet og genanvendelse i de nye tiltag, som sigter ca. 100 år frem i tiden, men målretter sig mere konkret mod år 2030. klimascenarierne er for usikre til, at vi allerede nu kan dimensionere for en fjernere fremtid, men samtidig er det af yderste vigtighed, at vi er bevidste om, at udviklingen ikke stopper dér, således at mulighederne for videre udbygning holdes åbne.

Der forskes bl.a. i storm and wastewater informatics (SWI), som er en radarbaseret teknologi, der forholdsvis præcist kan forudsige kommende regnmængder løbende, inden de forekommer, samt i lokal afledning af regnvand (LAR), der betyder, at regnen nedsives, opbevares og/eller udnyttes i nærområderne og så vidt muligt gøres fri af det centraliserede kloaksystem. I den forbindelse er der som et første skridt på vejen indført incitamenter ved etablering af regnvandsanlæg til udnyttelse ved toiletskyl og tøjvask samt til faskiner (nedsivningsanlæg). "Hvis vi virkelig lægger os i selen, vil vi nok lige kunne nå de 30 % lokal nedsivning, som kan opveje det øgede behov, der følger klimaforandringerne", vurderer Niels Bent Johansen (bilag 1.5).

Der gives 40 % af standard-tilslutningsbidraget retur ved afkobling af regnvand fra kloaknettet, hvilket er et engangsbeløb på godt 20.000 kr./husstand. Et hurtigt hypotetisk regnestykke viser, at det med

Figur 2.19: Eksempel på regndam i Augustenborg. Eget foto fra Augustenborg, Sverige

Figur 2.20: Upton er en ny bydel i Northampton der er anlagt efter en landskabelig model baseret på lokal regnvandshåndtering og et urbant dræningssystem kaldet SUDS, der udover rekreative værdier er et værn mod de store oversvømmelser som området oplevede i 1998. Ved hjælp af integreret regnvandsopsamling i boligblokke og bygninger bliver regnvandet brugt i husholdningerne.
Foto: sustainablecities.dk

de ca. 250.000 husstande i kommunen ville blive højest 5 mia. kr. i dét noget urealistiske tilfælde, at alle husstande frakoblede sig. Hvis denne tilgang helt kunne erstatte ombygningen af kloaknettet, ville det således spare byens borgere for omkring 10 milliarder kr. og ikke mindst de omtalte gener i forbindelse med det omfattende vejarbejde.

Problematisering

Dog er det lettere sagt end gjort: Der skal selvfølgelig være et andet sted at lede vandet hen, så nogen skal sørge for implementering af enten faskiner, grøfter, kanaler eller lignende alternativer. Når man først er koblet fra, har man desuden ingen ret til at blive tilkoblet igen, selvom den lokale nedsivning skulle vise sig at være utilstrækkelig. Dette kan nok for de fleste fremstå som så stor en risiko, netop i kraft af klimaforandringerne, at de ikke ville være villige til at satse på det. Derudover bliver man trods afkobling ved med at betale løbende vandafledningsgebyrer, som sættes efter vandforbruget – de bliver altså ikke mindre af, at det kun er spildevandet, der skal afledes, hvilket igen udfordrer afkoblingens attraktionsværdi(bilag 1.5).

Umiddelbart er der ikke nogen "mirakelkur", som kan løse alle de forestående problemer både let og billigt. Men ifølge Niels Bent Johansen kan problemet nok alligevel løses med en kombination af flere forskellige strategier. En del af vandet kan afledes og nedsives lokalt via grønne og blå byrum, flere permeable overflader samt begrønning af bygninger; noget kan forsinkes på vejen ved at lede det mindre direkte til kloakken; mens andet igen kan opsamles og udnyttes til forskellige formål. Det sidste må så ledes til kloakken, som måske alligevel nogle steder bør udbygges i sidste ende, men som så vidt muligt suppleres med alternativer i stedet.

I Malmøs forstad Augustenborg (se bilag 1.6) har denne tilgang givet gode resultater gennem det sidste årti: Det regnvand, der ikke samles på de grønne tage og vægge, ledes rundt i området via små åbne kanaler, som ved heftig regn flyder over i nogle dertil indrettede damme og fontæner. Overskrides også deres kapacitet, er der indrettet koter i landskabet, således at visse græsarealer kan oversvømmes midlertidigt, uden at vandet løber de forkerte steder hen. Kun i de mest ekstreme tilfælde løber der regnvand til de kloakrør, som ellers tidligere var kombineret regn- og spildevandsafledning, som vi kender det herhjemme fra. Flere danske kommuner er nu i fuld gang med at prøve at gøre dem kunsten efter (Michael Rothenborg, 2009).

Men det er vigtigt, at det udføres med omtanke: byen skal betragtes som ét hele, så ikke oversvømmelsen bare sendes videre ned i systemet (bilag 1.1). Nedsivning kan bevirke hævet grundvandsspejl, som igen kan medføre fugtproblemer i kældre og lign. Disse konsekvenser kan opstå både tæt på

Figur 2.21: Ved store regnmængder kan overskydende vand ledes ud i de eksisterende blå og grønne områder (Utterslev Mose). Eget foto

og langt fra, hvor vandet nedsives, så det er kompliceret at forudsige. Man bør derfor lave en seriel forbindelse af depoter og overløbsstrukturer ud fra en mapping af bl.a. jordbundsforholdene, afstand til grundvandet og byens koter, jævnfør førnævnte beskrivelse af "extreme joint probability statistics". Således kan visse regnmængder håndteres på matrikelniveau, mens regnvandet i tilfælde af kraftigere og ekstrem nedbør kan ledes videre ud til bydelens grønne struktur og i sidste ende ud til samlingen af grønne områder i oplandet til byen (Ole Fryd, bilag 1.8).

I eksempelvis København gør vores industrihistorie endvidere, at lokal nedsivning af store mængder vand kan være noget problematisk. Mange steder ligger der depoter af forurening lagret i jorden, og hvis man først får skyllet det væk, er det svært at sige, hvor det havner, og hvad konsekvenserne bliver (oplyst af Berit Haahr Hansen, 2009). Ydermere kan vand nedsivet fra arealer, der udnyttes til biler, være forurenet med benzinrester og tungmetaller, hvilket man også bør være opmærksom på i forhold til brug af eksempelvis græsarmering på veje og parkeringsarealer.

Der forskes dog i øjeblikket gennem 2BG-projektet bl.a. i rensning af vandet vha. dobbeltporøs filtrering netop gennem forskellige plante- og jordlag. Men ifølge Simon Toft, PhD-studerende i miljøkemiske risici under 2BG, er det svært at overholde EU's miljøkrav til kvaliteten af det nedsivede vand, og samtidig er det videnskabelige grundlag inden for emnet for tyndt til, at der kan laves andet end grove antagelser – på dette punkt halter hovedstaden lidt bagefter resten af landet (bilag 1.8).

Dimensionerende vs. ekstreme regnhændelser

Marina Bergen Jensen, seniorforsker på KU LIFE og projektkoordinator på 2BG-projektet, lægger meget vægt på nødvendigheden af at dele vandhåndteringsstrategierne op i to: den dimensionerende regn og de ekstreme regnhændelser. Som det er nu, hviler ansvaret for disse på forskellige skuldre. I hovedstadsområdet står Københavns E for den dimensionerende regn, som vil sige hændelser, der statistisk set forekommer minimum hvert 10. år. De ekstreme hændelser er beredskabstjenestens ansvar (Niels Bendt Johansen, bilag 1.5).

Men sandsynligvis er man nødt til at tænke det mere sammen, da de ekstreme hændelser i fremtiden vil forekomme oftere. Ifølge Gertrud Jørgensen, forskningschef på KU LIFE, er det måske kun de større grønne arealer med mulighed for sporadisk oversvømmelse, der rigtig kommer til at virke i de mest ekstreme tilfælde. Det vil være for dyrt at dimensionere systemet efter dem, da det vil kræve så uforholdsmæssigt stor kapacitet. Men som Marina Bergen Jensen påpeger, er enhver storby nødsaget til at have en acceptabel løsning på problemet, også selvom det kun forekommer sjældent.

Realisering

Hun nævner desuden, at retrofitting af grønne teknologier er langt mindre forskningsmæssigt bearbejdet end udvikling af grønne løsninger i forbindelse med nybyggeri. Derudover ligger der en del uløste problemer i selve realiseringsfasen: idet der er tale om et teknologisk paradigmeskift fra et historisk infrastruktursystem under byen til et synligt indgreb i byens brugerflade, bliver det afgørende, hvordan man får motiveret folk til at støtte op om de nye tiltag. Hvorfor vil enkeltpersoner gerne/ikke forgrønne? Hvordan får man engageret byens borgere/andre aktører? Kan der komme mere gennemsigtighed i forhold til bevæg-

grundene for de forskellige gebyrer og tilskud?

Ifølge Niels Bendt Johansen skal man lede efter løsninger, der udover den langsigtede klimatilpasning giver en "her-og-nu-værdi", hvis man vil have folket med på det! Tunge investeringer, der først har en positiv effekt 30 år fremme i tiden er upopulære og svære at få gennemført.

Bygningernes modstandsdygtighed

Da den værste trussel mod bygningernes modstandsdygtighed er de omtalte oversvømmelser, kan vandhåndteringsstrategierne også afhjælpe mange risici i denne forbindelse. Dog bør særligt udsatte bygningsværker gås efter i forhold til dræning omkring fundamenter mm. Især bør man være opmærksom på konstruktioner funderet på sand, hvis dette fundament er eksponeret for kommende regnmængder. Evt. kan det overvejes, om fundamenterne skal forstærkes, hvis ikke eksponeringen kan modvirkes – eksempelvis ved byggeri tæt på kajer og lign (regeringens rapport: Strategi for tilpasning til klimaændringer i Danmark, 2008).

Der er stor diskussion i kommunerne om, hvorvidt det skal være i orden at tømme dræn omkring private kældre ud i fælleskloakkerne. Mange gør det allerede, men det gør det sværere at forudsige kloakkens mætningspunkt, og det øger den nødvendige kapacitet, så samfundsmæssigt er det en dårlig ide at acceptere det, hvor det kan undgås (Michael R. Rasmussen, bilag 1.1).

Figur 2.22: Sætningsskader kan opstå pga. ændrede hydrologiske forhold i jorden, især ved fundering på sand. Foto: husetoghaven.dk

Figur 2.23: Pga. ændrede vindstyrker og alder er der risiko for at lette tage kan løftes af vindsug. Foto: ing.dk

Også forankringen bør gås efter, især for sarte huse med lette tage (gerne fra 50'erne eller 60'erne), og særligt hvis de ligger eksponeret for de stigende vindstyrker (Jørgen Nielsen, bilag 1.1). Der kan komme øget nedfaldsrisiko, og både tage og gavle vil blive prøvet ekstra under storm, hvorfor konstruktionernes stabilitet bør tilses. Sårbarheden kan i den sammenhæng nedbringes ved at tynge tagene ned og/eller ved at fastgøre dem bedre. Generelt bør bygningers tæthed sikres ekstra godt, da heftig nedbør kombineret med stærk vind kan betyde slagregn, som oven i købet kan løbe opad, når det bliver presset af vinden (bilag 1.1). Her er det værd at huske på, at øget solskin vil medføre hurtigere nedbrydning af byggematerialer, derunder særligt bitumenbaserede tagbeklædninger som eksempelvis tagpap pga. den intensiverede mængde UV-stråling og de øgede temperaturudsving. Sandsynligvis skal disse elementer altså fremover vedligeholdes eller skiftes oftere, end det er tilfældet i dag, medmindre de i stedet skærmes fra solens direkte stråler og klimaets andre belastninger. Dette kan selvfølgelig løses på mange måder: Med brug af mere vejrbestandige byggematerialer, med etablering af eksempelvis solceller eller solfangere uden på bygningerne (disse dækker dog sjældent hele fladen), ved brud af dobbeltfacader osv.

Figur 2.23: Eksempel på et grønt tag fra Augustenborg. Eget foto fra Augustenborg

Grønne løsninger
Men det bør her overvejes, at grønne tage og vægge kan have en positiv effekt i alle de ovenstående henseender:

De kan suge noget vand og derved udsætte det punkt, hvor oversvømmelser vil forekomme; de kan beskytte bygninger mod både UV-stråling, ekstrem varme og bratte temperaturudsving; og de kan tynge lette tage ned med deres vægt. Desuden er tage, der som udgangspunkt er underdimensionerede til beplantning, sandsynligvis også ekstra sårbare over for storm og bør således måske alligevel forstærkes?

Planterne i sig selv er dog ikke så afgørende for netop disse virkninger, og andre beklædninger kan tænkes at have stort set samme effekt – eksempelvis skummaterialer eller ren muldjord.

Dog ville dette nok fremprovokere nogle æstetiske spørgsmål. Men ligegyldigt hvad, beklædningen består af, er det essentielt, at også dette fæstnes grundigt, så det ikke blæser væk.

Hvis man er interesseret i løsningen med solceller, bør man desuden notere sig, at tilstedeværelsen af grønt under solcellerne er med til at stabilisere mikroklimaet, så temperaturerne ikke svinger lige så markant og desuden generelt ikke når lige så høje temperaturer, hvilket øger solcellernes effektivitet.

Termisk komfort

Mange danskere vil nok opleve øget termisk komfort på grund af klimaforandringerne de første mange år fra nu – i kraft af, at vintrene bliver mildere, og somrene får mere sol og sjældnere regn. På længere sigt forventes der dog også at opstå ubehag, især i byerne, grundet høje temperaturer og tørke, der forstærkes af varme-ø-effekten. På dette grundlag bør målet for tilpasningsstrategierne hovedsageligt være at nedkøle og at holde på fugten i byen.

Konventionelle tilgange

Den konventionelle måde at nedkøle indendørs er at intensivere brugen af aircondition og mekanisk ventilation. Men dette tiltag vil komme i konflikt med arbejdet for at forebygge yderligere klimaforandringer, da det er en meget strømslugende løsning og dermed mere CO_2 udledning. Ydermere udtørrer det luften, hvilket er negativt for kvaliteten af indeklimaet og derfor samtidig kan forstærke oplevelsen af ubehag under tørkeperioder. I stedet kan tilvejebringelse af mere skygge og frisk luft både ude og inde samt en forøgelse af fordampningen i byen køle passivt.

Skygge
Mht. skygge skal man dog være opmærksom på, at vintrene fortsat kommer til at være kølige, så man

"Essentially, what is needed is increased provision of shade for the warmer summer months, and more shelters from the wind and rain for the wetter, stormier winter months. More open spaces for recreation in areas peripheral to the urban core would also be beneficial." - ASCCUE - 2006

ikke nedsætter komforten om vinteren i forsøget på at øge den om sommeren. Vandret solafskærmning over vinduer med en bredde og placering, så den lukker den lave vintersol ind, men holder den højtstående middagssol ude om sommeren, kunne være et bud. Det er f.eks. et vigtigt element i forbindelse med energirigtigt boligdesign i Melbourne, hvor de længe har haft forholdsvis kølige vintre og somre med jævnlige hedebølger (www.bom.gov) – ikke meget anderledes end hvad vi går i møde. Fordelen ved denne løsning er desuden, at den let kan retrofittes på eksisterende byggeri – i stil med eksempelvis nye altaner, som man har set poppe frem i stor stil på de københavnske karréer de senere år. Udendørs ville halvtage, markiser og lign. kunne bidrage til skygge og samtidig yde ly for den stigende mængde regn. Skyggende elementer vil passende kunne gøres fleksible, da det danske folk jo elsker, når solen kommer frem, og gerne vil kunne nyde den, men samtidig ofte får brug for ly fra både sol og regn.

Fordampning

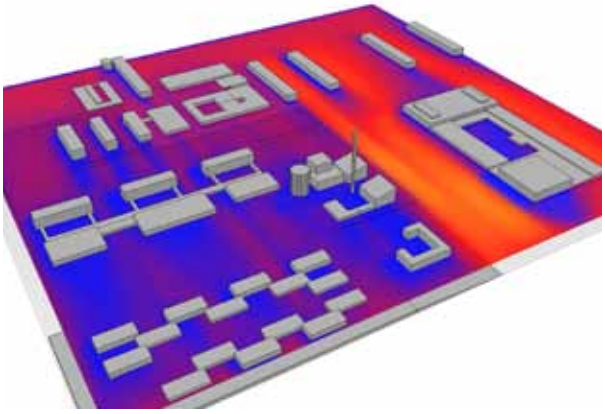
Øget fordampning kan gøres på flere måder, men hvis ikke der skal bruges postevand til at opnå den, vil dette tiltag kræve, at der i højere grad lagres vand i byens struktur, enten i regnvandstanke/-reservoirer, i blå byrum som fontæner og kanaler, i planter og træer eller i jorden via flere permeable overflader. Dette vil samtidig være med til at forsinke de negative effekter af tørke i byen og nedsætte varme-ø-effekten. Generelt er det mod varme-ø-effekten også af afgørende betydning, at der kommer færre arealer med hårdt befæstede overflader, da disse absorberer varmen og forhindrer fordampningsprocessen.

Frisk luft

Tyskland er på mange punkter foregangsland inden for energidesign af (kontor-)bygninger, og her kan vi også finde mange gode eksempler på facadesystemer med indbygget solafskærmning, naturlig ventilation og lign. Disse kan således være med til både at bringe skygge og frisk luft til indendørs miljøer, således at energiforbruget til ventilation og køling minimeres. Erfaringen fra Danmark siger dog, at det langt fra altid kan betale sig med naturlig ventilation, da energien sparet på frisk luft i stedet bruges til at dække en deraf følgende stigning i opvarmningsbehovet (Nat.vent-rapport, 2008).

I forhold til ulidelig varme i byrummene, såvel som intensiveret forurening og uacceptable koncentrationer af ozon, vil tilvejebringelse af rigelig luftgennemstrømning være én løsning og minimering af temperaturer en anden. Dette stiller altså krav til selve udformningen af byrummet og facaderne efter vindretningen.

Modsat vil den stærkere vind og voldsommere regn medføre et øget behov for ly og afskærmning, samt flere brudte overflader med højere friktionsværdi. Der er således en konflikt mellem på den ene side behovet for frisk luft under hedebølger grundet både varme og øgede mængder ozon i luften og på den anden side behovet for læ under storm, hvilket indebærer nødvendigheden af fleksibilitet i byrummene.



Figur 2.24: Analyser af vindens retning og styrke til brug som energidesign af bygninger. Illustration: Mondrup og Hurup-Felby, DTU.

"Urban greenspace can help to moderate the negative impacts of both these impacts [rising temperatures and more intense rainfall events] through providing shade and evaporative cooling, and by decreasing rainwater runoff through interception, storage and infiltration. These functions of greenspace make it a key adaptation measure in a future for the UK that is predicted to be characterised by warmer summers and wetter winters." - ASCCUE, 2006

Grønne Løsninger

Også i forhold til den termiske komfort er der synergieffekter ved implementering af flere grønne elementer: Planters kølende og luftrensende egenskaber og deres vindbrydende overflader er ét bud på en løsning til ovennævnte interessekonflikt. De giver mest skygge i sommerhalvåret, mens der er blade på træer og buske, hvilket passer med, at det er dér, hedebølgerne optræder. Om vinteren, når det er koldt, lukkes solens varme i højere grad ned til opholdszonen, mens der stadig vil optræde en hæmmende effekt på vindstyrkerne, især ved brug af stedsegrøn beplantning på facaderne. Behovet for afskærmning fra regnen løses dog ikke lige så effektivt, da dette er mest udtalt om vinteren og i efteråret, hvor hyppigheden er størst, men bladhanget knappest. Men hvis vores klima, som tidligere antydet, på lang sigt bliver som Athens, vil behovet for ly fra solens stråler i sidste ende overgå behovet for ly fra regn og vind. Ydermere vil planters omdannelse af varme til fordampning både kunne få en positiv effekt på indeklimaet og på CO_2-regnskabet i kraft af mindsket mekanisk nedkølingsbehov i kontorer, industribygninger og institutioner. Dette betyder, at de med den rette brug kan komme til at virke som tilpasningsinitiativ og forebyggelsesinitiativ samtidigt.

Ifølge det føromtalte engelske forskningsprojekt om klimatilpasning (ASCCUE, 2006) afhænger udviklingen i bymæssige gennemsnitstemperaturer i høj grad af, hvorvidt andelen af grønt i byen reduceres, bevares eller øges. Rapporten "Den grønne by – Udfordringer og muligheder" (Marianne Rosenbak og Gertrud Jørgensen, 2009) konstaterer dog i den sammenhæng, at et studie af det grønnes effekt i mindre byrum indikerer, at omkring 80 % af den temperatursænkende effekt skyldes træer, der skygger for solen (Shasua-Bar & Hoffman, 2000). Overfladetemperaturen er på den måde lettest at påvirke lokalt. Hvis lufttemperaturen skal ændres, kræver det større tiltag:

"Et grønt område skal være over 3,5 ha for at kunne skabe sit eget mikroklima med lavere lufttemperaturer og højere luftfugtighed, og skal lufttemperaturen i området sænkes bare 1°C skal arealet være 10 ha." - Grøn by rapport, 2009

Problematisering

Men egenskaberne ved byforgrønnelse er i sig selv ikke uden sårbarhed over for klimaforandringerne: Det kan i fremtiden grundet de forlængede tørkeperioder i sig selv blive en udfordring at holde de allerede eksisterende grønne islæt i byerne i live. Øgede mængder grønt vil i disse perioder naturligvis også betyde øget vedligehold i form af vanding og gødskning, hvis egenskaberne skal opretholdes. Stærke stormhændelser kan ligeledes blive en trussel. Der kunne efter orkanen i 1999 og de følgende storme eksempelvis iagttages knækkede træer mange steder i byerne.

Det er således af afgørende betydning, at de grønne initiativer udføres med omtanke og vedligeholdes, hvis man vil være sikker på, at investeringerne bliver langtidsholdbare.

De ekstra udgifter til vedligehold forbundet med grønne tiltag, som jo er levende og derfor udvikler sig dynamisk, er i forvejen et af argumenterne imod disse løsninger. Spørgsmålet i øjeblikket er dog, om ikke de ekstra jobs, det ville skabe, ville blive modtaget med kyshånd?

DELKONKLUSION 2

Klimatilpasning

Hvad kan vi gøre?

Det er vigtigt, at der for hvert geografiske område udføres en form for grundig kortlægning, hvor eksponering, sårbarheder og faremomenter sammenstilles med placeringen af urbane systemer og tilpasningspotentialer, inden en konkret strategi udformes.

Det sted, hvor flest af disse elementer mødes, vurderes at være i de tætte, eksisterende byområder, hvor funktionerne er mest koncentrerede, der bor flest mennesker og mulighederne for forandringer er sværest at implementere både fysisk, socialt og planmæssigt. Dette er desuden det mindst bearbejdede felt, og det giver dermed mening at undersøge tilpasningspotentialerne dér som udgangspunkt.

Den største og mest omfattende udfordring bliver at tilpasse de eksisterende vandafledningssystemer til fremtidens regn. Dette kan løses efter to hovedprincipper: centraliseret eller decentraliseret vandafledning. Den centraliserede løsning består i udvidelsen af det konventionelle kloaksystem – effektivt og diskret, når det står færdigt, men samtidig også en rigid, omkostningstung og omstændig model, som vil omdanne byen til en stor byggeplads gennem adskillige år. Den decentraliserede løsning består i at kombinere en række forskellige grønne og blå teknologier, herunder landskabsbaseret regnvandshåndtering, regnvandsopsamling og –udnyttelse, samt begrønning af bygninger. Dette er fysisk en mere fleksibel model, hvor flere tiltag kan tilføjes, i takt med at behovet herfor opstår, men disse teknologier er langt mindre afprøvet og kendskabet til deres styrker og svagheder dermed begrænset, hvilket betyder, at der er behov for yderligere undersøgelser på området.

Planmæssigt vil den decentraliserede model desuden være sværere at få gennemført, da den er et nyt, synligt indgreb i byens brugerflade og indbefatter langt flere aktører, i forhold til den konventionelle løsning, som er historisk forankret og således ikke bliver betvivlet. Der vil altså være tale om et teknologisk paradigmeskift.

Opretholdelsen af den termiske komfort i byerne fordrer nedkøling ved hedebølger, fugttilførsel ved tørke og ly i forbindelse med storm og regn. Konventionelt løses overophedning indendørs med aircondition, hvilket er meget energitungt og bør minimeres.

Tilføjelse af mere skygge, frisk luft og fordampning både inde og ude er mere energieffektive principper, men der er en konflikt i byrummene mellem behovet for mest mulig frisk luft ved hedebølger og ly under storm-/regnhændelser, samt nogle steder mellem behovet for skygge om sommeren og sol om vinteren. Dermed anbefales det, at en vis fleksibilitet bygges ind i tilpasningsplanerne, eksempelvis i form af flytbare skygge- og læ-givende elementer.

Det må bemærkes, at vand er både problemet og en del af løsningen: Ved etablering af flere åbne vandoverflader, samt begrønning af bygninger og byrum, kan der opnås synergieffekter, som afhjælper ovenstående konflikter mht. den termiske komfort, og som desuden potentielt kan styrke bygningernes modstandsdygtighed over for stærk vind og Uv-stråling.

Der foreligger således et stort, men også lidt uklart, potentiale ved byforgrønnelse, som dermed bør udforskes dybere for at få afklaret, om det er en fyldestgørende løsning, samt om den med fordel kan kombineres med andre tilgange eller helt bør erstattes i tilfælde af utilstrækkelighed.

Foto: Tilsendt af Patrick Blanc fra Paris

3. Byforgrønnelse

Generelle kvaliteter 46
Begrønning på eller mellem husene 48

Begrønning af bygninger 52
Klimatilpasning: Grønne tage 52
- Klassificeringer 52
- Ekstensive grønne tage 52
- Intensive grønne tage/taghaver 54
- Egenskaber 56

Delkonklusion 3: Klimatilpasning via Grønne tage 62
Klimatilpasning: Vertikal Begrønning 63
Typer 64
- Under udvikling i Danmark 68

Delkonklusion 4: Klimatilpasning via vertikal begrønning 71
Andre effekter 72
- Luftkvalitet og CO_2 72
- Urban biodiversitet 72
- Sundhed 73

Delkonklusion 5: Andre effekter 74

Supplerende teknologier 75
Permeable overflader 77
Afløbsrender 78
Infiltrationsplæner 79
Faskiner 80
VADI 81
Regnvandstanke 82
Delkonklusion 6: Supplerende teknologier 85

Implementering 86
Lavpraktiske forhold 86
- Ved begrønning af bygninger 86
- Ved begrønning af byrum og andre supplementer 89

Delkonklusion 7: Lavpraktisk implementering 90
Samfundsmæssige forhold 91
- Politik og lovgivning 91
- Økonomi 93
- Formidling 96
- Aktør/interessanter 99
- Tidsperspektiv 102

Delkonklusion 8: implementering 103
Opsummering på analysedel 104

"…It is important to acknowledge that the multifunctional nature of many of the adaptation strategies discussed below, for example expanding greenspace cover, have the potential to exert benefits beyond lessening the negative impacts of climate change. Indeed, climate change adaptation can help to progress other sustainable development objectives and goals, and can make urban areas more attractive places for people to live, work and visit." - ASCCUE, 2006

Byforgrønnelse handler i korte træk om at transformere nogle af byens befæstede arealer eller flader til små frodige miljøer, der tilsammen kan danne en grøn infrastruktur.

I dette afsnit vil vi lave en gennemgang af, hvilke grønne teknologier der findes, samt hvad deres potentiale er som klimatilpasningsinitiativ. Til dette formål har vi undersøgt, hvordan de er blevet benyttet og udforsket i forskellige urbane kontekster: Hvad har man af nyttige resultater fra andre lande med lignende vejrforhold og samme klimaudfordringer som Danmark? Kan de anvendes på samme måde herhjemme, eller skal der nye indfaldsvinkler til? Hvilke barrierer skal man være opmærksom på? Og er der nogle oplagte supplementer, i tilfælde af at effekten ikke er tilstrækkelig?

Det foregående afsnit angav mange nyttige egenskaber ved byforgrønnelse i forhold til de fremtidige udfordringer, danske byer imødegår – dette afsnit søger at klarlægge de mere faktuelle forhold bag myterne.

Generelle kvaliteter

Som tidligere nævnt findes der flere fordele ved at forgrønne byen. Det varierer meget fra område til område, hvad der anses for at være hovedmotivationen, men umiddelbart kunne man mene, at det netop er alsidigheden. Herunder følger en gennemgang af de vigtigste argumenter:

Håndtering af øgede nedbørsmængder:
En øget forgrønnelse af byen kan hjælpe til at opsuge, forsinke og fordampe regnvand, således at risikoen for oversvømmelser bliver reduceret. Denne egenskab bliver stadigt mere relevant i forbindelse med klimaforandringerne, idet størrelsen af de ekstreme regnhændelser øges gradvist. I Danmark, hvor vi i byerne generelt har kombinerede kloaksystemer, bliver det ekstra vigtigt, da en oversvømmelse potentielt kan komme til at bestå af ikke bare regnvand, men også spildevand fra bl.a. toiletter. Således anses dette nu i vores klimazone for en af de absolut vigtigste kvaliteter. (Se evt. et eksempel på dette i referatet af vores besøg på Augustenborg i Malmø, bilag 1.7)

Dog er de grønne områders vandhåndteringskapacitet årstidsafhængig, da den øgede hyppighed af regnhændelserne om vinteren, kombineret med en nedsat fordampning grundet lavere lufttemperaturer, betyder højere mætningsgrad og dermed lavere sugeevne. Københavns kommune har i samarbejde med bl.a. Rambøll udviklet et katalog over de grønne teknologier og deres vandhåndteringsevne, som er tilgængeligt på kommunens hjemmeside.

Varme-ø-effekt og energiforbrug:
Da den samlede termiske masse og de store befæstede arealer med mørke, impermeable overflader er hovedårsagen til, at tætte byer genererer øget varme i forhold til sine omgivelser, kan byforgrønnelse bidrage til at reducere varme-ø-effekten. Parker, træer og anden beplantning nedkøler

"Increasing greenspace cover by 10 % can potentially eliminate the effects of climate change on increasing surface temperatures. However, reducing greenspace cover by the same percentage could increase surface temperatures by up to 8,2 °C under the 2080s high scenario. The role of greenspace as a climate change adaptation strategy is therefore clear." - ASCCUE, 2006

luften via skyggeeffekt og omdannelse af solenergi til fordampning frem for varme. Temperaturen kan således være mellem 2-3^{0}C lavere i byens parker end i deres omgivelser om sommeren. I England har man målinger på helt op til 12^{0}C temperaturforskel mellem by og land. Dette kan endvidere medvirke til, at energiforbruget til nedkøling i bygninger bliver reduceret. Da temperaturerne forventes at stige, bliver også denne kvalitet stadigt mere betydningsfuld.

Mikroklima i byen

Grønne arealer kan være med til at nedbryde CO_2 og rense luften for forureningsstoffer vha. de kemiske processer, der foregår under fotosyntesen. Dette gavner byens mikroklima, bl.a. også da ilt bliver dannet ved samme proces. Træer kan absorbere og lagre mere CO_2 jo højere, jo større og jo mere tætte de er. COWI har i samarbejde med Københavns kommune regnet sig frem til, at plantning af 1000 træer af 8-16 meters højde vil kunne opveje over 7300 tons CO_2.

Øget biodiversitet:

Byforgrønnelse kan også vise sig at have en biologisk gevinst set i en urban kontekst. Stigende udvikling af byens befæstede areal kan medføre en mere fragmenteret opdeling af de naturlige arealer, hvilket kan resultere i, at nogle dyrearter, herunder især insekter og fuglearter, kan få sværere levevilkår og i værste tilfælde uddør. En systematisk begrønning af byens golde flader kan medvirke til at opretholde et mere stabilt levegrundlag for disse truede insekt- og fuglearter via en sammenhængende grøn infrastruktur.

Øget velbefindende i byen:

Undersøgelser af helbredsmæssige sammenhænge med det grønne aspekt i en urban kontekst indikerer, at mennesket kan have et behov for at være i fysisk eller visuel kontakt med naturen. Byforgrønnelse kan have en rekreativ effekt på vores velvære og sundhed - det kan modvirke stress, give anledning til flere udendørs aktiviteter og øget motion samt virke beroligende (Zubevich og Kipling, 2004). Nogle andre undersøgelser peger på, at udsigten til det grønne i form af parker, træer og lign. fra arbejdspladsen, hjemmet og/eller i byrummet kan have nogle positive effekter på mennesket og dets sociale adfærdsmønstre samt psykologiske tilstand (Kaplan , 1993).

Figur 3.1: High Line i New York er et eksempel på hvorledes grønne overflader kan skabes i eksisterende og tæt bebyggede områder. Foto: wordpres.com

Æstetik:

Det grønne element kan også have en æstetisk virkning i bybilledet, som kan være med til at højne den visuelle kvalitet af byens bygninger, gader og

Figur 3.2: Et eksempel på en grøn væg af kunstneren Patrick Blanc. Foto: Tilsendt af Patrick Blanc fra Paris

opholdsrum. Bl.a. kan byforgrønnelse bidrage med mange forskellige farve/nuancer i byen, som kan variere året rundt. I nyere tid har den franske botanikker og kunstner Patrick Blanc bl.a. skabt begejstring verden over med sine vertikale grønne haver på murene i adskillige storbyer.

Men der er også mange eksempler på historiske bygninger, der er forskønnet med alt fra klatreplanter til taghaver, mens alléer og boulevarder ligeledes hovedsagelig kendetegner de mere fornemme byområder. Byens parker og små oaser benyttes og værdsættes desuden af mange for deres skønhed.

Reduktion af støj:
Byens koncentration af trafik, mange mennesker, byggepladser og aktiviteter er bl.a. årsagen til et forhøjet støjniveau i forhold til de rurale omgivelser. De mange hårde overflader fremkalder en akustik, hvor lydbølgerne bliver kastet rundt i byrummet, som blot forstærker larmen. Dette høje støjniveau kan have en negativ effekt på vores koncentration og i sidste ende på vores velvære. Bløde, brudte overflader som grønne arealer kan derimod absorbere de høje lyde til en vis grad og samtidig decelerere og sprede lydbølgerne, således at lydene modtages i en mere behagelig form.

Begrønning på eller mellem husene

Byforgrønnelse kan realiseres på mange forskellige måder og er allerede blevet praktiseret flere steder i verden. Eksempelvis Canada, Tyskland, Holland og Sverige er langt fremme med, hvilke virkemidler der fungerer – lande som vi ofte sammenligner os med herhjemme, men i Danmark halter vi alligevel noget bagefter. Det kan være svært for ikke-eksperter at få et overblik over udbuddet af grønne teknologier samt hvilke positive og negative egenskaber, de hver især har. Dette bevirker, at det ofte forekommer lettere at lade helt være. Der er mange kriterier, som skal opfyldes – økonomi, holdbarhed, vedligehold, vægt, effektivitet, æstetik og funktion er blot nogle af de punkter, som vil blive overvejet.

Der er kommet mere fokus på grønne tiltag igen det seneste år, så udviklingen er så småt skudt i gang (Bilag 1.6), men der er lang vej endnu, og hvis de skal inddrages som klimatilpasningsstrategi, er der behov for mere viden angående de konkrete effekter, således at offentlige og private aktører har et troværdigt beslutningsgrundlag. Der er to grundlæggende steder i byen, man kan begrønne: på

bygningerne eller i diverse byrum. Mange af fordelene er de samme i begge tilfælde, jf. ovenstående generelle kvaliteter, men der er alligevel nogle forskelle, som bør fremhæves.

Byrum

Begrønning mellem husene handler i høj grad om at begrænse mængden af befæstede arealer i gadeplan til fordel for flere rekreative tiltag. I mange tætte byområder, herunder i København, er der stadig mange områder mellem husene, som rummer potentialer for konvertering til grønne arealer – lommeparker, grønne gårdrum, beplantning langs fortove, brandveje, rabatter mm.

ByhaveNetværket, som blev dannet i 1995 med inspiration fra Green guerillas i New York, har gjort en stor indsats for at få skabt flere smukke og rekreative mellemrum i byen. De udgav i 2002 bogen "Gør byen lidt vildere! Økologiske byhaver – fra idé til virkelighed" med vejledning og gennemgang af en række inspirationsprojekter.
Kolonihaver er også et vigtigt element i mange storbyer, hvor byboerne får mulighed for at have et lille stykke natur til dyrkning af alt fra blomster til grøntsager og samtidigt kan opleve en pause fra byens intense livsstil. Men de kan være svære at få markant indflydelse på for offentlige beslutningstagere, da kolonihaveejerne gerne værner om deres fristed med stædig ildhu (bilag 1.8).

Det er altså ikke nyt, at begrønning af byrum forbindes med bæredygtig byudvikling og positive kvaliteter. Dog bidrager klimaforandringerne med nye argumenter for dette – nogle ret afgørende argumenter i form af potentielle økonomiske fordele og modvirkning af mulige katastrofer som følge af ekstremregn og hedebølger.

Mht. håndtering af regnvand er der dog nogle problematikker i den tætte by: Da undergrunden kan være sårbar over for intensiveret nedsivning, er det afgørende, at overfladearealet er så stort som muligt, så der gives reel mulighed for fordampning. Dette kan mange steder kollidere med de eksisterende funktioner i byrummene – i eksempelvis Augustenborg i Malmø udtrykte beboerne bekymring for, at etablering af regndamme ville omdanne "brugbare" arealer til "uudnyttelige" vandoverflader. Hvis nedsivningsarealet bliver for småt i forhold til regnmængden, bliver der risiko for forsumpning, især i områder hvor grundvandet ligger højt, eller

Figur 3.3:Byhavenetværket igangsætter selv eller støtter igangværende projekter der bidrager til flere grønne områder i byerne. Her er en gårdhave, men også gadehjørner eller firmahaver kan omdannes til vigtige brikker i byens grønne struktur. Foto: byhavenetværket.dk

Figur 3.4: Harrestrup Å er udgangspunktet for forskningsprojektet 2BG. Foto: Fra 2BG seminar (bilag 1.8)

hvor jordkvaliteten har en meget lav porøsitet. I forbindelse med 2BG-casen Harrestrup Å vurderes det dog, at minimum de første 10 % af området kan afkobles uden bekymring over dette.

Et andet problem ved nedsivning især i historiske byområder er mængden af forurening på vejarealer og i undergrunden – fra tidligere industribrug, trafik mm. Det er svært at kortlægge, hvor disse forureningslagre befinder sig, da de kan bevæge sig i jorden, og da visse historiske aktiviteter ikke er tilstrækkelig kendt. Men der arbejdes på at løse dette problem vha. dobbeltporøs filtrering (se bilag 1.8).

Vedrørende den termiske komfort i fremtidens byer kan beplantning af byrum være afgørende. Byrummene er dér, hvor man færdes mest, og effekten på mikroklimaet er derfor meget mærkbar. Især store træer i gadeplan gør en forskel i kraft af deres tætte bladhang:

> *"Mature trees are particularly important in terms of shade provision and water capture!" - ASCCUE, 2006*

Der er også en rigtig stor effekt at hente i større parker og bynære skove, men da vi hovedsagelig arbejder med begrønning i den tætte by, er det potentiale ikke så relevant i denne sammenhæng – det er sjældent, der er mulighed for at etablere nye parker af betydelig størrelse i de indre byområder, og dette emne behandles således ikke videre her. Blot anbefales det, at eksisterende parkområder så vidt muligt ikke inddrages til yderligere bebyggelse i tætte byområder, da dette vil forstærke varme-ø-effekten. Nedenfor behandles endvidere en række teknologier til vandhåndtering i byrum, som også kan benyttes til at optimere kapaciteten i eksisterende parkområder.

Bygninger

I tæt bebyggede områder ligger husene som regel placeret langs trafikårer, hvor muligheden for at forgrønne i byrummene er begrænset. De høje bygninger giver desuden dårligere levevilkår for beplantningen pga. reduceret sollys. Det er derfor oplagt at undersøge, hvilke andre flader der optræder på byens forskellige niveauer: Bygningernes overflader udgør i tætte byområder et meget større overfladeareal end de omkringliggende byrum. Alene tagene kan udgøre omkring 32 % af de horisontale flader i de tættest bebyggede områder (Frazer, 2005). Men trods dette er det som regel hovedsagelig byrummene, man forbinder med mulighed for begrønning. Således bør potentialet for begrønning af bygninger afklares nærmere. Allerede i forbindelse med miljøbevægelsen i 70'erne og 80'erne, hvor de første mere alvorlige spørgsmål om klimaet kom frem, udvikledes en stigende in-

Figur 3.5: Samir Kassir Square i Beirut er bygget op omkring to gamle cypresser der giver skygge på varme dage.
Foto architecturelist.com

Figur 3.6: Taghaven på Danmarks Nationalbank er tegnet af Arne Jacobsen. Foto: nationalbanken.dk

teresse for at bringe naturen tilbage til byen. Især Tyskland tog konsekvensen deraf og udviklede incitamenter for grønne tiltag på tage og mure. Dette spredte sig dog ikke rigtig videre til det øvrige Europa dengang, og mens Tyskland er blevet teknologisk forgangsland for begrønning af bygninger, har udviklingen i Danmark stået næsten stille i en årrække (Köhler, 2008).

En af fordelene ved at inddrage bygninger frem for byrum i forbindelse med byforgrønnelse og klimatilpasning er, at disse arealer sjældent er udnyttet aktivt på forhånd – man kompromitterer således ikke nogle af de andre funktioner i byen på denne måde.

Der er få risici ved principperne for vandhåndtering på bygninger, da tiltagene fungerer som et mere "lukket" system: Vandet absorberes så vidt muligt af den grønne beklædning og tilbageholdes derved på selve bygningen, hvorfra det fordamper igen via evapotranspiration (Toft, bilag 1.8 og Johansen, bilag 1.5). Overskydende vand rinder af bygningen og kan ledes videre i den ønskede retning.

Effekten på den termiske komfort vil afhænge af både størrelsen og typen af teknologi: Væggene vil i reglen være tættere på opholdszonen og således virke mere direkte på luftkvaliteten, vindhastigheden og temperaturen. Dog er tagfladerne oftest mere direkte udsat for solstråling, og en høj andel har desuden sort/mørk beklædning, der absorberer varmen, hvilket bevirker, at de er en central brik i udviklingen af varme-ø-effekten.

Ydermere kan begrønning af bygninger i højere grad end byrum have indflydelse på indeklimaet, da planterne danner et beskyttende lag, hvorved varmeudvekslingen mellem ude og inde nedsættes i begge retninger. Derved styrkes også bygningernes modstandsdygtighed.

Til gengæld er der på bygninger et spørgsmål om bæreevne, som kan nedsætte potentialet, idet de grønne tiltag, især når de fyldes med vand, kan have en afgørende vægt.

Prioritering

På baggrund af disse overvejelser kan man konkludere, at det umiddelbart er mindst kompliceret og risikabelt at aflede regnvand via grønne tiltag på bygningerne. I forbindelse med klimatilpasning bør man således håndtere mest muligt her, før man leder vandet ned i jorden. Ydermere er det dette felt, hvor man især mangler et overblik over det faktiske potentiale. Fokus for det videre arbejde i dette projekt er derfor at afdække potentialerne ved grønne tage og vægge, hvorimod grønne teknologier i gadeniveau kun inddrages som mulige supplementer, i erkendelse af at begrønning af bygninger i mange tilfælde ikke vil være tilstrækkeligt til at løse problemerne med klimatilpasning.

Figur 3.7: Eksempel på et ekstensivt grønt tag fra Augustenborg, Sverige. Eget foto fra Augustenborg

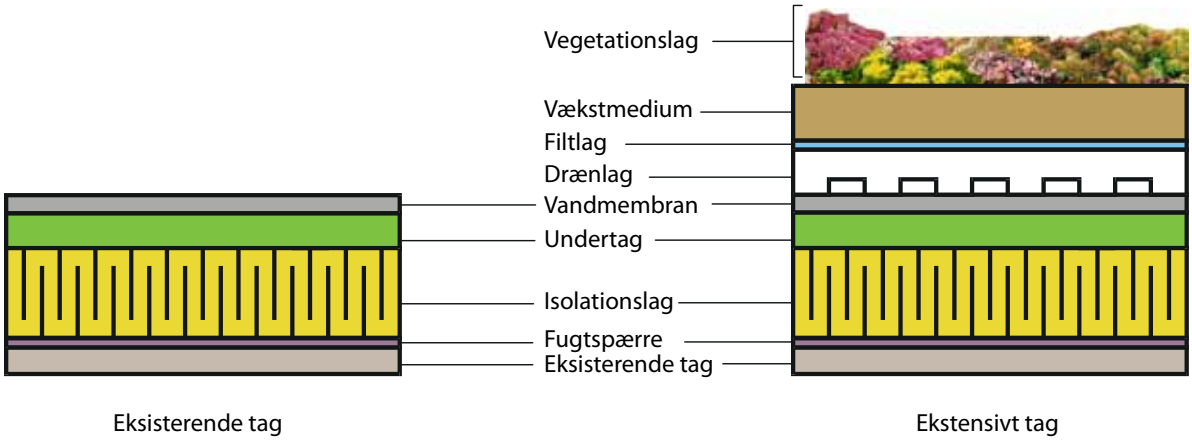
Klimatilpasning: Grønne tage

Kombinationen af det byggede miljø og det naturlige miljø er reelt en mulighed på byens top. Vegetation på tage er en kendt metode til at forgrønne byen, og der skelnes ud fra vækstlagets og vegetationens beskaffenhed mellem to kategorier: intensive og ekstensive tage. De bruges meget forskelligt, og valget afhænger især af det eksisterende tags karakter, samt den ønskede funktion og effekt. Nogle steder arbejdes der desuden med en "gylden mellemvej" kaldet semi-intensive tage.

Klassificeringer

Ekstensive grønne tage

Det ekstensive grønne tag er en lavtgroende måtte eller kassette, hvori planterne hovedsageligt består af tørkeresistente arter såsom mos, sedum-urter, græs eller andre mindre plantetyper med minimum behov for vedligeholdelse. Tykkelsen på det ekstensive tag kan variere fra 20 mm til 200 mm og det vejer mellem ca. 35 - 170 kg/m^2. Det betyder bl.a., at det eksisterende tag som regel ikke skal



Eksempel på opbygning af et ekstensivt grønt tag Figur 3.8- egen illustration

understøttes yderligere, da mange tage allerede er dimensioneret til at kunne bære et tegltag (Jesper Christensen, bilag 1.6). Vegetationslaget består af meget vejrresistente planter, og behovet for vedligehold er således minimalt. Dette gør ekstensive tage ideelle til f.eks. tagarealer, som er mindre tilgængelige eller synlige. Almindeligvis er det opbygget af et vegetationslag groende på et vækstmedium af jord el.lign. over et filtlag, samt et underliggende drænlag, som fører det overskydende vand videre til de nærmeste tagrender. Filtlaget holder mudder og andre partikler væk fra drænlaget, således at det ikke bliver stoppet til.

Drænlaget ligger, alt efter valget af planter, enten direkte på tagpappet eller på en rodfast vandmembran, som sørger for at planternes rødder eller overskydende vand ikke trænger ned og forårsager skade på det eksisterende undertag(Louise Lundberg, bilag 1.7).

I nogle tilfælde er det desuden nødvendigt med et vandholdende lag, for at vegetationen ikke skal udtørre. Dette kan især være afgørende ved høj taghældning eller mindre resistente arter.

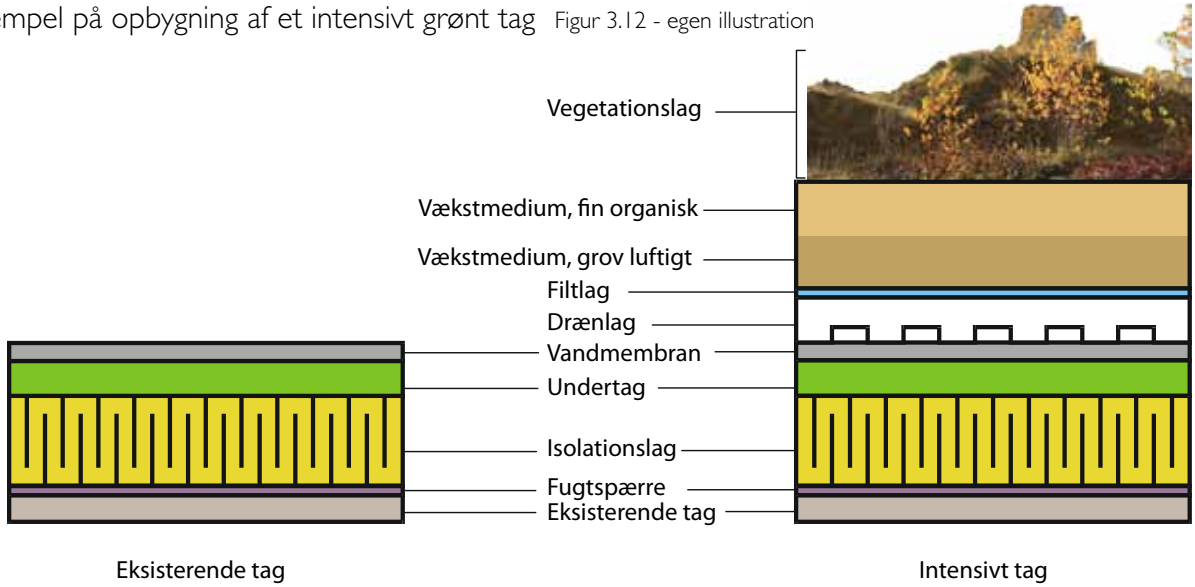
På udsatte beliggenheder er det desuden afgørende med et erosionslag, for at sikre at resten af lagene ikke blæser af(Louise Lundberg, bilag 1.7).

Figur 3.9: I Augustenborg, Sverige viser Louise Lundberg Sedumlagenes beskaffenhed - her med underlag af polstring fra gamle bilsæder. Eget foto fra Augustenborg

Figur 3.11: Nykildes baghave og de omkringliggende marker er tilgroet med Sedum-måtter. Eget foto fra Slagelse

Figur 3.10: Hos Nykilde Frø anvender de mange forskellige Sedumplanter. Eget foto fra Slagelse

Eksempel på opbygning af et intensivt grønt tag Figur 3.12 - egen illustration



Intensive grønne tage/taghaver

Intensive grønne tage er taghaver med større og tungere vegetation såsom planter, buske og mindre træer. Teknisk set er det intensive tag opbygget på nøjagtig samme måde som det ekstensive, bortset fra at vækstmediet er betydeligt dybere pga. den tilsvarende større vegetation. Vækstmediet kan variere fra 200 mm op til 400 mm og består af et fint organisk jordlag med et underliggende groft jordlag. I princippet er det bare de haver, som vi kender fra mindre lommeparker og grønne områder i gadeplan, der er lagt op på byens tag – hvilket faktisk også til tider kan være i gadeplan, da denne teknologi gerne bruges oven på parkeringskældre og lign. Selvom forskellen mellem det ekstensive og det intensive tag synes at være minimal, er der væsentlige forskelle mht. fordele og ulemper. Forskellen ligger fortrinsvis i vækstmediet og vegetationslaget, som i grove træk er dikterende for karakteristikken. Det intensive tag vejer mellem 290 – 970 kg/m^2, hvilket betyder, at den pågældende bygnings (tag-)konstruktion som regel kun kan bære det, når det er dimensioneret herefter på forhånd (Dunnett og Kingsbury, 2004). Intensive tage kræver dermed væsentlige anlægsudgifter og også mere vedligeholdelse i kontrast til de ekstensive. Derimod kan man ofte aktivt benytte de inten-

Figur 3.13: Eksempel på et Intensivt grønt tag fra Augustenborg, Sverige. Eget foto

Figur 3.14: Et intensivt tag kan formes således at man kan benytte som var det en have med stier og større blomster, planter og små træer. Nederst til højre: Her har en landskabsarkitet designet en stålinstallation på det intensive tag. Egne fotos

sive taghaver til ophold og lign, da det eksisterende tag er dimensioneret derefter. Dette betyder også at intensive tage mest egner sig til forholdsvis vandrette flader, hvorimod ekstensive tage også kan benyttes på meget skrå flader.

Semi-intensive

Blandingen af de to ovennævnte kategorier udmunder i et såkaldt semi-intensivt tag med en vægt og en tykkelse derimellem. Den ekstra tykkelse giver større variationsmuligheder i udformningen og plantevalget end det ekstensive tag, men de grundlæggende egenskaber er dog stadig begrænsede i forhold til det intensive. Udtrykket kan varieres vha. eksempelvis polystyren, som har meget lav vægt i forhold til rumfanget. (se bilag 1.7)

Fokus

Intensive tage er mere effektfulde som klimatilpasningsmiddel end ekstensive tage pga. vækstmediets tykkelse og vegetations størrelse. De kan håndtere større mængder vand, er bedre CO_2-nedbrydere, da vegetationen er højere og mere frodig, er bedre isolatorer og er tilmed mere synlige i bybilledet. Men intensive tage vejer også betydeligt mere. Der er ikke mange bygninger i København, som er dimensioneret til at kunne bære en mervægt svarende til et intensivt tag. Selv ved en statisk understøttelse af et eksisterende tag vil der være risiko for, at selve fundamentet til bygningen vil bukke under. Dette kan have en afgørende betydning for anlægsøkonomien. I Augustenborg var det muligt at lave små semi-intensive haver på ned til 250 kg/m^2. Den eksisterende tagkonstruktion skulle dog stadig understøttes statisk (Augustenborg, bilag 1.7). Derfor kan man godt forestille sig, at der er nogle få tage i København, som kan få installeret et intensivt tag. Men set i et større bymæssigt perspektiv vurderer vi, at intensive tage generelt er urealistiske som klimatilpasningsmiddel. Derfor retter vi vores fokus mod de ekstensive tage, som kan etableres på tage med rejsning op til 45^0 og endnu stejlere hvis teknologien bliver udviklet yderligere (Jesper Christensen, bilag 1.6). Dette gør de ekstensive tage mere anvendelige i en by som København med mange stejle tage, som statisk er bedre egnet til en egenvægt, der svarer til et tegltag, ca. 45 kg/m^2. Dette betyder, alt efter det eksisterende tags beskaffenhed, at der minimalt eller slet ikke skal laves statiske understøtninger.

Figur 3.15

Egenskaber

Regnvandshåndtering

En vigtig egenskab ved grønne tage er evnen til at kunne tilbageholde eller reducere afstrømningen af regn til kloaksystemet. Det meste af regnvandet bliver optaget i vegetationslaget eller i vækstmediet. Alt afhængig af opbygningen af det grønne tag, vil regnvandet umiddelbart fordampe, tilbageholdes eller forsinkes i højere eller mindre grad.

Flere indgående undersøgelser har tidligere fremvist, at med et velinstalleret og frodigt ekstensivt tag, kan man opsuge store mængder regnvand, hvorved noget langsomt bliver frigivet over tid til enten kloakken eller ved fordampning – i modsætning til konventionelle tage, hvor regnvandet bliver ledt direkte til kloakken.

I Københavns kommune katalog om grønne tage fra 2009, har man lavet en oversigt over de ekstensive tages vandhåndteringsevne ud fra dybden på vækstmediet (se figur 3.16) Disse procenter er angivet som et gennemsnit over hele året. Dog angiver andre kilder, at vandhåndteringsevnen varierer væsentligt henover hele sæsonen.

I rapporten Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology har man således gjort sig nogle yderlige undersøgelser, som kan konkludere følgende: Et ekstensivt tag kan alt efter opbygning, dybde på vækstmediet og regnintensiteten absorbere eller tilbageholde 60 % -100 % (Thompson et al. 1998). Ekstensive tage er imidlertid sæsonafhængige og kan ifølge Zincos planning guide tilbageholde 70 % til 90 % i sommerhalvåret, afhængig af frekvensen på regnen og tørkeperioderne, og i vintermånederne kan de ekstensive tage tilbageholde mindre mængder, 40 % - 50 %, da det ofte er fugtigere i vejret, og planternes fordampningstid derved er længere (Zinco Roof Gardens, 1997).
Dette kan dog variere alt efter de lokale vejrmæssige betingelser. Mængden, der kan opsuges, afhænger af nogle helt bestemte faktorer, som groft kan opdeles efter fem punkter (se næste side):

Beplantning	Tykkelse af vækstlag mm	Afløbskoefficient
Mos og stenurt	20 - 40	0,60
Mos, stenurt og andre mindre planter	60 - 100	0,50
Græs og mindre planter	150 - 200	0,40
Græsplæne og større planter / mindre træer	> 500 mm	0,10

Type of green roofs and vegetation	Depth required for growing medium (cm)	Water retention – annual average (% of total rainfall)
Extensive green roofs		
Moss-sedum	2 to 6	40 to 45 %
Sedum-moss-herbaceous plants	6 to 10	50 %
Sedum-herbaceous-grass plants	10 to 15	55 %
Grass-herbaceous plants	15 to 20	60 %

Figur 3.16: Estimater på ekstensive tages vandhåndteringsevner ud fra tykkelsen på vækstmediet. Øverst: Københavns kommune LAR katalog og nederest: Fra Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto.

1) Dybden på vækstmediet - angiver hovedsageligt opsugningsstørrelsen, da det er her, vandet bliver opmagasineret.

2) Opbygningen af det specifikke grønne tag – bl.a. hældning, materialer og design

3) Vegetationens beskaffenhed - da planterne har en afgørende betydning for fordampningsprocessen.

4) Størrelsen og intensiteten af nedbøren - da regnvandet til sidst mætter det grønne tag. Størst om sommeren.

5) Frekvensen mellem nedbørshændelserne - kan betyde at det grønne tag allerede er helt eller delvist mættet. Frekvensen er højest om efteråret.

Bl.a. har man i Tyskland lavet forsøg med forskellige dybder på vækstmediet ved ekstensive tage, hvor resultater har vist at et 20 – 40 mm. dybt grønt tag kan tilbageholde 40 – 45 % af regnen, og 100 – 150 mm grønt tag kan tilbageholde op til 60 % (Liesecke, 1998).

I varme sommerperioder hvor vegetationen og vækstmediet er tørrere, sker der en yderligere fordampning og opsugning(absorption), som bevirker en forøgelse på 11 % på det ekstensive tag.

Ved længerevarende regnperioder uden afbrydelser bliver det ekstensive tag gradvist mættet og mister evnen til at absorbere og delvist evnen til at kunne tilbageholde vandet. Regnvandet vil da løbe af på oversiden af vegetationslaget og fungere som et konventionelt tag (Liesecke et al. 1993).

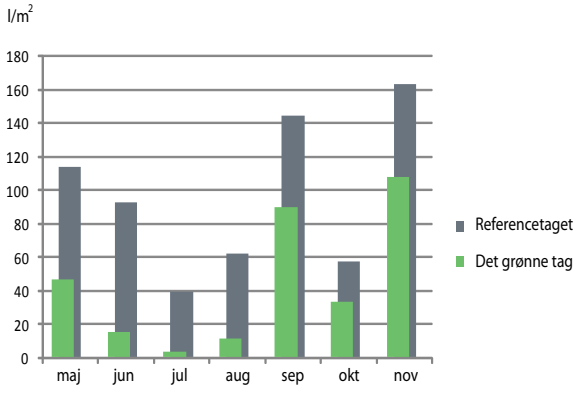
Noget vand vil dog stadig filtrere ned gennem vækstmediet og skabe en lille forsinkelse (Jesper Christensen, bilag 1.6).

Andre studier med ekstensive tage har vist lignende resultater med målinger foretaget over en tidsperiode på 15 måneder, hvor det samlede resultat var en reduktion på 69 %. Men hvor det i december til marts kunne tilbageholde en middelværdi på 59 %, kunne det fra april til november tilbageholde 92 % (Liptan et al. 2003).

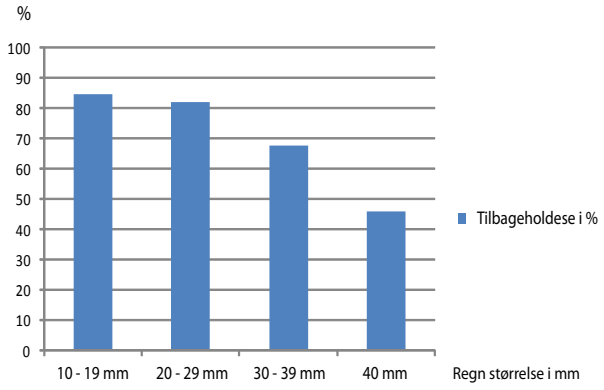
I North Carolina har man kunnet påvise, at ekstensive tage kan tilbageholde op mod 100 % henover sommeren. Men dog ikke i tilfælde af gentagne, længerevarende regnperioder, hvorved det ekstensive tags vandhåndteringsevne langsomt blev reduceret fra 75 % til 32 %. Ud fra disse studier kunne man konkludere, at opmagasineringsevnen er afhængig af størrelsen, intensiteten og tiden mellem nedbøren (Jennings et al. 2003).

Et andet studie viser at ekstensive tage kan tilbageholde 61 %. Men hvis det regner dagligt mere end 6 mm, falder reduktionen til 50 % og hvis det dagligt regner mindre, er reduktionen 98%. Studiet viste ligeledes, at det grønne tag i forhold til et konventionelt tag kan tilbageholde en maksimal vandløbsmængde i mellem 2 og 4,5 time (Rowe et al. 2003).

Referenceprojektet fra Toronto (bilag 2.1) viste også, at det ekstensive tags evne til at tilbageholde regnvandet gradvist dalede i takt med øgede nedbørsmængder. I disse målinger opdelte man regnen i 4 forskellige grupper efter mængde: 10-19 mm, 20-29 mm, 30-39 mm, samt over 40 mm. Resultatet var, at det ekstensive tag kunne tilbageholde regnvandet med henholdsvis 85 %, 82 %, 68 %, og 46 %. Se figur 3.18.

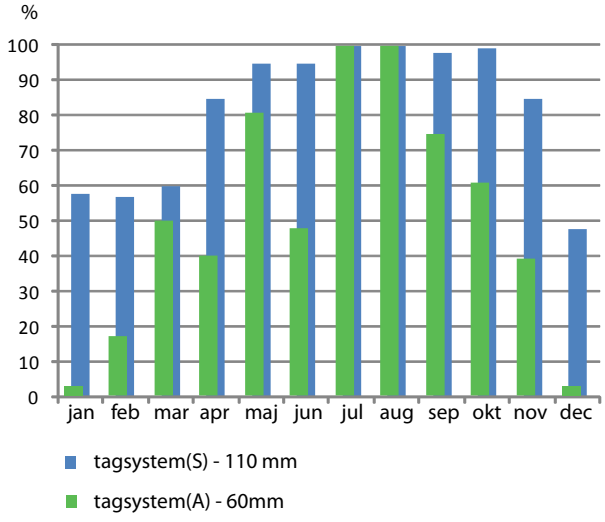


Figur 3.17: Diagrammet viser forskellen i afløbsmængden mellem det grønne tag og referencetaget. Egne diagrammer ud fra målingsresultaterne i Referenceprojektet (bilag 2.1)



Figur 3.18: Diagrammet viser en tendens til at det grønne tag gradvist mister evnen til at håndtere regnmængder jo større nedbøren er. Egne diagrammer ud fra målingsresultaterne i Referenceprojektet (bilag 2.1)

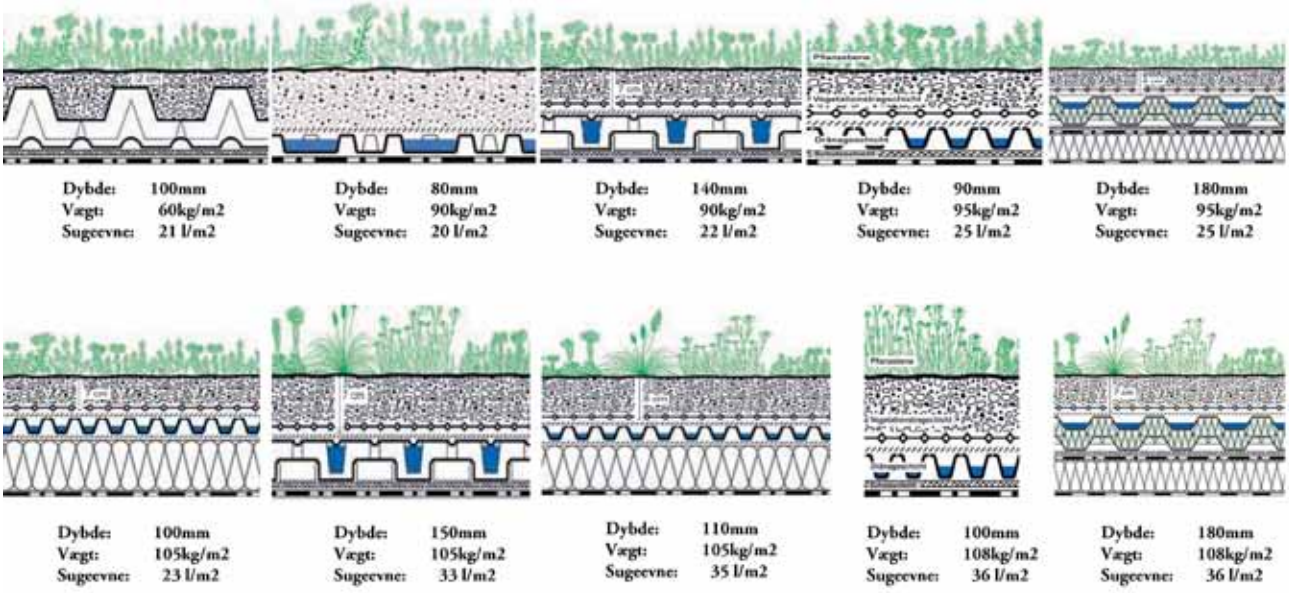
Refererenceprojektet fra Portland (bilag 2.2) gav også en indikation af, hvor stor betydning dybden på vækstmediet har for vandhåndteringsevnen. Selvom byen ikke har de helt samme vejrforhold som Danmark, kan man godt overføre nogle af observationerne. Portland er en kystby ligesom København og dens vejrforhold kan godt minde om, hvad vi imødegår af vejrforhold i Danmark i fremtiden, især om efteråret og om vinteren. Under mere ekstreme klimaforhold, hvor der alene falder ca. 860 mm regn i vinterhalvåret, kunne et 60 mm ekstensivt tag i nogle måneder næsten miste vandhåndteringsevnen, mens et 110 mm ekstensivt tag var mere stabilt gennem vinterhalvåret. Ud fra dette kunne man konkludere, at større dybde betyder mere effektivitet og stabilitet (Doug Hutchinson et al. 2005) se figur 3.19.



Figur 3.19: Diagrammet viser den procentmæssige tilbageholdes fordelt over månederne for to ekstensive tage med forskellige tykkelser. Egne diagrammer ud fra målingsresultaterne i Referenceprojektet (bilag 2.1)

Vækstmediets dybde er dog langt fra den eneste afgørende faktor for sugeevnen. Man må undersøge de specifikke egenskaber for den enkelte teknologi – opbygning, drænmateriale, hældning osv. spiller alt sammen ind. Se figur 3.20:

Hældningen på det pågældende tag kan have en indflydelse på graden af afstrømningen, hvor nogle forsøg viser, at jo mindre hældning, des bedre tilbageholdelse (Jeffrey A. Andresen et al. 2007) mens andre studier konkluderer, at der ikke nødvendigvis er nogen forskel (Lars Bengtsson et al. 2004). På nuværende tidspunkt kan man producere ekstensive grønne tage med op til 45° hældning, mens 30° er mere standard (Christensen og Lundberg, bilag 1.6 og 1.7). I sammenligning med konventionelle tage viser det sig, at ekstensive tage ikke kun



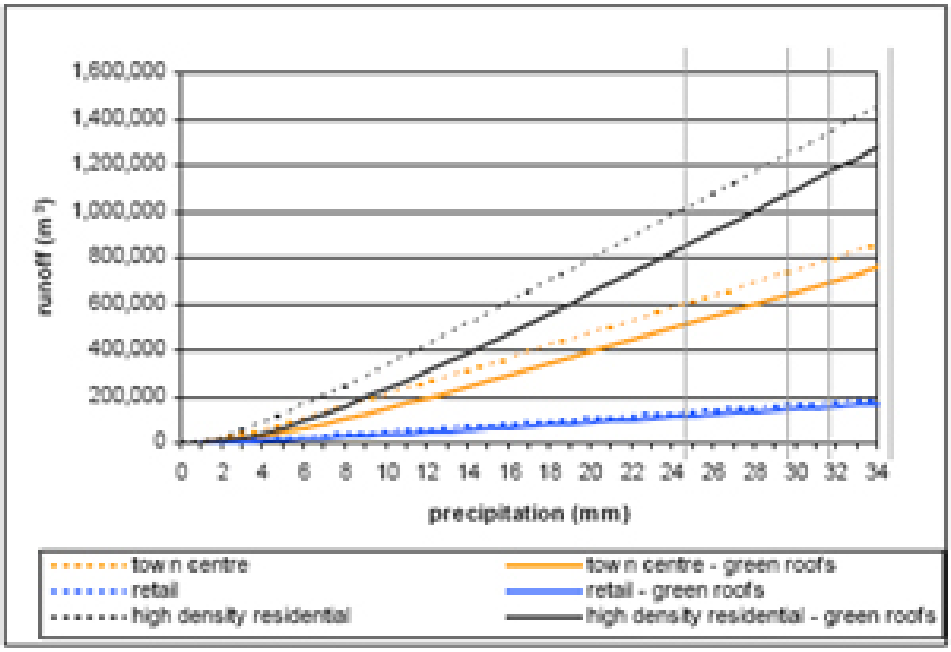
Figur 3.20: Illustrationen viser en samling af forskellige ekstensive tagsystemer som Zinco udbyder. Illustration: Zinco Roof garden.

kan tilbageholde større mængder af regnvand, men også filtrerer nogle urenheder fra, som ligger på byens tage, når regnvandet løber gennem vækstmediet (Dramstad et al. 1996).

I England har en undersøgelse af ekstensive tages potentiale for forskellige typologier af byområder givet afløbsresultater for hhv. bycentre, handelsområder og tæt beboelse, se figur 3.21.

Det ses, at virkningen er størst i de fortættede beboelsesområder, hvor de grønne tage kan optage næsten 200.000 m³ regnvand, hvilket svarer til 1/7 af det samlede regnfald i disse områder.

Dette underbygger således, at det giver god mening at implementere ekstensive tage især i tætte byområder.



Figur 3.21: Grønne tages tilbageholdelse af regnvand i forskellige bymæssigheder.
Illustration: ASCCUE

Ekstensive tage kan potentielt reducere behovet for at nedkøle bygninger i sommerperioden, da planterne giver skygge og samtidig omdanner solens stråler til fordampning frem for varme, mens vækstlagene kan virke som en isolator på taget og dermed forhindre solens direkte stråler i at opvarme bygningen. Afhængig af vegetationstypen og dybden på vækstmediet kan dette have betydning for varmereduktionen.

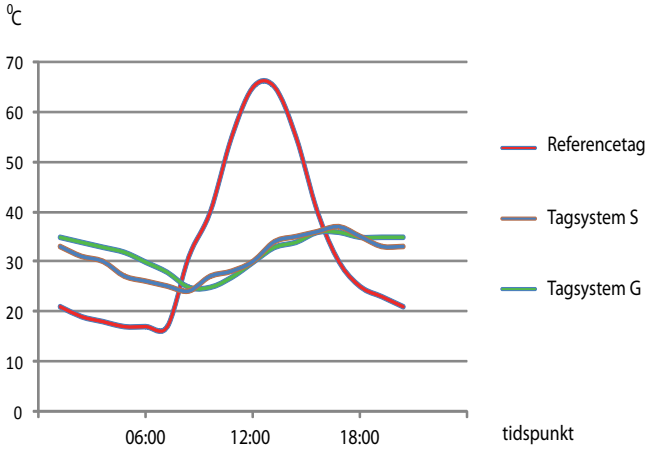
Ifølge referenceprojektet fra Toronto (Bilag 2.3) kan det på en varm sommerdag på ca. 30^{0}C blive omkring 66^{0}C på oversiden af et konventionelt tag. Se figur 3.22. Med henholdsvis et ekstensivt tag på 70 mm og 100 mm kan dette reduceres til 36^{0}C - 38^{0}C Set gennem hele året reducerer de ekstensive tagsystemer den gennemsnitlige varmeledning i forhold til et konventionelt tag. Om sommeren mellem 70 – 90 % og mindre om vinteren mellem 10 – 30 % (Liu, K. og Minor, J, 2005).

Cowi har bl.a. lavet nogle vurderinger og beregninger på den potentielle akkumulerede fjernvarmebesparelse ved etablering af ekstensive tage, som svarer til 2 KWh om året pr. m^2. (Klimaplan 2015 – virkemiddelkatalog for byudvikling)

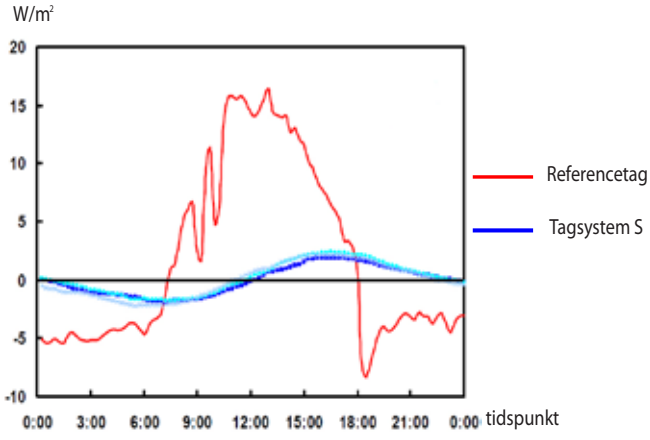
Også for vind og kulde kan de ekstensive tage danne en buffer mellem ude og inde, som dog mindskes af det faktum, at tagkonstruktioner som regel har et ventileret hulrum mellem tagbeklædningen og isoleringen. Ydermere udlignes denne funktion når jordlaget bundfryser i frostvejr (Liu, K.; Minor, J, 2005).

Sol, vind, vejr og skiftende temperaturer medvirker også til en forringelse af tagets levetid. Især bitumen-baserede vandmembraner mørnes når udsat for solens UV stråling, hvilket gør taget skrøbeligt. Men med en fysisk beskyttelse og en reduktion i temperaturvariationen kan grønne tage medvirke til at beskytte og forlænge tagets levetid. Nogle grønne tage i Berlin har holdt i over 90 år uden større behov for reparationer (Porsche and Köhler, 2003). Til sammenligning kan tagpap under optimale forhold holde i 40-50 år (ICOPAL), mens man nok i praksis nærmere regner med 25-30 år (Pedersen Rådgivende Ingeniør, 2009).

Figur 3.22: Sommer: Temperaturen på tagoversiden på de forskellige tagsystemer. Heraf ses at temperaturen på referencetaget er langt højere end to to øvrige ekstensive tage. Egne diagrammer ud fra målingsresultater i Referenceprojektet Liu, K.; Minor, J. (bilag 2.2)



Figur 3.23: Sommer: Varmeflowet gennem taget på en typisk sommerdag. Heraf ses at flowet er meget mere stabilt på det ekstensive tag(blå linje) end på et almindeligt tag.
Illustration: Fra Liu, K.; Minor, J. Rapport (bilag 2.2)



Æstetik

Ekstensive tage kan bestå af flere forskellige farverige plantetyper, såsom græs, mos og Sedum-urter.

De fleste mos-arter egner sig til at stå i meget nærringsfattig jord og kan derfor overleve under lange tørkeperioder uden at få næringstilførsel. Meget af den næring, de behøver, kommer enten fra regnvand eller andre stoffer i luften. I vinterhalvåret bliver de mere fremtrædende end eksempelvis sedum, som vokser bedst i sommerhalvåret, hvilket gør mosset til et godt supplement til sedum på et ekstensivt tag. Mos er ofte godt til at dække mellem eller under den øvrige vegetation og kan samtidig give tagfladen flere forskellige grønne nuancer. Sedum er det latinske navn for en familie af planter med forskellige slags "fedtknopper/-blade". Det er sukkulentstauder med lav vækst og tykke blade, hvor blomsterne er 5-tallige. Stenurt (Sedum) er en slægt med ca. 50 forskellige arter, som gror på store dele af den nordlige halvkugle. I naturen finder man sedum f.eks. på åbne og tørre, stenede marker eller på klipper og stenmure/klippesider. I ekstreme miljøer trives sedum bedst i veldrænede lette minerale jorde. (VegTech, Sverige, 2008)

Ifølge Jesper Christensen fra Nykilde er der lidt diskussion om, hvilke Sedum-arter, der naturligt er hjemmehørende i Danmark. Men der er tre forskellige sedum planter, der med sikkerhed vokser naturligt i Danmark, se figur 3.25.

Figur 3.25: Øverst til højre Set fra venstre: Bidende stenurt, Hvid Stenurt og Almindelig Sankthansurt. (Thomas Schmitz-Günther, 2000) Figur 3.24: Foto fra en af Nykildes produkter, Eget foto

Figur 3.25

De miljømæssige betingelser

De forskellige plantetyper kan have vidt forskellige egenskaber i forhold til overlevelse og derved også helbredstilstanden for det grønne tag. Planter, der kan modstå strenge miljøer, kan også bedre modstå invasion af ukrudt og bibeholde det æstetiske udtryk. Undersøgelser af forskellige sedum-arter viser, at planterne har de bedste overlevelsesmuligheder, hvis dybden på vækstmediet er større en 70 mm. Et tegn på, at det grønne tag lever sundt og rigt, er, hvis taget er fuldstændig tildækket med høj vegetation, typisk mellem 100 mm og 120 mm. Sedumplanterne kan overleve med mindre dybder end 70 mm, dog ikke lavere en 30 mm. Men konsekvensen af dette kan være et grønt tag med pletter uden vegetation – dette vil samtidig påvirke tagets egenskaber negativt. Sedum lever og fungerer bedst under de forhold, som de naturligt vokser i, men kan godt plantes i egne, hvor de almindeligvis ikke hører til (Edgar L. Villarreal, Lars Bengtsson , 2004).

Isoleret set er det den bidende stenurt og den hvide stenurt, som er mest vejrresistente, men den bedste overlevelsesmulighed for et tag opnås ved at blande de forskellige sedum-arter (Kristin L. Getter og D. Bradley Rowe, 2008). Dette bekræftes af Nykilde, som ligeledes har bedst erfaringer med at benytte flest mulige plantearter, hvis nogle planter ikke kan klare klimaet, vil de andre og mere vejrresistente planter tage over. Eksempelvis er det kun bredbladede plantearter, der kan leve i solsvage områder som tagflader på skyggesider. Typisk kan et Sedumtag leve mellem 40 og 100 år alt efter vejrforhold. Ekstensive tage under hårde vindforhold, f.eks. ved kyster, har sværere betingelser, da vinden med tiden kan blæse dele af jordlaget væk, som er essentielt for planterne (Christensen, bilag 1.6).

DELKONKLUSION 3

Klimatilpasning via grønne tage

Grønne tage kan have en positiv virkning ved både ekstrem regn, hedebølger og vind. Den største effekt opnås i alle tre sammenhænge med et intensivt tag, hvilket derfor bør overvejes i de få situationer, hvor det kan lade sig gøre, hovedsagelig ved nybyggeri. Som bystrategi er det imidlertid de ekstensive tage, der giver det største potentiale.

Dybden på vækstmediet er afgørende for egenskaben til at opmagasinere og tilbageholde regnmængder: Jo større dybde, des mere effektivitet og stabilitet. Dog er vækstmediets dybde langt fra den eneste afgørende faktor for teknologiens effekt. Trods samme dybde kan der være stor variation mellem forskellige designs, mens også både taghældningen og drænlagets materiale kan have en betydning.

Vegetationen absorberer ikke så meget vand øjeblikkeligt, men er effektiv i fordampningsprocessen, hvilket betyder at vækstmediet hurtigere tørrer ud og igen kan absorbere mere vand. Intensive og hyppige nedbørshændelser forøger fugtindholdet i vækstmediet, hvilket fører til, at det grønne tags evne til at håndtere vand gradvist forringes, men uden dog at blive fuldstændigt elimineret. Potentialet for regnvandshåndtering via ekstensive tage er således også årstidsbestemt, modsat regnvandshåndtering via eksempelvis kloakker, idet hyppigheden af kraftige regnhændelser er langt større i efteråret, hvor fordampningen samtidig er meget nedsat. Derfor bør der regnes med forskellige faktorer for sommer og vinter og ikke en middelværdi over hele året, hvilket på nuværende tidspunkt er den gængse dimensionerings-tilgang.

De letteste og tyndeste ekstensive tages sugeevne kan være ustabil under ekstreme vejrforhold. Anbefalingen må derfor være, at hvis man skal dimensionere grønne tage til vandhåndtering i fremtiden, bør det være med et dybere vækstmedie, mindst 60 mm og helst 100 mm eller derover, for at sikre sig den nødvendige stabilitet i vinterhalvåret. Dette har dog nogle andre konsekvenser, idet vægten samtidig øges på det eksisterende tag.

Det ekstensive tag kan også have en stor positiv effekt på nedkølingsbehovet om sommeren, og en mindre på opvarmningsbehovet om vinteren, idet vækstmediet ofte er vådt eller frossent og dermed mere kulde-transmitterende. Denne egenskab udgør således især et stort potentiale ved erhvervsbyggeri, hvor nedkølingsbehovet allerede med nutidens klima ofte overgår opvarmningsbehovet.

Også varme-ø-effekten nedsættes i kraft af både begrænset absorptionsbidrag fra de færre sorte tagoverflader og øget fordampning fra planter og vækstlag.

KLIMATILPASNING: VERTIKAL BEGRØNNING

Figur 3.26: Kunstneren Patrick Blanc har designet mange forskellige vertikale haver verden over. Her fra Paris er dækket mere end 1400 m^2 gavl. med brug af ca. 250 forskellige plantearter. Foto venstre: Tilsendt af Patrick Blanc. Foto højre: wired.com

Introduktion

Som det fremgår ovenfor, rummer bygninger et stort potentiale for begrønning af de skrå og horisontale flader på tagene, men der er imidlertid også et stort areal med mulighed for inddragelse på byens vertikale flader, murene. Selvom de fleste bygningsfacader har store vinduesarealer, som naturligvis ikke hensigtsmæssigt kan begrønnes, må disse ifølge bygningsreglementet højst optage 22 % af arealet. Derudover findes der også mange tomme gavle og bagmure overalt i den tætte by, som typisk ikke er særligt arkitektonisk bearbejdede, og som man således med fordel kan transformere til grønne vægge.

Dette vil samtidig tilføre byen bedre miljømæssige betingelser og styrke den bygningsmæssige modstandsdygtighed: Bygningsfacaderne bliver konstant påvirket af miljøet og vejret – sol, vind og regn – hvilket er med til at forælde og gradvist nedbryde dem over længere tid. Som med grønne tage kan vertikal begrønning være beskyttende over for disse miljømæssige udfordringer, samtidig med at de kan holde bygningerne varmere om vinteren og køligere om sommeren (Köhler, 2008), hvilket kan give en bedre termisk komfort og en besparelse i energiforbruget. Som tagene renser de også luften og mildner byens mikroklima ved at modvirke varmeø-effekten. Derudover opnås en blødere akustik og en nedsat vindhastighed i byrummene (Hvass, 2005). De grønne vægge beriger byen oplevelsesmæssigt og er mere synlige i bybilledet end f.eks. de fleste grønne tage. Dette kan således have en større betydning for vores psykiske velbefindende og endda en stærkere branding-effekt.

Kigger man lidt tilbage i historien, vil man opdage, at grønne vægge ikke er nogen ny teknologi, men allerede blev benyttet for mere end 2000 år

siden ved middelhavet og senere i det centrale Europa, hvor formålet var at høste de grønne vægges frugter – en ide som i dag er blevet genoptaget og forsøgt implementeret i bl.a. New York og Sydkorea under begrebet vertical farming.

Også i Danmark har det været brugt længe, men kun sporadisk. Selvom der i kølvandet klimadebatten nu igen er kommet langt mere fokus på grønne elementer i byerne herhjemme, handler det overvejende om grønne tage og byrum, og det er stadig meget begrænset, hvad man kan finde af konkret tilgængelig viden om potentialerne ved netop grønne vægge. Flere rapporter dokumenterer, at der er miljø- og klimamæssige fordele ved dem, men der mangler stadig kortlægning og mere grundig dokumentation for deres faktiske effekt (Attwell, 1993). Især deres egenskaber til vandhåndtering lader generelt til at være dårligt bearbejdet, hvilket sandsynligvis bunder i, at problemerne med underdimensionerede og nedslidte kloakker først nu begynder at vise sig for alvor i Central- og Nordeuropa.

Rundt omkring i København findes der dog alligevel en del facadebeplantninger, hovedsagelig med klatreplanter som efeu og vin, der er fint integrerede i byen og beriger det æstetiske udtryk for bygningerne og deres omgivelser. Der er også nogle få igangværende projekter, bl.a. på Vesterbro ved Skydebanehaven, hvor man har etableret en innovativ vertikal have ned langs en af de tilstødende gavle. Formålet er dels at forgrønne og dels at håndtere vand i en opmagasineringstank under jorden og via en lille dam, hvorfra vandet nedsiver langsomt, mens det filtreres. Vandet fra tanken udnyttes desuden til vanding af den vertikale have kombineret med vandkunst på muren mellem planterne.

Figur 3.27: Eksempel på ideerne bag vertical farming.
Illustration: http://groundswellblog.wordpress.com

Typer

Der er flere forskellige typer af grønne vægge, som man bør skelne imellem, og der er yderligere nogle under udvikling. De rummer alle de samme egenskaber, men i forskellig grad. Producenten Nykilde Frø arbejder f.eks. på et grønt facadesystem, som efterligner teknologien bag hvis ekstensive tage, og hvor målet er så vidt muligt at opnå tilsvarende egenskaber. Derudover arbejder franskmanden Patrick Blanck udelukkende med udvikling af sit koncept "le Mur Vegetale", eller "Vertical Garden", som et kunstnerisk udtryk og middel til mikroklima inde og ude. De klassiske klatreplanter, som vi genkender fra København, benyttes hovedsagelig pga. deres æstetiske værdi, men rummer faktisk også mange nyttige egenskaber (Attwell, 1993).

Nedenfor gennemgås de forskellige alternativer og deres potentiale i forhold til klimatilpasning.

Klatreplanter – de historiske

Klatreplanter eller facadeplanter er fællesbetegnelser for alle klatrende, slyngende og rankede planter som anvendes i forbindelse med bygninger. Klatreplanterne slår deres rødder for foden af facaden, hvorfra de langsomt slynger sig op langs overfladen og i nogle tilfælde kan blive enorme og dække store flader på op til 5-6 etagers højde. Dette tager dog oftest adskillige år.

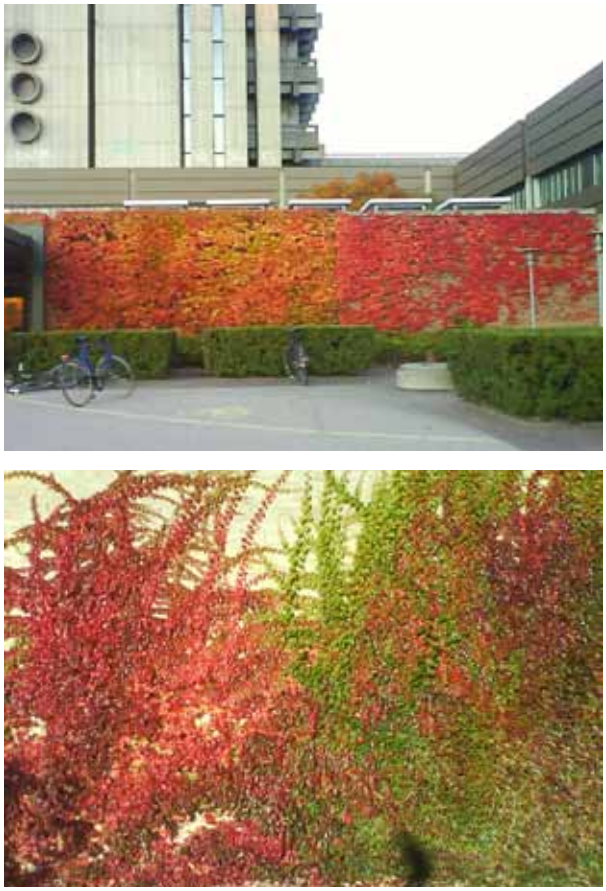
Der eksisterer mange forskellige klatreplanter, men ikke alle arter, der vokser lige godt under alle omstændigheder. Nogle er ikke modstandsdygtige over for fuld sol, mens andre kun blomstrer dårligt i meget skyggefulde omgivelser. Vilkårene i den tætte

Figur 3.28: En af de få initiativer og eksempler på implementering af facadebeplantning i København, Dannebrosgade. Den grønne del af facaden er dog ikke udvokset endnu. Eget foto

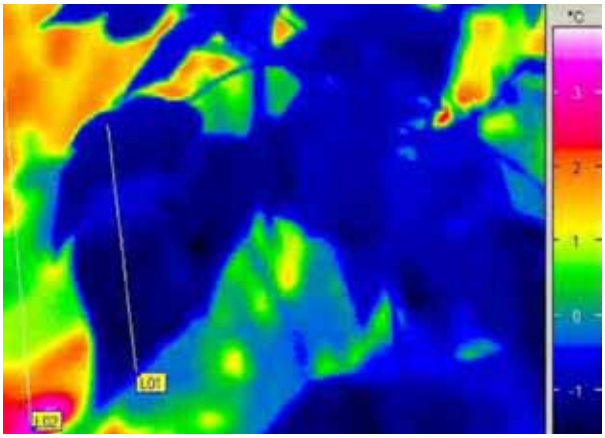
by kan give facadeplanterne svære betingelser og er ikke helt uproblematiske. De mange aktiviteter, som hører byen til, tærer på facadeplanterne. Jorden er tit hårdt komprimeret af tung trafik og/eller forurenet. Tilførsel af naturligt regnvand er afskåret fra de omkringliggende befæstede arealer, der fører vandet direkte til kloakken, mens saltning af fortove og veje om vinteren også kan medføre barske betingelser for overlevelse. Men hvis klatreplanterne når at etablere sig gennem et par år, bliver de som regel mere stabile og dermed modstandsdygtige over for de mange udfordringer fra byen. Så kan holde sig i mange år (Hvass, 2005).

Der eksisterer dog stadig mange fordomme om, at facadebeplantning ødelægger murværket, de gror på. I 1993 blev bogen "facadebeplantning – en undersøgelse af fordele og ulemper" publiceret, som i sin konklusion kunne afvise de mange skeptikeres fordomme. Det blev derimod pointeret, at et dækkende plantelag faktisk har en beskyttende effekt over for bygningen. Det blokerer ikke fugttransporten ud gennem murværket, og oftest opstår der et tørt klima med moderate temperaturudsving bag planten, der således også beskytter facaden mod slagregn. Således er en mur med facadebeplantning oftere tør, end den er våd. Vintergrønne beplantninger modvirker ligeledes risiko for frostsprængninger. Teoretisk kan der ske en forværring af eksisterende revner eller skader på murværket. F.eks. kan selvhæftende planter ved fjernelse efterlade små visuelle skader på facaden, som dog generelt kan fjernes med et pudslag. Planter, der kan slå rødder i muren har ingen overlevelsesmuligheder på en intakt murflade og er derfor ikke en trussel, hvis murværket er velholdt, når begrønningen foretages. Er der derimod på forhånd fugtige sprækker, hvor rødderne har noget at komme efter, kan det på lang sigt betyde, at de breder sig (Torben Dam, 2006). Men potentielle negative virkninger kan undgås ved jævnlige tilsyn (Attwell, 1993).

Valget af planteart har betydning for egenskaberne og det visuelle udtryk: Jo kraftigere vækst, des større og mere effektiv virkning, men størrelsen øger også behovet for tilsyn og pleje.



Figur 3.29: Der findes adskillelige slags klatreplanter, som alle vokser forskelligt afhængig af nærmiljøets betingelser. Egne fotos fra København



Figur 3.30: Infrarøde målinger viser at den termiske forskel kan variere 3°C fra facade til beplantning. Illustration: Köhler, 2005

Facadeplanternes varmeisolerende egenskaber skyldes, ligesom normal isolering, at den mellemliggende luft forbliver forholdsvis stillestående. Eksempelvis kan en isoleret og en ikke isoleret væg mindske varmetabet med hhv. 10 % og 30 %. Ydermere kan et tæt plantedække mindske vindafkølingen, især på store gavle, som udgør op mod 50 % af en bygnings varmetab (Minke, 1989). I Tyskland har man lavet nogle infrarøde målinger af beplantningens termiske egenskaber, som viser at temperaturforskellen mellem facaden og beplantningen kan variere op mod 3°C (Köhler, 2005).

Vertikal have, Patrick Blanc

Et andet spændende initiativ er den franske botanikker og kunster, Patrick Blanc, som i en årrække har specialiseret sig i vertikale haver og har skabt markante kunstneriske udtryk på kontorbygninger, i indkøbscentre, museer og andre offentlige rum både indendørs og udendørs verden over.

Koncepter

Et af hovedkoncepterne bag Patrick Blancs vertikale haver er, at ikke alle planter har brug for jord til at slå rødder og vokse. Faktisk eksisterer der mere end 2500 plantearter i f.eks. Malaysia, som vokser uden jord. Selv i mere tempererede dele af verden lever der planter, der vokser på klipper og andre steder, hvor jorden ikke er tilgængelig. Dette viser, at det er muligt, også fra naturens side, at planter vokser på lodrette flader, så længe der ikke er mangel på vand.

Et andet vigtigt koncept er at forhindre rødderne i at gribe fat og forårsage skade på den eksisterende bagmur. Et meget berømt, og faktisk smukt, eksempel på dette er Angkor Wat, det enorme historiske tempel i Cambodia, som går under tilnavnet "Verdens 8. vidunder".

Rod-skader i den størrelsesorden tager dog uendelig lang tid, og de kan desuden helt forbygges, hvis planterne jævnligt bliver forsynet med vand, hvilket bevirker, at de ikke skal "lede" efter det ved at slå rødder på den bagvedliggende bagmur. (Blanc, 2006)

Opbygning

Patrick Blancs vertikale haver er opbygget af en metalramme på facaden, hvori der anbringes et syntetisk stof, som planternes rødder kan hæfte sig ved. Blanc benytter sig af automatisk vanding og gødning med næringsstoffer, som via et netværk af rør kontrolleret af ventiler løber fra toppen og ned gennem den vertikale have vha. tyngdekraften. Rødderne optager på den måde de nødvendige næringsstoffer, og overskydende vand opsamles i bunden med en tagrende, inden det igen føres til nettet af rør gennem et lukket kredsløb.

Figur 3.31: 15.000 forskellige planter er benyttet til en 800 m^2 stor bygningsfacade i Paris. Foto: worldisaround.com

Figur 3.32: 600 m² vertikal have i Paris fungerer her også som en synlig installation ved mørkets frembrud. Foto: Flickr.com. Foto til højre: wired.com

Figur 3.33: Bolig fra London på 12.etager med vertikal have.

De historiske klatreplanter og Patrick Blancs vertikale haver indeholder mange gode energimæssige og luftrensende egenskaber, men set fra et vandhåndterings synspunkt kan de ikke bidrage afgørende til opmagasinering af regnvand – kun yde en vis forsinkelse.

Dette skyldes det manglende vækstmedie, der er nødvendigt for absorption. Indtil videre er vertikale haver med vandhåndteringsmæssige egenskaber ikke rigtig udbredt som færdigt produkt. De er stadig under udvikling og i Danmark kun på pionerniveau.

Figur 3.34: Patrick Blanc designede sin første have i Spanien, der dækker hele gavlen over indgangen til museet, Caixaforum, i Madrid. Foto: Tilsendt af Patrick Blanc

Under udvikling i Danmark

Nykildes facadeelementer

Nykilde Frø, som er producent af ekstensive tage og frø til prydplanter i byrum, på enge mm., arbejder også med vegetationsvægge, der er opbygget stort set som deres sedummåtter og derfor har ca. samme egenskaber. Monteringen er en smule anderledes og består af et armeringsnet mellem to indspændte stolper, som fastholder sedummåtterne lodret. Ideen er, at der i fremtiden skal udvikles et facadesystem, hvor den grønne væg kan hægtes på nogle skinner el.lign. nærmest som en ekstra klimaskærm på bygningen.

Figur 3.35: Forsøgsmodel af Nykildes grønne vægge.
Egne fotos fra Nykilde Frø i Slagelse

Væggene har dog ikke lige så stor effekt rent vandhåndteringsmæssigt som tagene. Der vil logisk nok ikke falde lige så meget regn direkte på dem, som på en vandret flade. Til gengæld kan man få mere ud af nogle andre sideeffekter, såsom en reduktion af støjniveauet på ca. 8 dB, mere tydelige æstetiske egenskaber samt yderligere beskyttelse af husets eksisterende ydermure mod slagregn, vind og sol.

Selvom vegetationsvæggene ikke har samme vandhåndterings-potentiale som det ekstensive tag, kan man let forestille sig, at der kan udvikles et system, hvor vandet fra taget ledes via åbninger i tagrenden til toppen af vegetationsvæggen. Så skal det sive hele vejen igennem den, før det når kloakken. På den måde kan vegetationsvæggen komme til at supplere eller erstatte det grønne tag ved at virke som en nedløbsbuffer, så store dele af nedbøren fra taget aldrig ledes til kloaknettet, og resten forsinkes betydeligt. Hvad enten drænlaget består af BioDrain (skum af genbrugsmaterialer med indbygget næring) eller stenmateriale, kan det suge ca. 15 l/m^2 (bilag 1.6), hvilket er mindre pr. enhed end tagene, men kan udgøre et lige så stort samlet potentiale på mange bygninger, da murarealet ofte er markant større end tagfladen.

Nykilde er gået i gang med et udviklingsprojekt i samarbejde med arkitekter, plast- og metalindustrien samt nogle forskningsinstitutter om at finde nogle bæredygtige og holdbare løsninger vedr. grønne facader. Løsninger som omhandler andet end de sædvanlige klatreplanter og stålwires (Nykilde nyhedsbrev nr. 9).

Fibermatrix

Et andet interessant initiativ under udvikling er landskabsarkitekt Lars Kronborg Baks grønne vægge af fibermatrix. Som tidligere industrilaborant med viden inden for fiberteknologi kombineret med en interesse for det grønne element i byen har han udviklet et produkt af bl.a. stenuld som alternativ til de andre vertikale beplantningsteknologier.

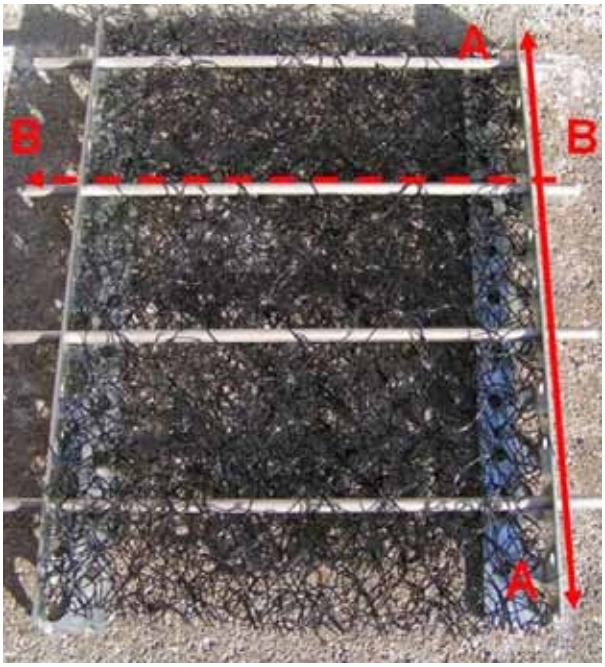
Funktionen og den anvendte teknik

Produktet er en facadeløsning, der er designet efter kravet til funktion og fremstilling med en enkel og effektiv teknik. Ifølge Lars Kronborg Bak imødegår den behovet for skygge og afkøling i mange moderne byer om sommeren grundet varme-ø-effekten. På baggrund af de ønskede egenskaber har Lars Kronborg Bak udviklet en grøn væg med fokus på to grundelementer: Høj trækstyrke og bæreevne samt et vækstmedie af høj kvalitet.

Konceptet er et bærende element, som kan klare lasten fra beplantningen og muliggør montering vertikalt. Det bærende element er indstøbt i en såkaldt fibermatrix som en erstatning for vækstmediet. Ved kombinationen fås en høj trækstyrke gennem hele vækstmediets udstrækning.

Også her er en anden vigtig egenskab muligheden for at håndtere og opmagasinere regnvand som en slags nedløbsbuffer. Der er endnu ikke målt på den specifikke vandmængde, men som med tagene vil den også afhænge af tykkelsen. Fremstillingsmetoden bygger på samme principper som produktionen af hygiejneprodukter som toiletpapir og bleer, der jo netop skal have en høj sugeevne, og da vi ved fra de ekstensive tage, at mineraluld suger og holder bedre på vandet end andre drænmaterialer, må dette også gælde her. Et forsøg med en

Figur 3.36: nederst til højre: Profilskinne (A) monteres lodret på den vertikale facade. Tværgående profiler (B) af rustfrit stål skubbes gennem profilskinnerne og nettet. Selve nettet, og antallet af stænger på tværs har indflydelse på den endelige ophængningsstyrke.
Foto: Lars Kronborg Bak



Figur 3.37: nederst til venstre: Færdig fibermatrix med internt net og bundne stenuldsfibre. Foto: Lars Kronborg Bak

Figur 3.38: Øverst: For at kunne teste fibermatrixen fremstillede Lars Kron-borg Bak prøveholdere som kunne rejses til vertikal stand. Nederst: Forsøg ved påhæftning af Fibermatrixen på en Verner Panton stol. Fotos: Lars Kronborg Bak

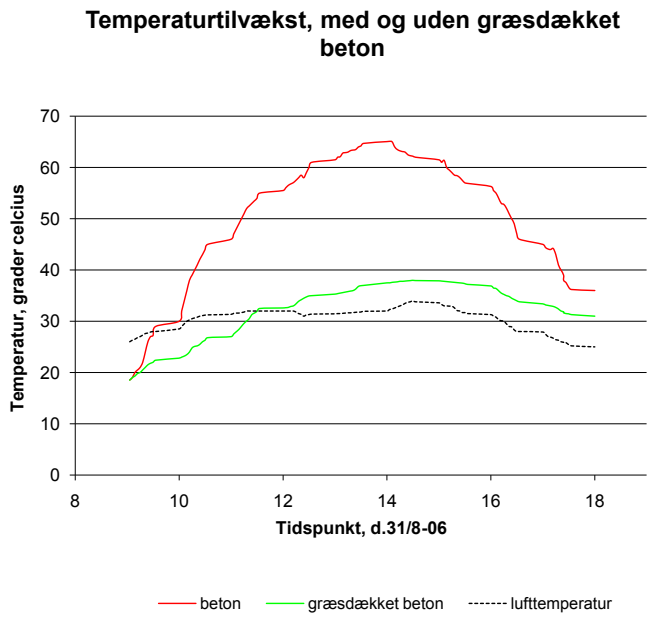
Figur 3.39: til højre: Figuren viser temperaturtilvæksten i facade (betonelement) med og uden facadebeplantning. Prøvemne af stenuldsfiber er anvendt til målingen. Illustration: Lars Kronborg Bak

tilføjelse af superabsorbent til fibermatricen øgede vandholdigheden markant, men betød samtidig, at græsset "druknede".

Altså kan også dette produkt anvendes som en del af løsningen på overbelastede kloaksystemer, men sugeevne og plantesort skal afpasses efter hinanden, hvis udtrykket og evapotranspirationen skal opretholdes. En tredje interessant vinkel, som Lars Kronborg Bak påpeger, er muligheden for rensning af brugsvand: Den vertikale beplantning kan fungere som en form for rodzone anlæg – en lokal rensning af bygningens gråvand før nedsivning eller afledning til kloak.

Under sine forsøg med vertikale haver har Lars Kronborg Bak lavet forskellige termiske målinger, hvor konklusionen er, at facadebeplantning af fibermatrixtypen kan reducere energiforbruget for en bygning op mod 50 % (Kronborg Bak, 2007)

Han opfordrer på sin hjemmeside til, at der laves yderligere studier, undersøgelser og optimeringer af facadebeplantning og har, i erkendelse af at der i Danmark desværre ikke eksisterer de nødvendige udviklingsmiljøer, bl.a. offentliggjort sine resultater, i håb om at andre vil blive inspireret og videreudvikle på ideen (Kronborg Bak, 2007).



DELKONKLUSION 4

Vertikal begrønning

Der eksisterer mange energi- og klimarelaterede potentialer indenfor facadebeplantning, som stadig ikke er forløst eller udforsket i tilstrækkelig grad. Litteraturen om facadebeplantning er derfor også stadig begrænset. Dette kan være årsag til, at egenskaberne generelt bliver underkendt, samt at der stadig er uklarhed omkring fordele og især formodede ulemper, hvilket igen modvirker videre udbredelse.

De mest udbredte grønne facader er klatreplanter, som har en vis termisk effekt, men dog ikke har et markant potentiale indenfor vandhåndtering.

Det lader til, at kun få ildsjæle og mindre firmaer i Danmark for alvor har taget initiativ til at udvikle videre på grønne vægge som klimatilpasningsmiddel.

Både Nykilde Frø's og Lars Kronborg Baks bud på vertikal begrønning har en effektivitet, som i grove træk kan sammenlignes med de ekstensive tage. Potentialet er stort, da de vertikale flader i den tætte by udgør et langt større areal end de horisontale flader, hvilket vil øge effekten af de termiske og vandhåndteringsmæssige egenskaber betydeligt. Også produktionsmetoderne er principielt nogenlunde på plads og kan blive forholdsvis effektive. Men indtil videre har interesse og især viden på området desværre ikke været på et niveau, der kunne hæve de vertikale haver til et kommercielt plan på fod med de grønne tage.

"The potential of green facades to improve urban microclimate and buildings' ecological footprint is high, but they have not developed a widespread presence outside of Germany because they are not as well known as green roofs and there is a lack of implementation guidelines and incentive programs in other countries. There is a great need for more research into all aspects of this technology and its applications in other parts of the world." – Manfred Köhler, 2008

Andre effekter

Begrønning af bygninger, herunder ekstensive tage og vertikal begrønning, besidder således nogle meget anvendelige vandhåndteringsmæssige og termiske egenskaber. Men de har imidlertid også andre positive effekter, som bør overvejes i den samlede argumentation for og imod denne løsning på klimaforandringerne:

Luftkvalitet og CO_2

En sideeffekt ved begrønning af bygninger er egenskaben til at nedbryde CO_2 i luften. Dette sker ved en fotosyntese, når solens stråler rammer planternes blade. Der opstår således en kemisk proces i blades grønkorn, som omdanner vand (H_2O) og kuldioxid (CO_2) til glukose($C_6H_{12}O_6$) og ilt (O_2): fotosyntese: 6 CO_2 + 6 H_2O + 2,83 kJ = $C_6H_{12}O_6$ + 6 O2. Ved 100 % lysindfald er det dog kun de 5-20 %, som indgår i fotosyntesen – resten bliver reflekteret, fordampet eller omdannet til varme (Jens Hvass, 2007). Begrønning af bygninger kan ca. nedbryde 2-6 kg CO_2 pr. m^2 pr. år. Hertil kommer, at det også absorberer 0,2 kg luftforurenende stoffer såsom metaller og polycykliske aromatiske kulbrinter pr. m^2 pr. år, hvilket resulterer i renere afstrømning (Jesper Christensen, 1,6).

Denne egenskab har givet forgrønnelse af bygningerne et øget fokus i forhold til forebyggelse af klimaforandringerne og indgår i nogle lande som et positivt CO_2-regnskab (Hvass, 2007). I Københavns klimaplan fra 2009 har man en vision om at reducere CO_2-udslippet med 20 % fra 2005 til 2015.

I den forbindelse har Cowi lavet nogle beregninger på hvor stort CO_2-nedbrydningspotentialet er for København (Københavns kommune, 2009). Hovedsageligt går Cowis undersøgelser ud på at skabe et fysisk planlægningsværktøj, der har til mål at reducere CO_2-udledningen ved planlægning af nye tætte byområder. Her er et af punkterne forgrønnelse, og undersøgelserne peger på, at den største egenskab ved f.eks. ekstensive tage er CO_2-nedbrydning. Det samlede potentiale blev vurderet og beregnet ud fra arealrumligheden for alle nye byområder. Ifølge beregningerne kan eksempelvis de ekstensive tage reducere CO_2-udslippet med 57,2 kg pr. m^2 pr. år ved interpolering. Det fremgår ligeledes af beregningerne, at større grønt areal bevirker højere effektivitet.

Årstal	m^2 grønt tag	fjernvarmebesparelse KWh/år	Akkumuleret fjernvarmebesparelse i 2015, MWh/år	Akkumuleret CO_2 reduktion, tons/år i 2015
2011	65.000	130.000	130	24
2012	130.000	260.000	390	73
2013	195.000	390.000	650	121
2014	260.000	520.000	910	169
2015	325.000	650.000	1170	218

Figur 3.40: Cowis skema over CO_2-nedbrydningspotentialet i København.

Men samlet set udleder vi i København ca. 2,5 mio. tons CO_2 pr. år (Københavns miljø-regnskab, 2008), hvilket betyder, at denne samlede procentmæssige reduktion i Cowis beregninger for 2015 svarer til kun knap 0,1 ‰ af byens udledning. Dette må umiddelbart siges at være forsvindende lille.

Urban biodiversitet

Forskellige studier af begrønning af bygninger har dokumenteret, at der efter et par år kan leve et varieret liv af forskellige insekter, herunder nogle mere enestående og truede edderkopper samt biller. Under et eksperiment over en hel sæson i USA, Dearborn, indkapslede og dokumenterede man 29 forskellige insekttyper på et ekstensivt tag (Coffman RR og Davis G, 2005).

I Basel, Schweiz, har man observeret, at dyrelivet på et ekstensivt tag også kan afhænge af nogle designkriterier for at skabe de bedst mulige levevilkår: Ekstensive tage har ikke et dybt vækstunderlag (< 200mm), hvilket gør levevilkårene for insekterne svære, især i lange tørkeperioder. Men dette kan forbedres hvis dybden på vækstlaget varierer henover taget i en mere bølget struktur. Hvis jordlaget samtidig består af de jordtyper, som passer med dyrelivets naturlige omgivelser, vil dette også forbedre levevilkårene. Et varieret planteliv betyder også en præsentation af et mere

rigt og forskelligartet insektliv (Stephan Brenneisen, 2001). Andre observationer i Schweiz indikerer, at begrønning på bygninger også kan have positive følgevirkninger for truede fuglearter. Implementeringen af begrønning på bygninger har i nogle urbane områder betydet, at nogle truede fuglearter igen er begyndt at yngle stabilt (Nathalie Baumann, 2006).

Sundhed

Det kan have en større positiv betydning for vores mentale tilstand, at vi fra vores vinduer kan se noget grønt i form af vegetation, træer eller andet landskabeligt. Den visuelle kontakt med det grønne kan på nogen have lige så stor betydning som social interaktion og kan være medvirkende til nedsættelse af stress-symptomer eller skærpe fokus i arbejdsrelaterede situationer.

Især ved indendørs færden kan udsigten have betydning for vores mentalitet. Vinduer er kilden til naturligt lys i bygninger, solskin samt information om vejret og aktiviteter i verden udenfor. I princippet behøver der ikke at være udsigt fyldt med skove og store vidder, det kan være nok med enkelte træer. Formentlig har det ingen betydning, at der samtidig er udsyn til bebyggelse og parkeringsarealer, så længe det grønne er repræsenteret. Dog kan det omvendt have en negativ betydning, hvis der kun er udsigt til befæstede elementer, selvom det naturlige lys ikke bliver blokeret udefra eller udsigten til verden udenfor er reduceret (Zubevich og Kipling, 2004).

Mange byboer, som af årsager er forhindret i at være i kontakt med naturen i dagligdagen, søger tilflugt på landet eller i byens grønne arealer i weekenden. Dette kan give en form for ro, klarhed eller virke regenererende for dagligdagens stress. Selv under støjende forhold kan kontakten med det grønne virke beroligende. Andre virkninger kan være anledning til social interaktion og fysisk aktivitet (Kaplan, 1993). Skov og Landskab har bl.a. foretaget en skemaspørgeundersøgelse på landsdækkende plan i Danmark om naturen, sundheden og dens påvirkning. 93 % af tilbagemeldingerne var positive og indikerede, at det grønne element har en større betydning for vores humør og helbred. Naturen eller grønne arealer i byen kan være motiverende i forhold til at foretage forskellige slags aktiviteter. Jo tættere folk bor på grønne områder, des mindre stressede er de. Dette gælder især dem, som bor i lejligheder og tætte byområder. Selvom folk ikke bruger naturen eller de grønne arealer aktivt/fysisk, har det en positiv virkning, at nærområdet har en grøn karakter (Skov og Landskab , 2005).

Der kan dog også være ulemper. Mange mennesker i dagens Danmark lider af høfeber og allergi, som bliver værre, jo mere natur de omgiver sig med. For dem er den befæstede by en symptomfri oase, og flere er allerede begyndt at brokke sig ved udsigterne til mere natur i byerne:

"Cykelferie på landet er udelukket for mange af os på grund af det uslåede frøbærende græs og ukrudt langs med veje og cykelstier. Af samme årsag må man søge "tilflugt" i byen, fordi det ligeledes er udelukket at bo på landet. Men hvis der nu skal til at blæse pollen ned i hovedet på os allergikere fra byens tage, så har vi ikke længere nogen steder at være." – kommentar på www.ing.dk af Carsten Thomsen til artiklen "København: nu skal der græs på storbyens tage", 28.08.2009

De mest allergifremkaldende planter er dog græsarter, birketræer mm.(netdoktor, Flemming Andersen) Her vurderes det, at netop ekstensive tage og vægge med sedum-beplantning er mindre kritiske, da sedum og mos ikke er kendt for samme effekt. Dog er det en faktor, som bør medregnes i planlægningsfasen.

Figur 3.41: Grøn park på Vesterbro. Eget foto

DELKONKLUSION 5

Andre effekter

Effekterne på CO_2-regnskabet fra begrønning af bygninger må konstateres at være forsvindende lille, i forhold til hvad andre tiltag som livsstilsændringer og især omlægning af energiproduktion kan betyde. Den opdagelse får dette argument til at blegne markant.

Absorptionen af tungmetaller og andre skadestoffer forbedrer mikroklimaet i byen - Jo mere grønt des bedre nedbrydningseffekt og bedre grundlag for højnet biodiversitet i byen. Dog er det essentielt for dyrenes levegrundlag, at begrønningen bliver anbragt således, at planterne får bedst betingelser for overlevelse. Dette gøres bedst ved at variere plantelivet og jordtyperne, samt skabe variation i udformningen. Skabes de rigtige forhold for plantelivet, vil en mere synlig effekt være muligheden for at bibeholde nogle truede fuglearter i byen.

Selvom begrønning på bygninger har mange andre målbare effekter, er den vigtigste egenskab måske netop den, man ikke kan måle - nemlig betydningen af den visuelle kontakt med de grønne elementer, som kan give ro og virke stressnedsættende. Sundhed er et vigtigt element og en nødvendighed for det moderne samfund og dets virke. Dette har det grønne i byen en positiv virkning på, og derfor bør sundhedselementet i byen være en vigtig faktor ved implementering af byforgrønnelse i planlægningen. Set i det perspektiv vil især de vertikale begrønningstiltag være nyttige, da disse er mere synlige i bybilledet, end eksempelvis de ekstensive tage.

Sammenlagt må det vurderes, at jo mere grønt der kommer i byen, des flere positive effekter kan man opnå. Denne sammenhæng er dog baseret på det faktum, at der er mange steder i byen, hvor der mangler grønt, og den kan ikke forventes at gælde ud i det uendelige – mange af de bymæssige funktioner kræver befæstede overflader for at fungere effektivt, og der vil også være en grænse for, hvor meget man kan begrønne uden at behovet for vedligeholdelse stiger til det uoverskuelige.

Ydermere er nogle af de byboere, der lider af høfeber, allerede oppe på barrikaderne for at forsvare deres befæstede tilflugtssted, selvom de mest brugte planter ikke er høfeberfremkaldende.

SUPPLERENDE TEKNOLOGIER

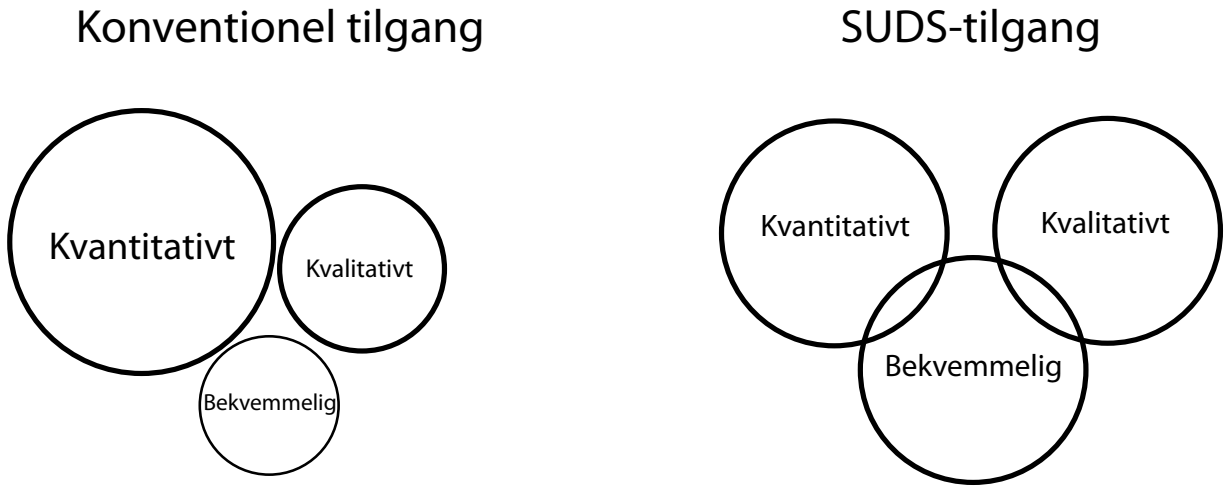
Introduktion

Når begrønning af bygninger ikke er nok til at imødegå tilpasningsbehovet, må man supplere med andre tiltag, hvis denne fremgangsmåde skal kunne bruges. I dette afsnit vil vi dermed lave en kort oversigt over de mest kendte og brugte teknologier, deres individuelle egenskaber og deres urbane kontekst. Afsnittet bygger især på viden opsamlet fra samtaler med aktører, samt en forelæsning med Antje Backhaus, som er ekspert og 2BG PhD-forsker på området under KU LIFE. Der er adskillelige eksempler på arealer i København, som enten er eller kan blive designet med vandhåndteringsperspektivet og/eller de termiske egenskaber for øje.

Vandhåndtering

SUDS, sustainable urban drainage systems, er en samling af best practice-teknologier, der inkluderer mere langsigtede og miljømæssigt bæredygtige faktorer i planlægningen af urbane afvandingssystemer i forhold til konventionelle løsninger i det byggede miljø. SUDS bygger på ideen om ligelig fordeling mellem bekvemmelighed, kvantitativ og kvalitativ vandafledning i bymæssige områder, hvor den konventionelle tilgang i høj grad bygger på kvantitative aspekter og mindre på kvalitative og bekvemmelige egenskaber. (ciria.org) Kvaliteten af vandet er blevet mere aktuel grundet højere mængder forurening fra urbane områder, som bliver skyllet ud i floder, i havet og i grundvandet. Når vandet først er forurenet, er det utrolig svært at rengøre igen. Konventionelle afvandingssystemer, herunder kloakledninger, kan ikke kontrollere eller frasortere det forurenede vand og er derved indirekte impliceret i den øgede forurening. Hvis man fortsætter tendensen med at aflede vandet med begrænset formål for øje og ignorere det bredere bæredygtige perspektiv, vil det have nogle negative konsekvenser på såvel det landlige som det vandige miljø i fremtiden.

SUDS bygger på en masse forskellige konkrete og lavpraktiske løsninger som alternativer til den konventionelle kloak. Dvs. at SUDS ikke er tænkt som en fuldstændig erstatning, men mere som et supplement, der kan benyttes i de lokale områder, som er hårdest ramt i form af store regnmængder eller høj forurening. SUDS-løsninger fokuserer overordnet på regnvandet i fire forskellige faser (næste side):



Figur 3.42: Konventionel vægtning af fokus overfor SUDS-tilgang.

• **Tilbageholdelse**
I tilfælde af kraftig nedbør skal vandet kunne tilbageholdes, således at det eksisterende kloaksystem ikke overbelastes og risikoen for oversvømmelser opstår.

• **Transport**
Idet regnvandet rammer jorden er det essentielt, at området er designet til at kunne lede vandet frem til de etablerede SUDS.

• **Fordampning**
Det handler ikke kun om, at regnvandet kan nedsive, men også om at der skal være gode fordampningsmuligheder. Hvis f.eks. regnfrekvensen er høj, kan SUDS'ene også være mættede eller fyldte. Fordampningen er med til at lette afløbsprocessen.

• **Behandling og Infiltration**
Et af de vigtigste grundprincipper ved SUDS er, at regnvandet bliver renset for forureninger, inden det kommer ned til grundvandet. Dette kan enten ske ved behandling i selve SUDS'en eller ved videre infiltration i de forskellige jordlag.

Termiske effekter

I forhold til varme-ø-effekten og påvirkninger på mikroklimaet i nærområdet, har de supplerende teknologier ikke i sig selv den store målbare effekt på f.eks. temperaturen. Men ved indsættelse af træer eller fjernelse af termisk masse, eksempelvis de befæstede arealer, kan overflade-temperaturen på det specifikke sted relativt nemt påvirkes vha. skyggevirkninger og fordampning, som kan føles kølende eller som en let brise. Et studie af det grønnes kølende effekt i mindre byrum (Shasua-Bar & Hoffman, 2000) indikerer, at omkring 80 % af den temperatursænkende effekt skyldes, at træer på området skyggede for solen.

Hvis lufttemperaturen skal ændres, kræver det derimod større tiltag. Et grønt område skal være over 3,5 ha for at kunne skabe sit eget mikroklima med lavere lufttemperaturer og højere luftfugtighed, og skal lufttemperaturen i området sænkes bare 1 °C skal arealet være min. 10 ha. (Horbert , 2000. cf. Stülpnagel, 1987. Gomez et al. 2001, fra Grøn by rapport, 2009).

Teknologiske alternativer

Permeable overflader

En reduktion af byens befæstede arealer kan forekomme på flere forskellige måder og med relativt simple metoder. De mest enkelte tiltag handler grundlæggende om at konvertere de uigennemtrængelige flader til gennemtrængelige flader.

Overordnet er disse metoder ikke særlig effektive vandhåndteringsløsninger, da nedsivningsprocenten ikke er særlig høj, men et supplement til de andre SUDS-systemer. De kan bl.a. implementeres ved såkaldt:

- Græsarmering og belægninger med græssamlinger
- Græs- og grusplæne
- Porøse- og belægninger med drænsamlinger

Disse belægningstyper kan benyttes ved mindre gader, parkeringsarealer, brandveje, fortov, stier, gårdarealer eller vejrabatter, hvor det ellers er svært tilgængeligt at indpasse andre forgrønnelses metoder. De primære fordele ved disse belægningstyper er, at de har et højt fordampningsniveau og således er medvirkende til at tilbageholde en del af det vand, der løber ned til kloakken.

Målinger fra Ontario, Canada, viser, at alt efter design og opbygning af de gennemtrængelige belægningstyper kan de forsinke den maksimale vandføring mellem 5-35 % (Toronto and Region Conservation, 2008).

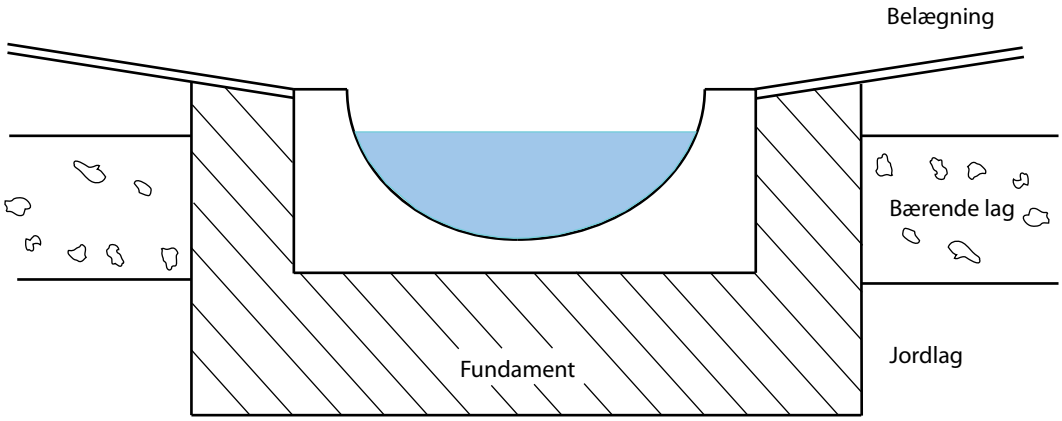
De gennemtrængelige overflader har ikke nogen særlige termiske egenskaber, men indirekte påvirker de mikroklimaet, da nogle af de ugennemtrængelige overflader skal konverteres. Dermed fjernes termisk masse fra området.

Figur 3.42: Eksempler på forskellige belægningstyper. Egne billeder fra Lyngby nord

Figur 3.43: Eksempler på åbne afløbsrender og hvordan man kan indpasse dem forskelligt i et et område, Augustenborg i Malmø. Egne fotos

Afløbsrender

Er åbne og synlige kanaler hvor vandet ledes rundt i gadebilledet – udformet på forskellige måder dikteret af funktionalitet og æstetisk indpas. I forhold til de gennemtrængelige overflader, kan de åbne afløbsrender opmagasinere større mængder vand og er dermed mere effektive set i et vandhåndteringsperspektiv. Kapaciteten afhænger af afløbets indvendige volumen, og formålet er grundlæggende at opmagasinere, cirkulere og forsinke den maksimale vandføring dvs. ikke at nedsive, infiltrere eller virke som fordampningsplatform. En mindre fordampning vil dog ske. Afløbsrender har imidlertid også andre nyttige sideeffekter og funktioner, idet cirkulationen af vandet er med til at afkøle omgivelserne og derved skabe et bedre mikroklima. Signalværdien i et synligt, åbent afløb kan også være med til at skabe opmærksomhed omkring vandet og dets begrænsede ressourcer og kan give anledning til leg og rekreation. Derudover kan de benyttes som trafikal barriere i områder hvor der er behov for minimal kørsel f.eks. i børnevenlige boligområder.



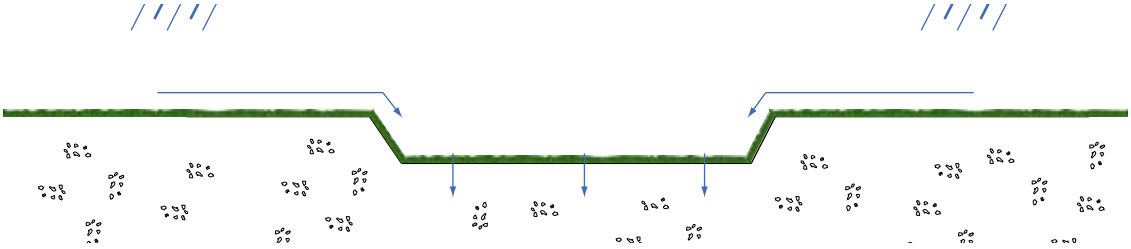
Figur 3.44: Teknisk opbygning på en afløbsrende. Egen illustration med inspiration fra Antje Backhauses foredrag.

Figur 3.45: Forskellige former for Infiltrationsplæner fra Augustenborg, Sverige. Et tilsyneladende helt normalt rekreativt grønt område, men med den forskel at arealet ligger ½ til 1 meter under gadeniveau, hvortil regnvandet kan løbe til, opmagasineres og reducere maksimalvandløbet under ekstreme regnhændelser. Egne fotos

Infiltrationsplæner

Infiltrationsplæner, eller på engelsk swales, kan beskrives som en uddybning i landskabet, der kan udformes forskelligt: Lav, dyb, lang eller bred, men som overordnet mål indbefatter et større rumfang end afløbsrenden. Infiltrationsplæner er grøfter, der ikke forekommer naturligt, men er designet til at kunne håndtere regnvand i større mængder ved opmagasinering eller ved øget infiltration gennem jorden. Infiltrationsplæner kan opmagasinere, hvad der svarer til det samlede rumfang af uddybningen, da infiltrationen gennem jorden og fordampningen derfra foregår relativt langsomt. Infiltrationsplæner kan nemmest anlægges i eksisterende grønne områder som i byparker, grønne gårde eller haver. F.eks. udgraver man i dag boldbaner ½ til 1 meter under niveau for at skabe det nødvendige rumfang, hvortil man leder vandet hen fra det nærmeste opland under ekstreme regnperioder. Dvs. at ved implementering af infiltrationsplæner i eksisterende grønne områder bibeholder man den landskabelige og rekreative værdi, idet man stadig kan benytte udearealerne - blot naturligvis ikke under kraftige regnskyl. Det er økonomisk let og nemt at konstruere, da man i princippet kun skal lave udgravningen og sørge for transport af jord, som i de fleste tilfælde bliver benyttet til grøftekanten langs plænen. Dog kan infiltrationsplænerne være svære at indpasse der, hvor der er mest brug for dem i den tætte by, da de tager en del plads. I Augustenborg har man haft stor succes ved implementering af infiltrationsplæner på de fælles udearealer, hvor ophold, interaktion og leg stadig er en mulighed (Louise Lundberg, bilag 1.7).

Hvis infiltrationsplænen kombineres med store træer (Københavns kommune, 2009) eller indpasses steder, hvor der tidligere har været befæstet areal, kan det også have en positiv effekt på mikroklimaet. Som udgangspunkt skal der dog ret store grønne arealer til at ændre temperaturen, og dermed mikroklimaet, markant i et nærområde (Horbert , 2000. cf. Stülpnagel, 1987. Gomez et al. 2001, fra Grøn by rapport, 2009).

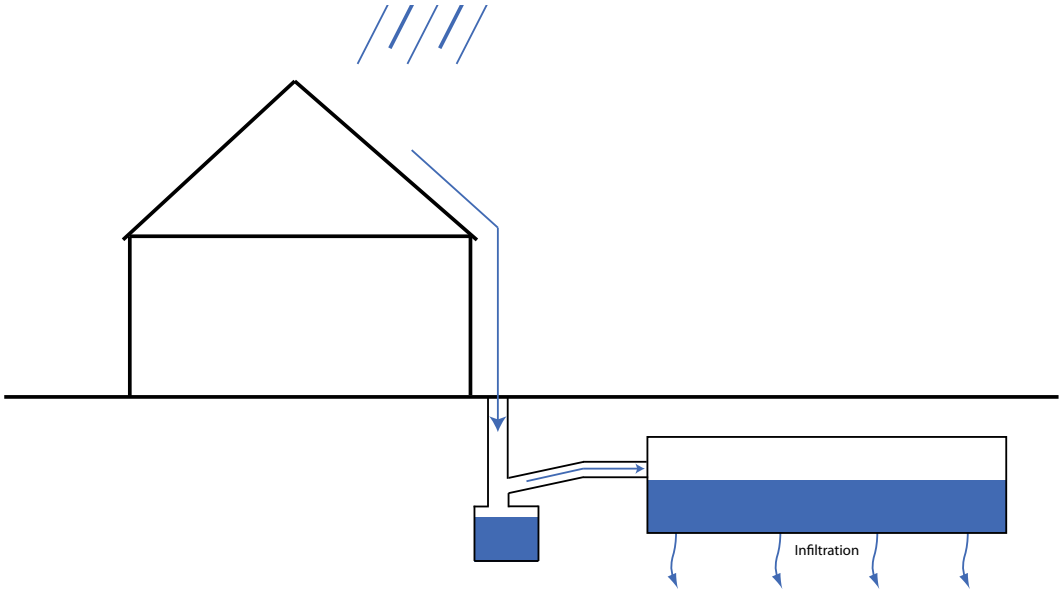


Figur 3.47: Princip for Infiltrationsplæner – en uddybning i landskabet til opmagasinering af store vandmængder . Egen illustration med inspiration fra Antje Backhauses foredrag

Faskiner

Er en mindre kasse eller et hulrum, som er placeret ca. ½ - 1 meter under jorden. Faskinen er fyldt med småsten, letklinkesten eller perforerede plastrør og fungerer som et midlertidigt depot for det regnvand, der løber ned fra omkringliggende tage og belægninger. Gennem faskinen filtreres regnvandet videre ned gennem jorden til grundvandet uden om det eksisterende kloaksystem. Oven på faskinen lægges jord, hvorved der kan sås græs eller etableres en anden type gennemtrængelig overflade. Faskinen er en slags infiltrationsplæne, blot i en mindre målestok og med den forskel at infiltreringen foregår i et skjult system under jordoverfladen. Dette har imidlertid også sine ulemper under vedligeholdelse, da det kan være besværligt at fjerne urenheder og andre genstande, som kan forårsage tilstopning. Det gennemløbende vand bliver desuden ikke renset markant under filtreringen, hvilket kan få konsekvenser for grundvandet.

Faskiner er mest passende til mindre miljøer, hvor det er svært at tilslutte afløbet til det eksisterende kloaksystem, og hvor manglen på åbne arealer begrænser andre tiltag. Mange faskiner i samme område kan være med til at reducere risikoen for oversvømmelser, men kan samtidig være med til at påvirke og forhøje grundvandsspejlet. Dette er, ifølge Niels Bent Johansen fra Københavns E, faren ved lokal nedsivning . Hermed kan man risikere, at oversvømmelsen ikke forhindres, men bare sendes videre til nogle andre . Ydermere kan en kombination af hævet vandspejl og overdreven nedsivning medføre, at eksempelvis faskiner kommer under vand og dermed begynder at dræne grundvand fra jorden. I disse tilfælde kan de ikke bruges til håndtering af regnvand, før grundvandet er drænet tilbage ud i jorden. Dette gør virkningen lidt utilregnelig.
Faskiner kan være svære at designe helt korrekt og afhænger i høj grad af jordens beskaffenhed. De kræver oftere inspektion og vedligeholdelse, hvilket ikke egner sig så godt til den bymæssige kontekst. Vandopmagasineringskapaciteten afhænger ligesom infiltrationsplænen af det indvendige rumfang, fordi infiltrationen foregår relativt langsomt, i forhold til, hvor meget vand faskinen optager under større nedbør. Faskinen har ikke nogen termiske eller visuelle påvirkninger på det omkringliggende miljø, da der ikke forekommer nogen egentlig begrønningsproces ved etableringen.



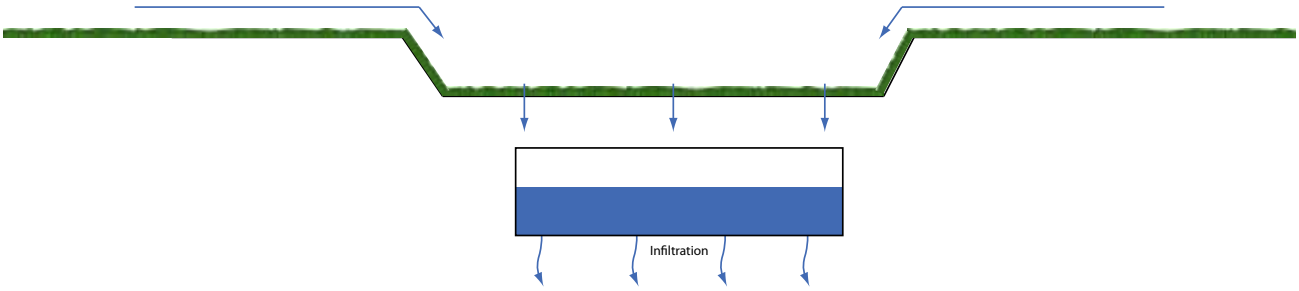
Figur 3.48: Ved etablering af faskiner er det vigtigt at der også bliver anlagt afløbsrør, som leder vandet fra tagene til faskinen. Ligeledes skal der etableres et sandfang(geotekstil) som forhindrer smågrene, blade og jord mm. at tilstoppe faskinen. Egen illustration

VADI

Er i princippet blot Infiltrationsplæner og faskiner kombineret under ét optimeret system og kan logisk nok håndtere endnu større regnmængder end de to øvrige. Ligesom infiltrationsplænen er VADI'en en begrønnet fordybning i landskabet, hvorfra vandet opmagasineres og filtreres ned gennem jordlagene gennem et mikslag af sand og muldjord, som har til formål at frasortere urenheder.

I bunden af VADI'en er yderligere tilkoblet rør/render der fører ned til nogle opmagasineringstanke a la faskiner, som ligeledes opmagasinerer og infiltrer regnvandet. VADI'en tørrer hurtigere ud end infiltrationsplænen, da infiltrationen er større. Dette giver umiddelbart også nogle arealmæssige fordele, som kan være ønskværdige i et tæt bymæssigt kvarter med begrænset adgang til grønne områder. VADI'en kræver desuden mindre overfladeareal, da denne nedsiver mere effektivt end de øvrige supplerende teknologier.

Figur 3.49: I Holland, Enchede, har man eksperimenteret med VADIer som en integreret del af landskabet.
Billeder: Fra foredraget af Antje Bakhaus, KU.LIFE.



Figur 3.50: VADIen er et effektivt og velfungerende behandlingselement til vandhåndtering, som er en optimeret teknologisk kombination af de forskellige SUDS systemer. Egen illustration med inspiration fra Antje Backhauses foredrag

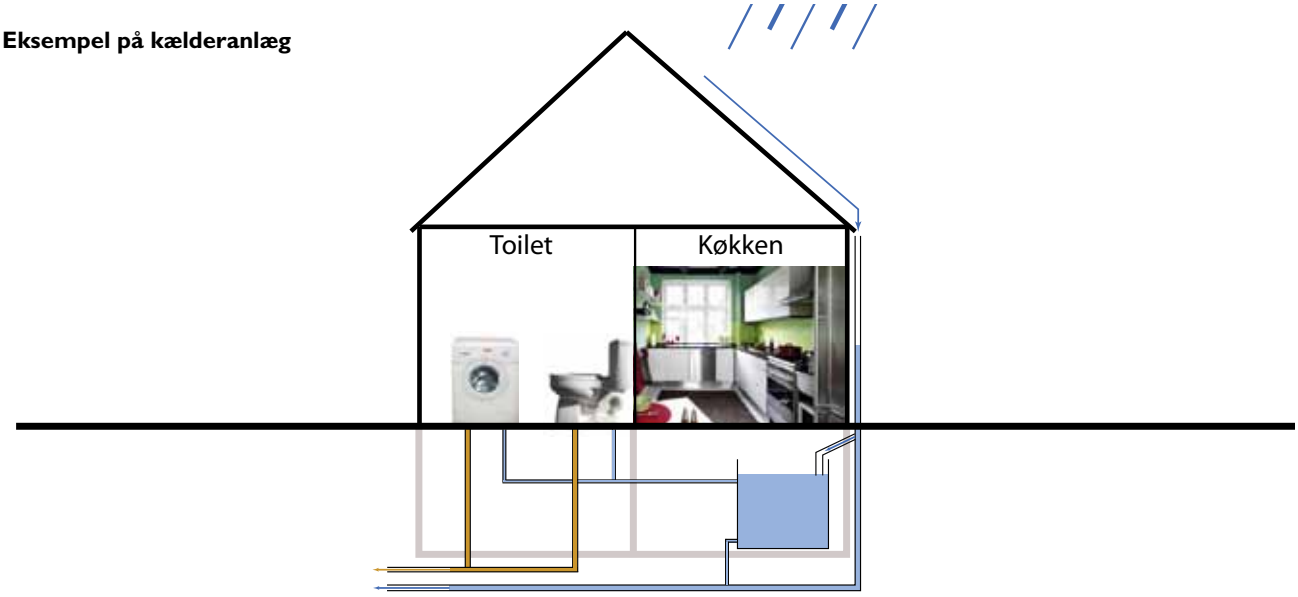
Regnvandstanke

Regnvandstanke er en anden supplerende teknologi, som ikke blot har til formål at opmagasinere regnvandet, men også at udnytte det senere til de vandkrævende områder i have- og husholdningen, der ikke nødvendigvis har behov for vand af drikkekvalitet. Dette kan f.eks. være til toiletskyl, tøjvask, havevanding eller bilvask. Teknologien virker på den måde, at regnvandet opsamles fra de omkringliggende tage på huse, skure eller anden bebyggelse og passerer igennem et regnvandsfilter, inden det løber ned i regnvandstanken. Herfra pumpes vandet op til de områder i bygningen, hvor der er behov for det.

Regnvandstanken er elektronisk styret, så der hele tiden er vandressourcer til rådighed i tanken – eksempelvis i tørre perioder vil regnvandstanken således blive opfyldt automatisk, så der ikke opstår episoder, hvor man f.eks. ikke kan skylle ud i toilettet. Størrelsen på regnvandstanken kan variere meget, men bør anlægges efter behovet. Gøres dette med omtanke, kan man spare omkring 40 % af vandforbruget i en enkelt bygning (Nyrup plast).

Regnvandstankene har ligesom faskiner ingen afkølende eller visuel virkning på sine omgivelser, da disse hverken er synlige eller bidrager med begrønning. Samtidig kræver de, at man har god plads eksempelvis i kælderen eller under en plæne. Der eksisterer grundlæggende fire forskellige systemer af regnvandstanke: Kælderanlæg, husanlæg, fællesanlæg og havevandsanlæg.

Eksempel på kælderanlæg



Figur 3.51: **Kælderanlægget:** Anlægges i en bygningskælderen. Der f.eks. mange ubenyttede kældre, hvor en regnvandstank kunne gøre mere gavn.

Husanlægget: Benyttes mest i forbindelse med mindre bygninger og parcelhuse. Regnvandstanken graves ned i jorden, hvor selve styringssystemet er placeret i husets teknik eller bryggers.

Fællesanlægget: Er en kombination af en større regnvandstank, som ligger placeret nede i jorden uden for bygningen og en mindre regnvandstank inden i bygningen, hvor vandet bliver pumpet fra til der, hvor behovet i bygningen er. Denne anlægsteknik kan med fordel benyttes der, hvor behovet er stort, og hvor de tilstødende arealer ligger placeret langt fra forbrugsstedet.

Haveanlæg: Er en kombination af regnvandsfilter med en nedgravet regnvands tank, hvilket giver de bedste betingelser for at opsamle rent og lugtfrit vand, som passende kan benyttes til havevanding. Egen illustration

Problematisering

Selvom brug af grønne teknologier i byrum er en fordelagtig og effektiv tilgang til håndtering af større regnmængder, er det ikke alle initiativer, som er lige nyttige set i en bymæssig kontekst. F.eks. kan for mange faskiner i et lokalområde forårsage øgede grundvandsstigninger, hvilket vil give risiko for forsumpningstilstande. Dette afhænger også af den underliggende jords beskaffenhed: Jo lavere porøsitet des mindre nedsivning. Jorden under København består hovedsageligt af moræneler, som netop har en lav porøsitet(Jeppesen, 2BG. Bilag 1.8).

VADI'er og infiltrationsplæner er pladskrævende og kan derfor være svære at indpasse, hvor der i forvejen er etableret befæstet areal eller opført bygninger. Disse teknologier er lettest at tilføje i eksisterende grønne områder, hvilket dog er knap så effektivt, da de arealer allerede er med til at absorbere og filtrere regnvand udenom det eksisterende kloaksystem. Således opgraderer VADI'er og infiltrationsplæner ofte blot allerede fungerende vandhåndteringsarealer. Når de etableres på tidligere befæstet areal, vil de til gengæld, udover at lede vandet mindre direkte til kloaksystemet, også forebygge varme-ø-effekten ved øget fordampning og reduceret termisk masse.

Græsarmering er mere direkte bestemt for konverteringen af uigennemtrængelige flader på veje og kørselsrelaterede områder og øger her også nedsivning og fordampning .

Men der er dog også andre problemstillinger forbundet med lokal nedsivning af regnvand i urbane områder. Jordlagene under byen har gennem flere århundreder lagret forurening fra industriområder og lignende funktioner. I dag har man svært ved at kortlægge, hvor forureningen egentlig ligger, og hvor store mængderne reelt er (Berit Haahr Hansen, 2009). Dette er således problematisk i forbindelse med nedsivningsinitiativer, da det ligeledes kan være svært at få et overblik over, hvor det infiltrerede regnvand ender henne, og ikke mindst hvor det kommer til at gøre skade på naturen. Ifølge Simon Toft fra 2BG har EU´s direktiv til nedsivning af regnvand også virkelig skrappe krav. Så skrappe at de er meget vanskelige at overholde med de undersøgelser vi har lavet ind til videre i Danmark(bilag 1.8). Dette kan imidlertid virke lidt paradoksalt, da SUDS hovedprincip netop er at spare naturen for yderligere forurening ved lokal nedsivning frem for gennem det fælles kloaksystem. Men med tiden kan der måske komme en løsning på forureningsproblemet, som Marina Bergen Jensen fra KU LIFE forsker i, også omtalt som den dobbeltporøse filtrering.

Afløbsrenderne er mere anvendelige i forureningsmæssige sammenhænge, da denne teknologi ikke nedsiver og infiltrerer, men blot opmagasinerer og forsinker regnvandet. Derudover anbefaler de fra 2BG, at man anvender de overfladenære løsninger som VADI, da muligheden for at kontrollere kvaliteten er bedre. Det er tilgængeligt at montere og udskifte jorden, hvis ikke den opretholder forureningskravene (Toft, 2BG bilag 1.8).

De nævnte supplerende teknologier kan altså fungere som både supplement og alternativ til begrønning af bygninger alt efter det stedspecifikke potentiale, men det må konkluderes at mest mulig afledning bør ske vha. begrønning af bygninger, som ikke giver risiko for forsumpning eller forurening pga. af nedsivning.

Men ved de helt ekstreme regnhændelser er det nok landskabsbaseret opbevaring og langsom nedsivning via oversvømmede enge mm. der skal løse problemet, som man i 2BG projektet prøver at få implementeret omkring Harrestrup Å (Bilag 1.8).

DELKONKLUSION 6

Supplementer og alternativer

Brug af grønne teknologier i byrum er en effektiv måde at håndtere større regnmængder lokalt, og visse af dem har også en positiv virkning på den termiske komfort. Dog skal de bruges med omhu. For mange faskiner kan give risiko for forsumpning, især i områder med lav porøsitet i jordbunden. VADI'er og infiltrationsplæner kan være svære at indpasse hensigtsmæssigt i tætte byer, men kan absorbere og filtrere store mængder regnvand og forebygge varme-ø-effekten ved øget fordampning og reduceret termisk masse.

Græsarmering er velegnet til forøgelse af nedsivning og fordampning på kørselsrelaterede arealer.

Der er potentielle problemer med nedsivning af regnvand i urbane områder, idet jordlagene under byen har lagret forurening, som er svær at kortlægge: Man kan ikke kontrollere, hvor det infiltrerede vand bevæger sig hen, og dermed heller ikke, hvor det kommer til at gøre skade på naturen.

Derfor kan det blive svært at leve op til EU's krav om øvre grænser for skadestoffer, hvilket hænger dårligt sammen med ønsket om bæredygtighed ved disse indgreb. Men med tiden kan der måske komme en løsning i form af dobbeltporøs filtrering – her foretrækkes overfladenære løsninger, da jordkvaliteten bedre kan kontrolleres og udskiftes, hvis ikke den opretholder forureningskravene.

Regnvandstanke og afløbsrender er mere anvendelige ved forurenet jord, da de ikke infiltrerer vandet, men blot opmagasinerer og forsinker det. Herved opnås dog ingen videre termisk effekt.

De omtalte teknologier kan alle fungere som enten supplement eller alternativ til begrønning af bygninger alt efter det stedspecifikke potentiale, men det må konkluderes, at mest mulig afledning bør ske vha. begrønning af bygninger, som ikke giver risiko for forsumpning eller forurening.

Ved de helt ekstreme regnhændelser er det imidlertid landskabsbaseret opbevaring og langsom nedsivning, der skal løse problemet.

Som det indikeres i de foregående afsnit, er det let nok at blive enige om de kvalitative egenskaber ved begrønning af bygninger, mens kvantificeringen af de egenskaber er sværere at opgøre med overbevisning. Dermed bliver folk i almindelig usikre på, hvor godt givet ud en eventuel investering i dette vil være, samt hvor stor risiko, der er forbundet med det, sammenlignet med de konventionelle løsninger. Dette er dog ikke den eneste grund til, at vi stadig har så mange ubeplantede overflader i vores byer: Selve den samfundsmæssige implementeringsproces kan vise sig at være temmelig omfattende, da disse tiltag kræver meget bred tilslutning for at have en afgørende effekt. Her har de konventionelle løsningsmodeller en klar fordel, idet ansvarsfordeling, processtyring og realiseringsfaser allerede er rimelig fast fordelt på forskellige aktører. Befolkningen har desuden allerede på forhånd accepteret de velkendte teknologier og sætter derfor ikke spørgsmålstegn ved deres effektivitet, som de vil gøre i forbindelse med et evt. teknologisk paradigmeskift, der oven i købet indbefatter indgreb i privat ejendom.

Dette afsnit omhandler de faktorer, der spiller ind i forbindelse med realiseringsfasen for byforgrønnelses-initiativer – fra de helt lavpraktiske overvejelser til de samfundsmæssige mekanismer, som på godt og ondt vil få en betydning for resultatet.
Herunder fokuseres hovedsagelig på tiltag for aflastning af kloaknettet, hvilket anses for at være det aktuelt stærkeste planmæssige argument for byforgrønnelse i Danmark (jf. evt. hovedafsnit 2) og det mest komplicerede mål at leve op til. Dog skal det ikke undervurderes, at de andre argumenter for byforgrønnelse i høj grad er med til at danne grundlaget for, at idéen er blevet så populær blandt beslutningstagere. Endvidere vurderes det, at stort set hele det realistiske potentiale for byforgrønnelse skal udnyttes, i hvert fald i den tætte by, for om muligt at leve op til det forudsete fremtidige vandafledningsbehov. Mange af de andre egenskaber vil således automatisk komme i spil – herunder nedbringelse af varme-ø-effekten, bedring af luftkvaliteten og bidrag til byens attraktionsværdi (sidstnævnte naturligvis under forudsætning af, at det udføres attraktivt i praksis).

Lavpraktiske forhold

Ved begrønning af bygninger

En bygnings stand kan have stor betydning for succesoplevelsen: Det nytter ikke noget at lægge grønt tag direkte på et mørnet lag tagpap – levetiden for en ubeskadiget tagmembran kan forlænges med grønt tag, men hvis der fra starten er revner, kan fugten trænge igennem. Det samme gælder for murene: velholdt murværk ødelægges ikke af klatreplanter, men beskyttes i stedet mod Uv-strålingen. Hvis murværket derimod er mørt og hullet, kan planterne finde vej ind i sprækkerne, og deres rodnet kan bidrage til nedbrydningen (Torben Dam, 2006).

Der hersker ifølge Dorte Rømø fra Københavns Teknik og Miljø Forvaltning en del usikkerhed i den brede befolkning vedr. risikoen for vandskade ved installationen af eksempelvis grønne tage. Jesper Christensen fra producenten Nykilde Frø har da også oplevet nogle ret grelle tilfælde i forbindelse med dårlig udførsel (bilag 1.4 og 1.6). Men som de begge argumenterer, kan man også opleve vandskade med et konventionelt tag, der er dårligt udført – ligegyldigt hvilket tag man får lagt, er det af afgørende betydning, at der er en vandtæt membran, som er ordentligt tætnet i kanterne og ikke perforeret nogle steder. Men for at give yderligere tryghed for de interesserede udbydes der nu, fra bl.a. producenten ZinCo Danmark, deciderede taggartner-kurser, hvor fagfolk oplæres i de specifikke karateristika og faldgruber ved implementeringer af grønne tage – fra tagmembranen og opefter. Man

kan således hyre en autoriseret installatør af grønne tage, selvom de stadig udgør et fåtal i Danmark. Undertaget kan man dog ikke regne med, at de udfører, selvom det heller ikke er uden betydning: Hvis det er en gammel bygning, hvor taget er begyndt at bøje ned nogle steder, skal der opretning på, så ikke der er risiko for, at vandet står i fordybningerne i fugtige perioder og ved snefald, hvor snedækket kan risikere at smelte indefra. Dette øger risikoen for fugtskader og drukner planterne. Derudover er tagets, og de resterende bærende konstruktioners, statiske egenskaber naturligvis afgørende for, om det er en god idé at lægge ekstra vægt på, samt om der skal tilføjes ekstra bærende elementer.

Valg af teknologi

Noget af det afgørende er som tidligere nævnt, at man vælger en teknologi, der passer til den pågældende situation. Der er for det første forskel på, om begrønnings-elementerne købes i præfabrikerede enheder eller dyrkes på stedet. For kunden er det enklest med den præfabrikerede løsning, som stort set er vedligeholdelsesfri og også generelt får et tættere og mere dækkende udtryk (Christensen, bilag 1.6, og Lundberg, bilag 1.7). Men som strategi for en storby som København kræver dette naturligvis, at der er tilstrækkelig store dyrkningsarealer til rådighed. Derudover må man overveje en aktuel bygnings karakteristika:

- Intensive tage kan kun installeres på meget flade arealer på bygninger med gennemgående høj bæreevne, og de kræver meget vedligeholdelse

- Ekstensiv tagbeplantning kan implementeres på de fleste tage og kræver minimum vedligeholdelse, men bæreevnen skal stadig kontrolleres, og for stejle hældninger bør der tages forbehold for øget udtørringsrisiko.

- Klatreplanter, wire- og gittersystemer til vertikal begrønning kan etableres på de fleste mure, hvis der bare er jord til rødderne nedenfor.

- Facade-beklædninger med vækstmedie er tungere og kræver dermed en robust ydermur og nogle veldimensionerede fundamenter

Figur 3.52: Eksempel på et intensivt tag. Foto: brownstoner.com

Figur 3.53: Sedummarkerne i Slagelse, Nykilde. Eget foto

Figur 3.54: Klatreplanter fra en gård i København. Eget foto

Intensive grønne tage kan ikke rigtig præfabrikeres med fordel og må opbygges på stedet – selvom enkelte dele som for eksempel rullegræs, drænkassetter og lign. selvfølgelig godt kan være præfabrikeret, ligesom i en almindelig have på gadeniveau.

For de ekstensive tage er det mest almindeligt at bruge færdige plantemåtter. Disse gror i de første måneder på marker og tager dermed en del plads. Men teknologien med plante-kassetter kunne måske optimeres til at tage mindre plads i landskabet ved at lave et hyldesystem el.lign. – dog alligevel med det for øje, at planterne skal have dagslys for at gro jævnt og pænt. Hvis man ikke har den fornødne plads til rådighed, er det også muligt at installere grundbestanddelene, og lade planterne gro direkte på taget. Dræn- og vækstlaget er det mest afgørende for sugeevnen, så der opnås en forholdsvis god regnvandshåndtering, også inden planterne er groet ud (Hutchinson et al. 2003).

Men denne løsning betyder meget mere vedligeholdelse de første år, og i den høje, tætte by kan dette jo godt være en smule problematisk, da ikke alle tage er lige tilgængelige. Ydermere går der noget tid før den ønskede visuelle effekt gør sig gældende, og indtil planterne er vokset ud kan taget måske se lidt trist ud.

De grønne facade-elementer fra Nykilde Frø kan til gengæld kun præfabrikeres. De gror lodret og kan opsættes på begge sider af en væg, så de tager halvt så meget plads, mens de forberedes til opsætning.

Også Lars Baks fibermatrix til etablering af grønne facader skal præfabrikeres, men dette er ifølge ham selv netop en af dens fordele: formningsteknikken sker på basis af "nonwoven airlaid" – tørre fibre, der spredes ovenfra og suges an på en wire underneden, hvorved laget af fibre opstår. Da denne teknik primært anvendes til fremstilling af hygiejne produkter som toiletpapir og babybleer, er den tilpasset en meget høj produktion og elementerne kan således produceres med relativ høj hastighed. Dette gør teknologien velegnet som del af en bystrategi, hvor efterspørgslen kan stige pludseligt, og giver desuden gode forudsætninger for kommerciel succes.

Montage

Hvordan man opsætter et grønt tag eller en grøn væg afhænger også meget af den valgte teknologi. Noget af det afgørende for anlægsprisen er, hvorvidt der skal opsættes stillads eller ej.

Under alle omstændigheder bliver det nødvendigt at have en lift eller en anden form for hejsesystem for at få begrønnings-elementerne op i den påkrævede højde – men størrelsen af denne kan være afgørende for prisen og afhænger af både bygningens højde, adgangsforholdene i gadeplan mm. (Se evt. eksempelvis www.antonpetersen.dk)

Tage

Tagkassetterne kan godt bæres op manuelt, da de er dimensioneret efter, at en person skal kunne installere dem alene (Jesper Christensen, bilag 1.6), men dette vil være uhensigtsmæssigt i den tætte by, da det vil kræve alt for meget arbejdstid, når man har med bygninger på flere etager at gøre. Som vist på nedenstående figur fra Zinco Tyskland kan montagen af ekstensive tage godt sikkerhedsmæssigt foregå uden stillads, hvis man i stedet benytter den illustrerede "sikkerhedssele" på figur 3.55.

Inden der tages stilling til sikkerhedsforanstaltningerne, bør man dog undersøge tagets stand: Hvis det alligevel skal skiftes, eller hvis supplerende bjælker er påkrævet og således skal kunne komme ind i bygningen et sted, bliver det sandsynligvis under alle omstændigheder nødvendigt at opsætte

Figur 3.55: Illustration fra Zinco Tyskland: arbejdssikkerhed uden stilladser

stilladser til det formål, og i så fald vil det være mest effektivt også at benytte disse ved montagen af det grønne tag (Petersen, Rådgivende ingeniør, 2009). Antallet af betalte arbejdstimer ved montagen vil også være afgørende for prisen, men ifølge Jesper Christensen fra Nykilde Frø, kan måtter og kassetter godt monteres af ikke-fagfolk med lidt teknisk sans – der vedlægges en skriftlig vejledning, når man køber produktet, selvom det desværre ikke er alle, der tager sig tid til at læse den grundigt nok. Han anbefaler dog alligevel, at grønne tage over beboelsesformål udføres af professionelle.

Mure

Også montagen af den vertikale begrønning afhænger af, hvilket system der vælges: I forbindelse med wire-systemet kan planterne fastgøres på jorden, hvorefter toppen af wiren hejses op og fæstnes ved taget (bilag 1.7). Her vil en sikkerhedsline som den førnævnte også være nødvendig, mens et stillads ville være i vejen. Nykildes og Baks endnu ikke færdigudviklede facadeelementer vil få en større vægt, og må nok forventes at skulle monteres med en lift el. lign. I den forbindelse kan det blive afgørende at investere i udvikling af et optimeret ophængningssystem.

Ved begrønning af byrum og andre supplementer

Byrummene er generelt lidt mere tilgængelige end bygningernes flader, men til gengæld er det ikke nok at rulle en måtte ud. Arbejdsbyrden forbundet med etableringen af nedsivnings- og forsinkelsestiltag afhænger meget af den ønskede kapacitet, idet denne er nogenlunde proportionel med størrelsen af udgravningsarbejdet. Flere af tiltagene kan godt udføres af ufaglærte (faskiner, infiltrationsplæner, afløbsrender), men der kræves en autoriseret kloakmester til at frakoble nedløbsrøret til regnvandet fra kloaksystemet. Det er nødvendigt at kende de lokale koter, grundvandsstanden, jordbundsforholdene mm., hvis man skal være sikker på den ønskede effekt. Særligt i tætte byområder bør man være opmærksom på ikke at sende vandet uovervejet videre, idet man kan komme til at forårsage oversvømmelser andetsteds. Der kræves således en mere eller mindre omfattende stedsanalyse, inden implementeringen finder sted – alt efter om det pågældende område ligger højt eller lavt, i et åbent eller lukket byrum, med kobling videre eller nødvendighed af fuld sikring osv. (2BG-seminar, bilag 1.8)

Størrelsen af arealet til rådighed kan være afgørende for, hvilken af teknologierne, der vælges: På bydelsniveau giver afløbsrenderne god mening, men ikke på matrikelniveau, medmindre den pågældende matrikel er temmelig stor. Infiltrationsplæner skal have et relativ stort åbent areal i forhold til eksempelvis faskiner, der graves ned og bare skal være minimum et par meter fra bebyggelse. VADI'er kræver også et vist åbent areal, selvom de er mere effektive end infiltrationsplænerne, og bedst er det, hvis de kan være langstrakte. Regnvandsudnyttelse til husholdningsbrug er ikke teknisk svært at gennemføre, og den ekstra rørføring, der er nødvendige for at adskille regnvand fra drikkevand, kan i store dele af indre by og brokvarterene installeres i forbindelse med snarlig udskiftning af de eksisterende, nedslidte vandrør. Men der kan i den tætte by ofte opstå pladsmangel i forhold til opbevaring af de nødvendige, temmelig store regnvandstanke. Tankenes høje vægt kan desuden ofte betyde nødvendighed af styrkede eller supplerende fundamenter, dér hvor de skal stå (bilag 1.1). Ydermere kan der være overvejelser vedr. vandets kvalitet – eksempelvis kan vand fra grønne tage være misfarvet og dermed uegnet til tøjvask.

DELKONKLUSION 7

Lavpraktisk implementering

Det er vigtigt, at der vælges teknologi på baggrund af de stedspecifikke karakteristika:

På bygninger har intensive tage og facadebeplantning med drænlag størst effekt, men deres vægt er også højere, hvilket stiller skærpede krav til bæreevne, og tagene kræver desuden mulighed for jævnlig vedligehold. Ekstensive tage og klatreplanter kan derimod implementeres mange steder uden yderligere konstruktionsmæssige foranstaltninger og med minimalt vedligehold. Det bør dog kontrolleres, at muren er intakt, inden planterne får lov at klatre. Etableringen af væksterne sker for intensive tage og klatreplanter som regel på selve bygningen, og det tager dermed tid, inden de er groet ud.

Ekstensive tage og facadebeplantning med vækstlag præfabrikeres som regel og kan monteres i færdig udgave ved brug af en lift og/eller et sikkerhedslinesystem. For facaderne skal der dog udvikles videre på et facadesystem.

Det vil give mening at udføre arbejdet i forbindelse med, at taget alligevel skal renoveres, hvorved man vil kunne opnå nogle besparelser.

For byrum gælder, at pladsbehovet skal være dækket og koterne skal være kortlagt for at undgå dårlig afledning eller oversvømmelser længere nede ad vejen. Etableringen vil i sig selv være mere tilgængelig, men der kræves dog en grundigere stedsanalyse.

Montering af regnvandstanke er ikke teknisk svært, men gøres også smartest ved renovering af eksisterende rør, da det ellers er kompliceret at komme til. I den forbindelse kan den største udfordring i den tætte by blive den høje vægt kombineret med pladsmangel, da dette betyder, at eksempelvis plads tage ikke kan bruges til formålet.

Samfundsmæssige forhold

Selv når/hvis alle de praktiske forhold bliver afklaret, og ifald det konkluderes, at klimatilpasning via byforgrønnelse teknisk, økonomisk og miljømæssigt set er den rigtige løsning, er der stadig nogle vigtige udfordringer forbundet med fordeling af ansvar, investeringer og initiativ. Hvem skal gøre hvad, hvornår og for hvis penge? Hvem hæfter for dét, der går galt?

Vi har foreløbig et dårligt beslutningsgrundlag i Danmark mht. ukonventionel vandafledning, og dermed i høj grad også klimatilpasning, idet vi ikke med sikkerhed ved, hvad det koster at anlægge det og at drive det, men dette arbejder bl.a. folkene fra 2BG på at ændre (Marina Bergen Jensen, 2BG-seminar, bilag 1.8). I mellemtiden bør den samfundsmæssige implementeringsproces overvejes nøje.

Nytænkning nødvendigt

Man kan sige, at byforgrønnelse rent planmæssigt er et forandringsledelsesprojekt som eksempelvis udbredelse af energieffektivitet i byggeriet, hvor en proaktiv planmæssig tilgang er nødvendig. Rapporten "Municipalities as promoters of energy efficient buildings – idea catalogue for proactive planning practices" (Maj-Britt Quitzau et al. 2009) konkluderer, at det eksisterende plansystem i denne sammenhæng ikke er tilstrækkeligt i sig selv, og at der er et presserende behov for modernisering af plansystemet, hvis kommuners gode hensigter og anstrengelser skal komme til deres ret. Det er en kompleks opgave at mobilisere lokale aktører med henblik på fremme af bæredygtige tiltag, og for at gøre den mere overkommelig bringes derfor to anbefalinger:

- At eksisterende planlægningsværktøjer gøres mere umiddelbart anvendelige og virkningsfulde

- At nye procesorienterede planlægningsværktøjer indføres for at gøre mobilisering af lokale aktører mere overskueligt for planlæggere at håndtere i praksis.

Selvom disse anbefalinger i rapporten retter sig specifikt mod fremme af energieffektive bygninger, vurderes det, at de planmæssige problemstillinger forbundet med bæredygtig klimatilpasning på mange punkter er de samme. Blandt andet er der i begge sammenhænge tale om nødvendighed af både indgreb på privat ejendom og etablering af et omfattende teknologisk vidensgrundlag. Herunder vurderes mulighederne ved disse to tilgange derfor i forhold til implementeringen af klimatilpasning i kommunerne.

Politik og lovgivning

Når plansystemet indtil nu ikke har taget højde for klimatilpasning, er det til dels fordi konsekvenserne af den globale opvarmning er et nyopstået problem i danske byer. Ligesom med energiforbruget i bygninger er det derfor noget, der skal arbejdes med for at skabe planredskaber, som virker i praksis. Planloven siger ikke meget – under statslige interesser i kommuneplanlægningen nævnes det eksempelvis ikke (Lars Bodum, bilag 1.1). Så hvad er der af muligheder til rådighed, hvis man som kommune gerne vil gennemføre en lokalt baseret regnvandsstrategi eller lignende tilpasningstiltag?

Flere af vores kilder (Ex. Dorte Rømø, bilag 1.4, og "København går glip af milliarder: Private kobler ikke regnvand fra kloak", ing.dk d.7/12) nævner nødvendigheden af større fokus på problemerne og mere opbakning til de bæredygtige løsninger forbundet med klimatilpasning fra regeringens side. Ifølge fagbladet Ingeniøren er det i miljøministerens øjne heller ikke umuligt, at private, der ikke afkobler sig, på længere sigt skal til at betale for det (Artikel: ing.dk 10/12/09). Men det er spørgsmålet, om planloven overhovedet skal nævne klimatilpasning, eller om det som med meget andet bare skal kunne tages op efter aktualitet og behov? Den danske plantradition bygger ikke på tvang, men dette betyder samtidig, at det kan være ret svært at planlægge sig ud af visse problemer, hvis løsningen er ubekvem (Lars Bodum, bilag 1.1).

"Selvom bæredygtigt nybyggeri er positivt og har en signal-værdi, er det ikke det, der batter. Hvis vi derimod ikke gør noget ved den eksisterende bygningsmasse, får vi ikke bæredygtige byer!" – Holger Bisgaard, 2009

Regulering – eksisterende vilkår

Lovmæssig regulering af byudviklingen er et af de meget stærke planlægningsmidler, da det er direkte bindende for investorer og developere (Maj-Britt Quitzau et al. 2009).

Men for at styrke nærdemokratiet ønsker man at begrænse top-down-styring, hvilket nedlæggelsen af amterne eksempelvis er resultat af. Lokalplanerne er et af kommunernes stærke kort. Derigennem kan der fastlægges bestemmelser for flere brugbare emner i forhold til klimatilpasning: bebyggelsesprocent, byggematerialer, arealudnyttelse ubebyggede arealers udformning, terrænregulering, beplantningsforhold, og endelig bevaring af landskabstræk i forbindelse med bebyggelsen.

Men disse virker alle kun indirekte og kan f.eks. forebygge, at eksisterende potentiale omdannes uhensigtsmæssigt. De senere år har det også været muligt at sætte standarder for energiniveau – men altså endnu ikke klimatilpasning.

Der er således vide rammer for hvad lokalplanen kan regulere, men ingen krav om hvad den skal regulere. Det er dog i god overensstemmelse med planlovens karakter af rammelov (Rosenbak og Jørgensen, 2009).

Noget af det afgørende er dermed samspillet mellem staten og kommunerne: Som det er nu, formulerer regeringen nogle prioriteter, direktiver og målsætninger, som kommunerne har til opgave at efterleve i hver deres geografiske område. Men samtidig har kommunerne gerne en egen agenda, blandt andet styrket af den indbyrdes konkurrence kommunerne imellem – klimavenlig branding kunne være et eksempel, som begreberne "klimakommuner", "kurveknækkere" og "energibyer" indikerer (nitiativer af hhv. Danmarks Naturfredningsforening, Elsparefonden og Klima- og Energiministeriet). I den forbindelse kan for meget regulering fra regeringens side komme til at virke hæmmende for kommunernes målsætninger, idet kommuneplanerne skal efterleve regeringens retningslinjer. Men samtidig er der mange forhold, kommunerne ikke må stille krav til uden lovmæssigt grundlag, hvilket kan trække visse implementeringsprocesser i langdrag. Ifølge rapporten "Den grønne by – udfordringer og muligheder" (Rosenbak og Jørgensen, Skov og Landskab, KU 2009), som er udarbejdet for By- og landskabsstyrelsen, er de mest relevante regelværker i forbindelse med klimatilpasning via byforgrønnelse hhv. fredning, skovloven, planlovens bestemmelser samt bygningsreglementet. Men rapporten konkluderer samtidigt, at de rekreative og grønne områder på trods af deres mange funktioner står relativt svagt i lovgivningen om byudvikling, planlægning og byggeri: "Der findes ingen retningslinjer eller anbefalinger omkring mængden eller kvaliteten, og der er kun få redskaber, som kan være med til at sikre de grønne områder på sigt."

Til gengæld vurderes det i samme rapport, at kommuneplan og lokalplan er velegnede redskaber til at udvikle og fastholde en grøn struktur, hvilket også benyttes i mange kommuner. Disse planer giver større fleksibilitet, men samtidig også mindre beskyttelsesværdi, idet grønne områders status kan ændres eller inddrages til andre formål.

Men det er et stort problem, at reguleringsbaseret planlægning hovedsagelig virker ved udvikling af nye projekter i byen, hvorimod der er få kontrolmuligheder over den eksisterende bygningsmasse (Dorte Rømø, bilag 1.4). I øjeblikket er mange byggeprojekter gået i stå på grund af finanskrisen, og der er af samme årsag heller ikke nær så mange nye under udvikling, som der har været tidligere. ¾ af det danske byareal er opført siden 1945 (seminar: Benspænd for bæredygtige byer), og da bygninger samtidig har en levetid på op til 100 år eller mere, står det således klart, at det er nødvendigt med en alternativ planmæssig tilgang, hvor fokus er på udvikling af eksisterende byområder.

Regulering - udviklingsmuligheder

Ifølge Dorte Rømø fra Teknik- og miljøforvaltningen i Københavns Kommune er der i øjeblikket stor diskussion om, hvorvidt kommunerne kan stille krav til grønne tage (bilag 1.4). De ved ikke helt, hvad de må, og hvad de ikke må. En mulighed for forbedring af planredskaberne kunne være at formulere et generelt krav til udvikling og kortlægning af klimatilpasningsstrategier i alle kommunerne – dette ville være tilstrækkeligt til, at der kunne sættes specifikke krav til eksempelvis byforgrønnelse, mens kommuner med andre behov ville have mulighed for at vælge anderledes tilpasningsstrategier.

Gertrud Jørgensen, forskningschef i afdelingen for By- og Landskabsstudier på Københavns Universitet, vurderer, at det mest fordelagtige indgreb i regulativerne, hvis man aktivt vil ind og gøre en forskel, ville være tilføjelse af klimatilpasning som tema under kommuneplankataloget.

Her gives rammerne for, hvilke temaer kommunerne skal behandle, mens kommunerne selv vælger hvordan. Hvis regeringen vurderer, at der er gyldig argumentation for, at det er en nødvendighed i forhold til fremtidsscenarierne, kan man forestille sig, at der kan implementeres et nyt punkt mht. forgrønnelse/klimatilpasning (bilag 1.3).

Andre mulige regulerende tiltag kunne være indførelse af minimumskrav til andelen af permeable overflader på en matrikel eller krav til en vis nedsivningskoefficient eller grønfaktor som benyttes i eksempelvis Sverige. Sidstnævnte går ud på at klassificere de forskellige overflader efter tilpasningskvalitet og gøre fordelingen på det samlede areal op (Jens Hvass, 2007).

Et sidste alternativ er, at der bliver opstillet krav til grundejere om anskaffelse af regnvandstanke eller lignende tiltag. Dette kunne gøres på linje med eksempelvis det nyligt gennemførte krav til anskaffelse af postkasser i etageejendomme. Niels Bendt Johansen fra Københavns Energi har regnet lidt på dette: ”Man kunne jo sagtens forstille sig, at alle husstande havde en standard regnvandstønde på 200 liter. Med de 250.000 husstande giver dette 50.000 m3, hvilket set i forhold til den nuværende opmagasineringskapacitet på 220.000 m3 ville være et afgørende bidrag” (bilag 1.5).

En læser på fagbladet Ingeniørens hjemmeside konkluderer i den sammenhæng:

”Husejerne ved hvad de har, men ikke hvad de får. Der skal ikke mere end et enkelt stort regnskyl til før en besparelse på få tusinde kroner er væk. Derfor kommer man nok ikke udenom at bruge tvang, hvis man vil have husejerne til at nedsive regnvandet.” (Af Nikolaj Rasmussen, 07.12.2009)

Økonomi

Et andet planlægningsværktøj er brugen af økonomiske incitamenter til fremme af en kommunal interesse. Her er det spørgsmålet, om der i en given sammenhæng skal benyttes gebyrer (pisk) eller tilskud (gulerod). Det giver logisk nok en mere positiv indstilling i befolkningen, hvis der benyttes tilskud, men problemet med dette er, at nogen skal stille disse penge til rådighed, og at kommunerne som oftest ikke har det påkrævede finansielle råderum herfor (Quitzau et al, 2009). I forbindelse med eksempelvis oplandet til Harrestrup Å, som er Københavns kommunes mest belastede ved ekstremregn, er mange af løsningsplanerne lavet i kommunen, men der afsættes bare ikke nok penge til at fuldføre dem. Den politiske opbakning er stadig for svag, så udviklingen går langsomt, og selvom bl.a. 2BG-deltagerne flere gange har søgt midler, har det blot resulteret i afslag (Jan Burgdorf Nielsen, 2BG-seminar, bilag 1.8).

Dermed afhænger resultatet til dels af puljer udefra – staten, private fonde eller EU kunne være nogle muligheder. Men brug af disse kan kompromittere en kommunes autonomitet, idet der ofte følger ret-

ningslinjer eller krav med fra bidragsyderen. Ydermere kan der stilles spørgsmålstegn ved, hvorvidt økonomiske incitamenter kan generere det ønskede teknologiske paradigmeskift, eller om de blot fremelsker nogle få pilotprojekter, som ikke løser problemet alene (Quitzau et al, 2009).

Et af argumenterne for at nytænke vandafledningssystemerne er, at det (antagelig) indebærer en samfundsøkonomisk gevinst, samtidig med at flere af de andre klimarelaterede problemer også delvis afhjælpes (Niels Bendt Johansen, bilag 1.5). Men det er i denne sammenhæng ikke nok, at løsningen er rentabel på samfundsniveau – den skal også forekomme attraktiv for borgerne, hvis opbakning er afgørende for succesen. For at indføre nogle meningsfulde gebyrer eller tilskud til fremme af grønne tiltag i byen er det derfor nødvendigt med et sammenligningsgrundlag, som i dette tilfælde ganske enkelt er: Hvad er alternativet? Der er tale om merudgifter for borgerne under alle omstændigheder – uanset om de er forårsaget af skader på det byggede miljø, finansiering af et større kloaksystem eller implementering af grønne og blå tiltag – hvilket må anses for at være en "fordel" i denne sammenhæng, idet alternativet kan forekomme endnu værre. Således vil gennemsigtighed i forhold til baggrunden for incitamenterne også være afgørende for, hvordan disse bliver modtaget i befolkningen.

Københavns Kommune dækker et areal på 89,78 km2 med omkring 277.125 husstande, hvis man definerer en husstand som en beboet bolig (beregnet ud fra statistik opgivet på kommunens hjemmeside). De cirka 15 mia. kroner, som Københavns Energi vurderer, det vil koste at tilpasse alene kloaknettet til fremtidige klimaforhold (jævnfør afsnit om klimatilpasning), svarer således til et beløb pr. husstand på 54.127 kr. i alt. Hvis man regner med en tidshorisont på 20 år, altså frem til år 2030 som er den første nuværende deadline hos København E (bilag 1.5), giver dette en årlig udgift på 2.706 kr/husstand eller en månedlig på 225 kr/husstand. Disse tal bidrager i grove træk med et billede af, hvilken økonomisk størrelsesorden de alternative tilpasningsinitiativer kan komme op på for den enkelte husstand uden at blive urentable i sammenligning med den konventionelle tilgang. Dog tager de ikke højde for, at størrelsen på husstande og deres bidrag af regnvand til afledningssystemet kan variere markant, ligesom erhvervslivets ansvar heller ikke er medregnet.

Det er afgørende, at sammensætningen af incitamenter afføder en motivation hos den rette målgruppe, i forhold til hvor det som udgangspunkt er vigtigst at afkoble.

Det faktiske regnestykke vil være noget mere kompliceret end det ovenstående, da typen og størrelsen af en bolig, men også karakteren af de tilhørende udearealer – befæstede eller permeable – bør medregnes ved tilrettelæggelse af incitamenterne. Ydermere er det vigtigt at delagtiggøre og motivere virksomheder, idet erhvervs- og industribygninger ofte har særligt store tagflader, tungere energiforbrug til mekanisk køling og samtidig gerne omgives af betydelige befæstede arealer til parkering, transport, opbevaring o. lign.

Eksisterende incitamenter

Problemet er bare, at man foreløbigt ikke har tilstrækkelig konkret viden om, hvad realiseringen af en LAR- eller byforgrønnelsesstrategi koster – til dels fordi prisen i høj grad afhænger af, hvordan den udføres, og hvad fordelingen mellem de forskellige teknologier bliver.

Som det er nu, refunderes 40 % af tilslutningsbidraget til alle husstande i Københavns fælleskloakerede områder, hvis de afkobler deres regnvand fra kloakkerne ved brug af en faskine. Dette er et engangsbeløb på 21.794 kr. Resten af tilslutningsbidraget tilbageholdes, idet spildevandet stadig skal afledes. Derudover halveres de løbende vandafledningsudgifter fra 17.95 kr/m3 til 8,97 kr/m3 ved installation af regnvandsanlæg med henblik på udnyttelse af regnvand i husholdningen (www.ke.dk). Til sammenligning brugte en gennemsnitsborger i

København 42 m3 vand i løbet af 2008, men da en afgørende del af det samlede forbrug går til formål, hvor regnvand af hygiejniske årsager ikke må benyttes, vil denne besparelse ligge på højest et par hundrede kroner pr. person pr. år. Til gengæld sparer man selvfølgelig også selve udbudsprisen for vand på de kubikmeter regnvand der udnyttes i stedet for postevand, dvs. 45 kr/m3, som jo giver lidt mere (Tal oplyst af Center for Miljø).

De første resultater

Københavns E har måttet sande, at det er sværere end forventet at videregive begejstringen for afkobling til borgerne. Efter næsten et års annoncering og opslag om tilskud til afkobling fra den centrale regnvandsafledning i fælleskloakerede områder med en ambition om 500 henvendelser og 50 færdige aftaler, står de nu med et resultat på 170 henvendelser og 12 færdige aftaler. Yderligere 19 husstande er godt nok blevet godkendt, men den endelige aftale for disse er endnu ikke i hus. Ifølge fagbladet Ingeniøren (Artikel: ing.dk, 07/12/09) erkender sektionslederen hos Vand & Afløb i Københavns Energi, Allan Broløs, at de nok har været for optimistiske, samt at den manglende interesse fra borgerne givet vis skyldes, at der ikke er mulighed for at give dem tilstrækkeligt gode incitamenter. Kommunens betalingsvedtægt for spildevandsanlæg foreskriver, at der kan tilbydes en refusion på max. 40 procent af tilslutningsbidraget, hvilket åbenbart ikke er tilstrækkeligt. »Selve afkoblingen fra kloaknettet skal foretages af en autoriseret kloakmester. Så man skal selv stå for nedgravningen og tilslutningen af faskinen, ellers bliver der ikke meget til overs,« fortæller han.

En faskine koster omkring 500-1000 kr. pr. 25 m^2, alt efter om man selv graver den ned eller får det gjort professionelt i forbindelse med købet (www.kloak.nu, www.billigvvs.dk). Det fremgår således tydeligt, at incitamentet forbundet med installation af faskiner langt bedre kan betale sig for etagebyggeri end for enfamilieshuse, da det baserer sig på antallet af husstande, mens prisen baseres på fladeareal. Hypotetisk vil en matrikel på 250 m^2 sammenlagt kunne indeholde enten 1 husstand i form af et hus eller 10 husstande i form af lejligheder, mens prisen for faskinen vil være den samme: ca. 7.500 kr. I dette tilfælde vil husejeren få et overskud på kun omkring 14.000 kr., mens hver lejlighed vil få et overskud på omkring 21.000 kr. Heraf skal desuden betales for den autoriserede kloakmester, der skal foretage afkoblingen fra kloaknettet, hvilket igen bliver 10 gange dyrere for husejerne. Men kommunen opnår til gengæld ikke 10 gange mere aflastning af kloaknettet ved den pågældende tidobling af tilskuddet. Dog afspejler forskellen til en vis grad, at det ofte er mere kompliceret at afkoble sig i den tætte by.

Incitamenter - udviklingsmuligheder

Et af de afgørende argumenter for at give tilskud til faskiner er, at man ønsker grundvandsbestanden sikret (Danny Rasmussen, Københavns E). Derfor gives der foreløbigt ikke tilskud til begrønning af bygninger. Men deltagerne i 2BG-projektet fremhæver VADI som den foretrukne infiltrationsteknologi, idet den har en mere effektiv nedsivning end infiltrationsplæner, og samtidig har et større samlet volumen og bedre vandfiltreringsegenskaber end faskinerne. I ekstremregnssituationer, som jo er dem man især gerne vil imødegå, kan infiltrationsplæner desuden også i mange tilfælde være mere effektive end faskinerne. Da begge disse teknologier nedsiver samme mængde vand til grundvandet som faskinen, kan man derfor undre sig over, at tilslutningsbidraget kun ved brug af netop faskiner gives delvis retur.

Ydermere bør man overveje konsekvenserne af, hvis faskinen ikke er nok til at undgå oversvømmelser i længden. Grunden til indførsel af incitamenter, den stigende regn, kan meget vel også være grunden til, at folk ikke tør vove pelsen. Det giver usikkerhed, at der ikke er nogen "fortrydelsesret" i forhold til afkobling – man kan ikke regne med at blive koblet på nettet igen, hvis løsningen skulle vise sig at være uholdbar. En art økonomisk ansvarsdeling mellem grundejeren og kommunen/Københavns

E kunne måske løse dette – at der i fællesskab kunne udvikles yderligere tiltag, hvis de indledende initiativer viste sig at være utilstrækkelige.

På længere sigt må man gå ud fra, at grundlaget for økonomiske incitamenter i forbindelse med begrønning af bygninger styrkes i kraft af stigende energiforbrug til mekanisk køling og nye udfordringer for mikroklimaet i de tætte byområder.
Prisen for præfabrikerede sedummåtter er ifølge producenten Jesper Christensen ca. 250 kr/m2 plus moms, men varierer med type og mængde, så det ville være billigst, hvis kommunen eller Københavns E fik lavet en samlet aftale, som borgerne kunne gå med under. Dertil kommer anlægsudgiften, som ligger på omkring 100-150 kr/m2 inklusiv leje af maskiner (lift mm.) (Jesper Christensen, bilag 1.6). Dette er noget lavere sat end vurderingen i Rambølls LAR-katalog, hvor den samlede kvadratmeterpris for ekstensive tage skønnes til 550 kr. som udgangspunkt med mulighed for op til 20 % nedslag for store arealer (LAR). Prisen vil naturligvis også afhænge af den specifikke sag – kan man komme til med en almindelig lift, eller er der en port eller andet i vejen, så man skal bruge en større kranvogn osv. Sådanne særlige behov kan koste dyrt, da kranvogne og -udstyr udlejes på timebasis, og de største af slagsen koster over 1000 kr/time (www.antonpetersen.dk). En grov beregning ud fra disse tal giver en pris på mellem 35.000-100.000 kr. for et nogenlunde standard enfamilieshus, 900.000-1.400.000 kr. for en boligbebyggelse og 1-3 mio. kr. for et større kontorbyggeri, alt afhængig af størrelsen og det aktuelle tilbud. Hvis boligbebyggelsen har omkring 220 lejligheder giver dette ca. en husstandsudgift på 4000-7000 kr.

Disse noget højere priser sammenlignet med faskinerne betyder, at der nok vil blive brug for en stærkere drivkraft for at få folk med på idéen. Men til gengæld er der mindre risiko forbundet med dette tiltag, idet der ikke nedsives vand i jorden, og da det også er et mere synligt tiltag end faskinen, kan det give flere fordele for både borgerne, byen og regeringens grøn-by-vision, hvilket absolut bør indregnes i tilrettelæggelsen af eventuelle incitamenter.

Men selvom argumenterne og velviljen er på plads, står problemet med, hvor pengene skal komme fra, stadig klart. Skal ekstra afgifter på regnvandsafledning finansiere tilskud til alternative løsninger? Dette kan muligvis lade sig gøre, indtil et vist punkt hvor for mange har afkoblet sig og for få betaler afgifterne. Men når dette punkt er nået, hvis det kan nås, vil det selvfølgelig være tegn på, at incitamenterne allerede har virket.

På Klima Camp DK 08, som var en "innovationslejr" for ledende beslutningstagere fra kommuner, interesseforeninger og erhvervsliv, blev der stillet forslag om, at folketinget udbygger lov om betalingsvedtægt med en særskilt afledningstakst på regnvand, som herefter skulle administreres af kloakforsyninger og bygningsmyndighed i fællesskab. Herved ville man opnå en "forureneren betaler"-virkning.

Derudover blev der i samme forbindelse udviklet et forslag om etablering af kommunalt afgrænsede klimafonde finansieret af både offentlige og private bygherrer. Fondenes midler skulle stamme fra kapitaliseringen af en øget byggeret hos de pågældende bygherrer, og disponering af midlerne tænkes at tage afsæt i en lovpligtig kommunal kortlægning og strategi for klimaindsatsen, som den ovennævnte. Dette skulle sikre en bedre mulighed for realisering af klimatiltag i den eksisterende, tætte by. Herunder nævnes bl.a. belønning af forsøg med grønne tage og facader. (http://www.ktc.dk/index.php?id=16092)

Formidling

Udover regulering ved lov og incitamenter kan offentlige interesser fremmes ved hjælp af etablering og udbredelse af information. Der kan ligge flere lag i dette: Regeringens formidling af målsætninger og retningslinjer til både kommuner og borgere, kommunernes formidling til regeringen af systemiske barrierer i forhold til planlægningen, samt kommunernes formidling til borgere og developere vedrørende generelle forhold og gevinster ved de pågældende tiltag.

I rapporten "den grønne by – udfordringer og

muligheder" (Rosenbak og Jørgensen, 2009) anses bedre formidling fra regeringens side for at være et af de meget centrale behov i forbindelse med grønne islæt i byudviklingen. Trods den konstatering, at de grønne områder er et svagt reguleret emne, er det i højere grad opmærksomhed, der efterspørges:

"Frem for at råbe på mere regulering, er det mere relevant at tale om muligheden for en mere præcis sprogbrug omkring den grønne struktur (særligt i planlov og bygningsreglement), om værktøjer og incitamenter, der balancerer passende mellem beskyttelse og fleksibilitet, om opmærksomhed på hvad de eksisterende værktøjer hver især kan, samt om vejledning og opmærksomhed på området fra statens side" – Grøn by rapport

Den opfattelse bekræftes af Dorte Rømø (bilag 1.4). Ifølge Lars Bodum, Lektor på institut for samfundsudvikling og planlægning på AAU, gik meget viden tabt ved kommunalreformen, da amterne nedlagdes – de havde fået udviklet en del materiale, som ikke har fundet en ordentlig plads i kommunerne endnu, herunder bl.a. mange GIS-relaterede oplysninger (Klimatilpasningsseminar, bilag 1.1). Det er derfor nødvendigt at hjælpe planlæggere og beslutningstagere med at klarlægge, hvor byforgrønnelsen vil være mest værdifuld/vigtig, samt hvor tiltag er mest nødvendige for at beskytte grønne islæt fra klimaforandringernes påvirkninger, således at investeringerne ikke er forgæves.

Nogle af 2BG-projektets undersøgelser afslører også et behov for bedre formidling, men hovedsagelig fra kommune til borgere: Der er konstateret modstand over for afkobling hos befolkningen, som bunder i manglende opmærksomhed og viden. Denne modstand styrkes nok af det faktum, at der kræves en investering – selv ved brug af incitamenter, idet incitamenterne virker bagud – men hvis man kunne etablere en større forståelse for de omkostninger, der følger klimaforandringerne under alle omstændigheder, ville denne investering komme til at virke relativt mindre.

I forbindelse med nedsivning er noget af denne modstand dog ikke helt ubegrundet, idet der kan opstå forsumpning, og der mangler viden mht. miljøkemiske risici. Her er etableringen af mere viden afgørende, så man i højere grad kan give en fyldestgørende vejledning omkring håndtering af faldgruber mm., hvilket kan øge tilliden til de anbefalede initiativer. Dette leder videre til en anden type formidling: Udarbejdelse af normer/standarder og vejledninger vedrørende de pågældende teknologier. Dette kan man sige, at Københavns Kommunes LAR-katalog allerede har taget hul på, selvom visse dele godt kunne tilføjes eller uddybes. Informationskampagner er ofte gennemført via de lokale agenda 21-centre, men har sjældent været i forbindelse med udbredelsen af specifikke byggetekniske løsninger. Man kan sige, at tilgængelig information, både for kommunale planlæggere og befolkning, er en nødvendighed for at undgå modvilje, men ikke en tilstrækkelig motivation i sig selv (Quitzau et al. 2009)

Den gode historie

Et sidste vigtigt redskab i forbindelse med formidling er videregivelse af den gode historie, så man sikrer et overvejende positivt indtryk af de foreslåede initiativer hos målgruppen.

Dorte Rømø pointerer, at realiseringen af grønne tage i høj grad handler om at formidle dem til borgere, politikere, bygherrer, arkitekter etc. – at sætte de rigtige billeder på: Hvilken association får de, når man nævner grønne tage? Det har ændret sig til en mere positiv holdning i forhold til tidligere, hvor mange så billedet af en bjælkehytte med græs på taget for sig, og dermed ikke kunne forestille sig, at det ville passe særlig godt ind i en storby (bilag 1.4). Den gode historie kan også formidles via pilotprojekter, men her er det af største vigtighed, at de bliver symbol på succes frem for fiasko. Londons første store vertikale have blev til et uønsket skræmmeeksempel:

Figur 3.56: Londons første store vertikale have blev til et uønsket skræmmeeksempel. Illustration: www.apartmenttherapy.com

Det kom for nylig frem, at der er opstået en strid om, hvorfor projektet til en værdi af ikke mindre £ 100.000,00 gik galt. "Der blev installeret et vandingssystem...eller gjorde der? Eller er det overhovedet slået til? Eller har nogen slået det fra? Ja, det kommer selvfølgelig an på hvem man spørger; arkitekt, bygherre, leverandør, entreprenør."
(Citat fra Nykilde.dk, nyhedsbrev nr. 9)

Her kan man komme meget i tvivl om, hvorvidt dårlig omtale virkelig er bedre end ingen omtale – et tilfælde som dette kan tage modet fra enhver entusiast.

Vellykkede pilotprojekter kan derimod være meget effektive som inspiration – hvis folk kan føle og opleve, gør det gerne større indtryk, end hvis de blot ser nogle billeder. Det bør således overvejes at fokusere på gennemførsel af nogle flere mindre projekter, hvor man løbende kan samle mere erfaring, frem for at satse stort og risikere at tabe det hele på gulvet. Her er ByhaveNetværkets førnævnte projekt fra Skydebanehaven et godt eksempel (se evt. figur 3.28).

Processtyring

De ovennævnte værktøjer kan alle være nødvendige for at opnå en effektiv implementering af byforgrønnelse, men de er alligevel ikke altid nok. Idet der ikke kan laves en teknologisk standardløsning, der matcher alle byens bygninger og byrum, er det nødvendigt med nye procesorienterede planlægningsværktøjer for at gøre mobilisering af lokale aktører mere overskueligt for planlæggere at håndtere i praksis:

"…policy makers should acknowledge that technical transfer represents a contextual, localized and temporally specific process and hence design more process-oriented planning approaches that facilitate changes by addressing the specific preconditions of the involved local context" (Quitzau et al 2009)

Der skal samarbejdes mellem forvaltningerne indbyrdes, mellem det offentlige og det private, mellem beslutningstagere og vidensinstitutioner, og det er en udfordring og en stor barriere i planlægningen. Dette er ifølge det engelske ASCCUE-projekt blevet særlig vigtigt i kraft af, at der er sket og løbende sker en udlicitering af kommunale opgaver i byen til private virksomheder (ASCCUE, 2006).

Der har i forhold til energirigtigt byggeri været observeret en stigende tendens til at kommunerne er villige til at skifte rolle fra "passive formidlere af regeringens regulering til aktive forandringsagenter" (Quitzau et al, 2009) gennem ledelse af forandringsprocesser. Dette kræver, at kommunen påtager sig noget ansvar, som ikke normalt påhviler den, hvilket vil være af stor betydning for, hvorvidt den ønskede forandring kommer til at ske: "Without leadership, it is difficult to imagine that changes will occur, especially because of the resistance towards these changes" (Quitzau et al, 2009). Netop viljen til at tage ansvar er noget af det, de nuværende initiativer til begrønning som tilpasningsstrategi mangler. Det er kritisk, at incitamenterne indtil videre bygger på, at man som borger skal afkoble sig fuldstændig fra den centrale regnvandshåndtering – det forekommer usikkert og risikofyldt, da man jo ikke kan koble sig på igen, hvis regnens størrelse skulle overgå den pågældende matrikels afledningskapacitet. På den måde risikerer man, at de, som er idealister og gerne vil bakke op om de bæredygtige løsninger, kommer til at fortryde dette, når det så virkelig gælder. Hvis først den type situationer opstår, bliver det begrænset, hvor mange andre der tør tilmelde

sig. Hvis kommunen skal kunne påtage sig dette ansvar, der er forbundet med rollen som procesleder, bliver det imidlertid nødvendigt med kommunal kompetenceudvikling i forhold til tekniske forhold såvel som sociale og organisatoriske.

Aktører/interessenter

I forbindelse med aktør-netværks-teori understreges også betydningen af en mægler mellem de forskellige aktører for at katalysere en forandring i de eksisterende netværk (Michel Callon and Bruno Latour). Teorien er ikke behandlet videre i denne rapport, men der er herunder alligevel inddraget nogle overvejelser omkring, hvor stort et netværk der kan være tale om, og hvem det indebærer. Dette kan give et indblik i, hvor kompleks implementeringsprocessen kan forekomme, og dermed hvorfor der er behov for denne tovholder til at lede den.

Alt efter hvor man vil implementere byforgrønnelse, og hvilke teknologier man drager nytte af, kan det pågældende projekt involvere mange eller få aktører. 2BG-gruppen har lavet en "kompleksitetspyramide", som illustrerer hvilke steder i byen, man bør starte implementeringsprocessen for LAR-løsninger med henblik på at afprøve teknologierne i mere overskuelige sammenhænge, inden man overvejer at sætte ind, hvor det er mest kompliceret. Kompleksiteten er en vurdering af kombinationen mellem aktørerne og de tekniske udfordringer.

Logisk nok er det mest overskueligt at starte med de offentlige institutioner, idet der ikke er nogle private interessenter indblandet. Grønne, åbne områder og byomdannelsesområder ligger også nogenlunde lige for, mens enfamilieshuse og den tætte by er noget af det mere komplicerede, næsten på højde med hovedveje.
I ASCCUE-projektet konkluderes det:

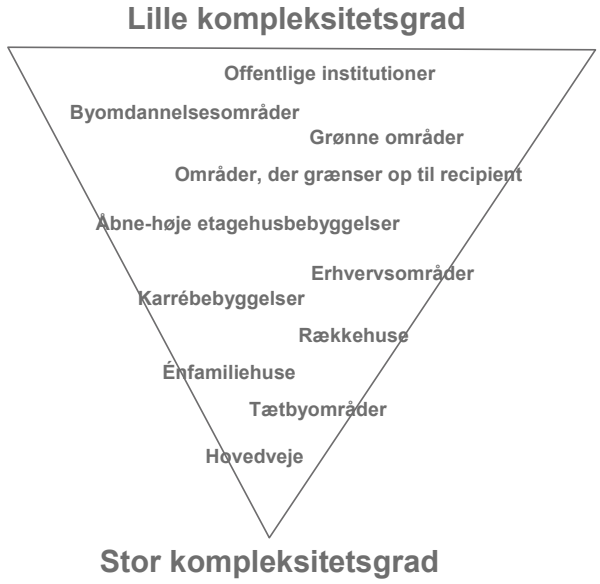
"…it is vital that areas such as schools, hospitals, high density residential areas and urban cores are furnished with adequate greenspace cover… There is a need for the strategic planning of greenspace via the planning system from national to local level and at the level of individual projects."

Nogle af de steder, der er svært tilgængeligt for planlæggerne og samtidigt har mest gavn af byforgrønnelsestiltag er således den tætte by og områder med høj koncentration af boliger.

Men udover overvejelser omkring, hvor det er mest kompliceret, bør man overveje, hvordan det giver mest mening: Hvis man skal bruge LAR-løsninger som alternativ til udbygning af kloak, frem for bare som supplement, hvilket umiddelbart ville indeholde det største spare-potentiale, nytter det ikke noget at "klat-begrønne" hist og her over hele byen.

Det giver mere mening at udvælge nogle meget afgrænsede områder og sætte koncentreret ind med implementeringsarbejdet der. Herved kan man måske opnå en samlet effekt lokalt, som er tilstrækkelig til, at kloakkerne uden udbygning kan klare fremtidens regn. På den måde kan man også bedre få et billede af, hvor meget det egentlig kræver, og dermed også hvor realistisk eller rentabel en løsning, det er. Både Augustenborg og Harrestrup Å casestudiet er eksempler på denne fremgangsmåde. Således kan man dog alligevel komme til at ramle ind i et mere omfattende aktør-netværk. Den viste oversigt giver et hurtigt billede af, hvor mange, der kunne have interesse i en byforgrønnelsesstrategi for København. Dette behøver dog ikke nødvendig-

Figur 3.57: kompleksitets-pyramide



Figur 3.58: Aktørnetværket

vis at være tilfældet, og man skal således ikke lade sig slå ud af dette billede – blot gøres opmærksom på, hvor man muligvis kan støde på enten støtte eller barrierer i forbindelse med implementeringsprocessen.

Borgerinddragelse

Mange af de steder i byen, der kan forgrønnes, er privatejede og derfor sværere at få indflydelse på for de kommunale beslutningstagere. Et af de meget afgørende spørgsmål for gennemførslen af et evt. skift fra fælleskloakeret til decentral regnvandshåndtering er derfor, hvordan vi kan få motiveret borgerne til selv at deltage aktivt i processen? Niels Bendt Johansen, udviklingsleder for spildevand og regnvand hos Københavns E, som har ansvaret for drift og vedligehold af hovedstadens vandafledningssystemer, pointerer, at det er langt vigtigere at fokusere på borgernes interesser, hvis LAR-strategien skal lykkes (2BG-seminar, bilag 1.8): De er meget sværere at motivere end teknikerne, fordi de ikke jubler over det store billede alene, men gerne skal have en mere personlig fordel og tryghed ved løsningen for at støtte op om en så markant ændring. Dette er et emne, som der ifølge både Marina Bergen Jensen og Niels Bendt Johansen foreløbigt ikke er arbejdet nok med (Bilag 1.2 og 1.5). Især når det handler om økonomiske investeringer er nytænkning gerne forbundet med usikkerhed. Undersøgelser har vist, at private interessenter og boligejere har en meget større opfattelse af risici forbundet med afkobling af regnvand end den faktiske, fordi de ikke ved nok. Især kolonihave-ejere er ofte konservative og kritiske (Chiara Fratini på 2BG-seminaret, bilag 1.8).

Det nærdemokratiske potentiale

I forbindelse med borgerinddragelse har byplanlæggere ofte en skjult dagsorden om, at folk i en by eller et lokalområde, udover at tilkendegive deres mening og deltage i lokale beslutningsprocesser, skal interagere aktivt med hinanden på tværs af smagsfællesskaber, kulturelle forskelle og social status for at styrke forståelsen og demokratiet. Dette afspejler bare ikke altid et tilsvarende behov i befolkningen: Mange mennesker har det fint med hovedsageligt at færdes blandt ligesindede med velkendte sociale koder og få uforudsigeligheder (Junker et al.:"Metro møder mennesker", LFB 2007, Københavnerlivsformer). Dog kan en sådan tilgang ifølge nogle byteoretikere styrke social segregation og medføre misforstået fjendskab mellem grupper, ubegrundet angst og generaliserende fordomme (Fogtmann, forelæsning på LFB 11.10.07):

> *"The confrontation with different meanings associated with the same physical space is important for developing social intelligence and forming a judgment" - Hajer og Reindorp, 2001*

Netop i borgerinddragelsesprocesser oplever man gerne, at mange grupper ikke deltager – etniske minoriteter, travle danskere, unge – og det er en udfordring, hvordan de inkluderes, så også deres interesser og bidrag tilgodeses i udviklingen (Agger og Hoffmann, 2008).

Man kan dog godt forestille sig, at borgerinddragelse ved netop implementeringen af en byforgrønnelses-strategi ville kunne udføres på en måde, så den tværkulturelle interaktion og de nærdemokratiske beslutningsprocesser opstod automa-

Figur 3.59: Fra venstre: Augusteborg, "Autoparken" på Theklavej i Nordvest. Egne fotos

tisk som en sideeffekt heraf: Hvis de økonomiske incitamenter bliver forbedret som anbefalet, vil dette kunne tiltrække folk som udgangspunkt, hvorefter de aktiviteter, der skal lede op til realiseringsfasen kan danne grundlag for interaktion via fælles deltagelse i eksempelvis kurser, workshops, debatmøder mm. Netop hvis der gives et tilstrækkelig fristende økonomisk incitament til afkobling af regnvand for boligforeninger og private grundejere, kan man forestille sig, at man kan nå ud til andre og flere end den ofte for lille andel af lokalt engagerede borgere. Forskellen fra mange andre borgerinddragelses-situationer er her, at man har en fælles "ydre fjende": klimaforandringerne. De kommer ligegyldigt hvad, og som sådan er vi også nødt til at forholde os til dem. Så hvis først det kan tydeliggøres, at afkobling er en enklere og billigere løsning end alternativet, vil mange sandsynligvis også foretrække at have indflydelse på, hvilke af de forskellige teknologier, der skal indføres hos dem selv – særligt i kraft af at visse af disse teknologier er meget synlige (her tænkes især på begrønning af bygninger), mens andre ændrer på noget så intimt som hygiejneforhold (udnyttelse af regnvand eller modvirkning af spildevand i tilfælde af oversvømmelser). Derudover vil mange forhåbentlig se potentialerne for øget attraktionsværdi ved disse investeringer. Ved forgrønnelsen af Augustenborg i Malmø, hvor borgerinddragelse var et bærende element, opnåede man et markant socialt løft og en stor stigning i både tryghed og stolthed hos beboerne i området. En af de bekymringer, der viste sig, var, at brugbare uderum skulle omdannes til "uudnyttelige vandoverflader" i form af fontæner og damme (Edgar L. Villarreal, 2001) – her har begrønning af bygninger en fordel over LAR-teknologier i gadeplan, da de hovedsagelig installeres på flader, der ikke som udgangspunkt er aktivt udnyttet. Dog var beboerne i hvert boligkompleks med til selv at designe de blå elementer i deres uderum, hvilket øgede ejerskabsfølelsen.

Identitet, ejerskabsfølelse og indflydelse giver motivation hos borgerne, som er det, der efterspørges af beslutningstagere.

Endnu et eksempel på dette er opførslen af "Autoparken" på Theklavej i Nordvest, hvor en stor gruppe lokale folk på eget initiativ har indtaget en tom matrikel, tidligere autohandler, og omdannet det til en lille park – deraf navnet. Selvom de ikke ved, hvor længe det får lov at blive bevaret, har de investeret både tid og penge på at gøre området til deres eget: De spredte murbrokker er pyntet med havemøbler og potteplanter, der er lagte adskillige kvadratmeter rullegræs ud med tilhørende gyngestativ og små lanterner, der er bygget en sandkasse med form som et lille skib osv. Over indgangen hænger et skilt med påskriften "Velkommen til Autoparken – brug den, byg den, pas på den!" Dette af-

Figur 3.60: Forskellige eksempler på arkitektoniske variationsmuligheder.

slører en trang i befolkningen til flere fælles grønne områder og en vilje til handling og deltagelse, hvis bare mulighederne gives. På den baggrund må man konkludere, at det er afgørende, at de enkelte brugere/grundejere selv kan præge funktionen og det æstetiske udtryk. Man skal således som planlægger passe på med at gå ind fra oven og prøve at styre, hvad der er "arkitektonisk korrekt". Hvis folk præsenteres for inspirationsbilleder fra helt forskellige typer begrønnede bygninger og byrum, kan man ramme en bredere målgruppe – ikke kun "de langhårede øko-hippier" med vilde græsarter på taget, men også "de konservative nostalgikere" med trimmede græsplæner og liguster, "de grøntvaskende kapitalister" med kombinationen af solceller og sedum, samt måske en række eksempler på den gyldne mellemvej. Ingen af disse tilgange er mest rigtige eller forkerte,

for som Dorte Rømø påpegede: "Branding-effekten kan være et fint nok argument, hvis bare den betyder, at man rent faktisk gør noget – at man faktisk forgrønner!" (Bilag 1.4). Det samme kan man jo sige om de andre argumenter, der måtte være – det vigtigste er, at byen forgrønnes i en grad og på en måde, så klima-konsekvenserne imødegås i tide.
Ironisk nok konstaterer Dorte Rømø, at der foreløbigt kun er ét planmæssigt ben at stå på for de kommuner, der gerne vil stille krav om grønne tage, og at det er arkitektoniske retningslinjer for nye byområder – paradoksalt, da retningslinjer basalt set går ud på at ensrette. "Det ville være bedre, hvis også der var mulighed for mere konsekvent implementering, men i så fald skal det komme fra By og Landskabsstyrelsen", konkluderer hun.

Tidsperspektiv

Målet for kloakkerne er, at de i første omgang skal være færdigt udbygget inden år 2030, hvor de øgede regnmængder forventes at blive en realitet. Så hvis byforgrønnelse skal være et egentligt alternativ, må det leve op til samme deadline. Det betyder, at der er 20 år til gradvist at overbevise befolkning, grundejere og investorer om, at byen skal blive mere grøn og blå, og til at få det gennemført. Dog vil udbygningen af kloaknettet naturligvis starte længe før, da det tager tid at gennemføre, og det er billigst at øge kapaciteten i takt med den gængse vedligeholdelse. Der skal således ikke gå alt for lang tid, før man med forholdsvis høj troværdighed kan sige, om problemerne kan løses ved hjælp af LAR-løsninger, eller i hvor høj grad det lader sig gøre.
Marina Bergen Jensen, den projektansvarlige for 2BG-projektet, udtrykker problematikken som følger:

"At bevæge sig fra en kloakbaseret afvandingsstrategi til en strategi baseret på byens landskab kræver ikke blot samarbejde på tværs af discipliner. Det er også nødvendigt med en god portion mod til at prøve ideer af – for ingen kan se hele vejen fra situationen i dag, hvor stort set alle afleder regnvand til kloak, til en evt. fremtidig situation, hvor afkoblinger er gennemført massivt og vandet håndteres overfladenært og decentralt. Udfordringen er derfor at gå fornuftigt frem, og hverken satse så lidt, at de landskabsbaserede løsninger aldrig når at komme i spil, før alle pengene er brugt på konventionelle løsninger, ej heller så voldsomt, at vi ikke når at lære af vores erfaringer" 2BG, koblede afkoblinger, 2009

I forbindelse med 2BG's Harrestrup Å-case er tiden endnu mere knap end for resten af København. Dette er det aktuelt mest belastede område i kommunen mht. overløb grundet heftig regn, og derfor er det fra kommunens side vedtaget, at de nye vandplaner for området skal ligge færdige i år 2015. Men 2BG-holdet vurderer, at det er for stram en tidshorisont til at lave en LAR-baseret strategi, der kommer til sin ret og samtidig lever op til den ønskede kvalitet. Planen er, at 10 % afkobling skal ske via LAR-løsninger, men hvis ikke datoen rykkes længere frem er 5% nok mere realistisk. Der kan altså blive tale om et tidsmæssigt kompromis, hvis man vil holde sig til de bæredygtige løsninger på problemet (Jan Burgdorf Nielsen, bilag 1.8). Men det er lettere at forudsige tidsperspektivet for den konventionelle tilgang end for den foreslåede, da erfaringerne her er begrænsede. Det er meget vigtigt, at de første praktiske erfaringer bliver positive, så flere indbydes til at støtte op om projektet. Ydermere kan det blive afgørende, hvorvidt der kommer øget politisk fokus på og evt. lovgivning bag LAR-strategien.

DELKONKLUSION 8

Samfundsmæssig implementering

Klassiske planlægningsprocedurer er ikke nok til at skabe effektiv implementering, da der er tale om et teknologisk paradigmeskift, som kræver forandringsledelse. Derfor bør eksisterende værktøjer gøres mere umiddelbart anvendelige og virkningsfulde, mens nye procesorienterede planlægningsværktøjer indføres for at gøre mobilisering af lokale aktører mere overskueligt for planlæggere at håndtere i praksis.

Der bør benyttes en kombination af regulering, incitamenter, formidling og processtyring for at opnå en tilpas stor virkning inden for den lidt stramme tidsramme. Balancen mellem forskellige interesser skal afvejes, således at udgifter, ansvar og risici fordeles rigtigt mellem hhv.:

- Statslige/kommunale institutioner
- Private investorer
- Borgere
- NGO'ere
- Forsikringsselskaber
- Producenter
- Entreprenører

Der skal etableres bedre samarbejde og kommunikation på tværs af offentlige forvaltninger og puljer – mange har fordele ud af denne udvikling på en eller anden måde. Erfaringstal for anlæg og drift skal indhentes, samt bedre pejledata vedr. vandkvalitet og forsumpning.

Der bør tages udgangspunkt i offentlige ejendomme, da de indbefatter det mindst mulige netværk. Men samtidig bør implementeringen ske områdevis for at få en brugbar effekt i forhold til modvirkning af behovet for større kloakker.

Et af de store spørgsmål er, hvordan vi får kommunikeret budskabet ud til befolkningen. Borgerinddragelse vurderes at være af særlig stor betydning i denne sammenhæng og vil måske kunne generere andre byplanmæssige fordele. Eksempler på brugbare redskaber i den sammenhæng er:

• Incitamenter i form af reguleret afledningsbidrag og/eller øget mulighed for tilbagebetaling af tilslutningsbidraget

• Oplysningskampagner både om mulighederne ved byforgrønnelse, konsekvenserne ved manglende vandhåndtering og omkostningerne ved konventionel tilpasning

• Udstillinger med mockups eller pilotprojekter af teknologierne, så folk får forståelse for og bliver mere trygge ved et teknologisk paradigmeskift

• Støtte til eksisterende initiativtagere (Autohaven på Theklavej o. lign.)

Det er vigtigt at lægge vægt på her-og-nu-effekten ved at få fremhævet mulighederne i stedet for problemerne: en smukkere og rarere by med flere udfoldelsesmuligheder og plads til årstidsbestemt omskiftelighed. Inspiration giver mindre modstand end tvang, selvom tvang giver det største resultat, så det kan være svært at finde den gyldne middelvej.

OPSUMMERING PÅ ANALYSEDEL

Klimaforandringerne vil bevirke stadigt flere oversvømmelser, hedebølger og storme i Danmark, hvilket skaber et behov for tilpasning især i byerne. Der er i den forbindelse identificeret en række fordele ved at etablere øget plantedække og flere træer, især i de tætte byområder, hvor varme-ø-effekten er størst og infiltrationen af regn mindst.

Det må bemærkes, at vand er både problemet og en del af løsningen: Hvis vandet i højere grad får mulighed for at nedsive i jorden eller opsamles i bylandskabet under ekstrem regn, hvorved kloakkerne aflastes, vil det også bedre kunne fordampe igen under hedebølger og tørke, hvorved mikroklimaet holdes mere behageligt. Plantedækkede overflader har ydermere en række andre fordele, herunder at bygningernes modstandsdygtighed over for det fremtidige vejr forbedres, samt at de til en vis grad modvirker høje vindhastigheder, idet friktionen i byrummene øges.

Men byforgrønnelse er ikke den konventionelle tilgang til denne type problemer, og der er dermed brug for et teknologisk paradigmeskift, hvis potentialerne skal udfris. Dette indebærer først og fremmest indsamling af mere konkret viden på området via analyse og sammenligning af de forskellige teknologiske alternativer, og derudover skaber det et behov for systemiske modifikationer i forbindelse med implementeringsprocessen.

Der er to steder, man kan begrønne i byen: på bygningerne eller i byrummene. I den tætte by er der en meget stor andel af det samlede overfladeareal, som befinder sig på bygningerne, mens mulighederne for begrønning af byrum er både færre og mere komplekse end i mere spredte bymæssigheder.

Der er tre typer grønt tag: Intensivt, ekstensivt og kombinationen, semi-intensivt. De intensive er mere effektive mht. klimatilpasning end de ekstensive i kraft af deres større volumen, men da de af samme grund vejer betydelig mere og i højere grad skal vedligeholdes, er det på byniveau mest realistisk at regne med implementering af ekstensive tage som strategi. Disse kan absorbere i omegnen af 50 % af den regn, der falder på dem over året, men deres kapacitet er varierende grundet højere vandmætning om vinteren.

Grønne facader kan også have en virkning på både termisk komfort og regn, og de udgør ofte et rigtig stort areal i byen, men hvis de skal have en afgørende klimatilpasningseffekt, er de nødt til at have et drænlag omtrent som de ekstensive tages. Herved kan de suge omtrent 15 liter vand pr. m^2. Disse teknologiers potentiale er dog ikke undersøgt i tilstrækkelig grad, og det vides således ikke, hvor stor en del af problemet, de faktisk kan løse. Grønne tiltag i byrum og på bygninger kan dog supplere hinanden, hvis det ene ikke er nok i sig selv. På dette grundlag undersøges en konkret case for at afdække tilpasningsmulighederne ved grønne tiltag på bygninger, suppleret af de nødvendige tiltag i de tilstødende byrum.

4. Casestudy: København

Præsentation 106
Den valgte location 107
- Registrering 107
- Beregninger 110
- Begrønningspotentialer 116

Begrønningsscenarier 118
Scenarie 1: "Nul-alternativet" 119
Scenarie 2: Begrønning ud fra tagets bæreevne 121
Scenarie 3: Begrønning ud fra fremtidigt vandhåndteringsbehov 125
Scenarie 4: Begrønning ud fra arkitektonisk udtryk 129
Vurdering 133
- Kriterier 133
- Resultater 135
Scenarie 5: Optimeret alternativ m. supplerende tiltag 138
Opsamling 141
Bymæssige overvejelser 142
- Resultater 142
- Opsamling, byniveau 143

PRÆSENTATION

Figur 4.1: Vertikal begrønning er en historisk del af København og ses især i sommerhalvåret, hvor klatreplanterne blomstre frodigt. Egne fotos fra København

I forlængelse af ovenstående analyse udvælges her en konkret boligkarré med henblik på at afprøve den reelle virkning af de gennemgåede teknologier: Er der realistisk set mulighed for at implementere dem i tilstrækkelig grad i forhold til de forudsete klimakonsekvenser? Hvor meget kan man opnå med begrønning af bygninger alene, og hvor meget må man supplere op med andre teknologier? Hvad indikerer dette eksempel for potentialet på byniveau?

Vi har valgt at fokusere på de indre områder af København i denne undersøgelse, da det gerne er i den tætte by, at de befæstede arealer udgør den største andel, og at der således også er det største behov for klimatilpasning og det største potentiale for begrønning.

Endvidere har Københavns samlede borgerrepræsentation allerede udarbejdet en forholdsvis målrettet klimaplan, som bl.a. sigter efter at brande byen som "Verdens Miljømetropol" via en bred indsats i forhold til både forebyggelses- og tilpasningsinitiativer. Dette er godt i tråd med fordelene ved byforgrønnelse, som samtidigt er et meget synligt tilpasningsinitiativ og således har en stærk brandingeffekt.

Dermed er der også allerede nogle aktive kræfter sat i spil inden for emnet i kommunen, men foreløbigt fokuseres der hovedsagelig på lommeparker, hvilket fint kan suppleres med begrønning af bygninger.

Disse faktorer er med til at gøre casen aktuel. Københavns indre områder består i høj grad af historiske bygninger, og her er eksempelvis grønne vægge absolut ikke nogen ny ide.

Det vurderes således, at begrønningstiltag på bygningerne vil kunne udføres med respekt for byens arkitektoniske historie, samtidig med at det både visuelt og funktionelt bidrager med noget nyt.

Den klassiske københavnerkarré er en bygningstype, som går igen rigtig mange steder såvel i indre by som i alle brokvarterene. De er gerne bygget efter håndværksmæssig erfaring alene, og ofte følger dimensioner, materialer mm. nogle temmelig faste mønstre.

Potentialerne for begrønning af en typisk karré vil dermed danne et godt grundlag for vurdering af potentialet for byforgrønnelse som tilpasningsstrategi i København som helhed.

DEN VALGTE LOCATION

Figur 4.2: Den udvalgte karré, markeret med rødt ligger placeret på yder Nørrebro i et typisk bolig kvarter. Egen redigering, foto: Google Earth

Eksisterende forhold

Registrering

Den valgte karré ligger på Ydre Nørrebro imellem Hillerødgade, Lundtoftegade, Asminderødgade og Fredensborggade.

Området er et af Københavns brokvarterer og består mest af alt af typiske karréer fra tiden, da man byggede ud over søerne omkring begyndelsen af det 20. århundrede. Gaderne omkring denne bebyggelse har delvis synlig beplantning i skikkelse af små bede, der også benyttes som cykelstativer, samt mindre træer på grusede arealer.

Men gadebilledet bærer først og fremmest præg af de mange parkerede biler og de store volumener karréerne udgør. Især det overfor liggende sociale boligkompleks, Lundtofte, har en meget markant dimension i form af 15.etagers bebyggelser, som i et dominospil ligger på rækker efter hinanden. Med deres metalliske facadeudtryk stjæler de det meste af udsynet i den sydlige retning fra karréen.

Figur 4.3: Den udvalgte karre set i fugleperspektiv. Egen redigering, foto: krak.dk

Figur 4.4: En typisk Københavner karré bygget op af rød mursten har sin charme, selv i en lidt fattig urban kontekst. Eget foto

Det nærmeste offentlige grønne møderum er Nørrebroparken, der ligger et par gader derfra. Ellers består nærområdet hovedsageligt af beboelse med kun et fattigt udbud af andre funktioner, såsom Netto, Kina grill, OK tanken og Hillerødgade svømmehal. De få rekreative rum, der er i kvarteret, er i de tæt aflukkede private gårdrum, som er belagt med asfalt og græsarealer. De omkringliggende høje bygninger skaber et lidt mørkt og dunkelt lysindfald, som kun giver sollys til de øverste lejligheder, især i vinterperioden, hvor solen står lavt på himlen.

Sammenlagt har stedet et lidt upoleret og fragmenteret udtryk, hvor de befæstede overflader dikterer gadebilledet, og de mange parkerede biler skaber en synlig barriere for stedets stærkeste arkitektoniske karaktertræk – murstensbyggeriet. Et karaktertræk, der dog alligevel ikke umiddelbart er opsigtsvækkende nok til, at man ville gøre ophold uden et egentligt ærinde. Den udvalgte bebyggelse er en mellemstor karré og har et gårdareal, som er delvis indrettet til ophold med lidt fliser og grønt, men som hovedsagelig består af asfalt.

Figur 4.5: Det er mest det befæstede areal, som sjæler opmærksomheden i det lokale bybillede. Eget foto

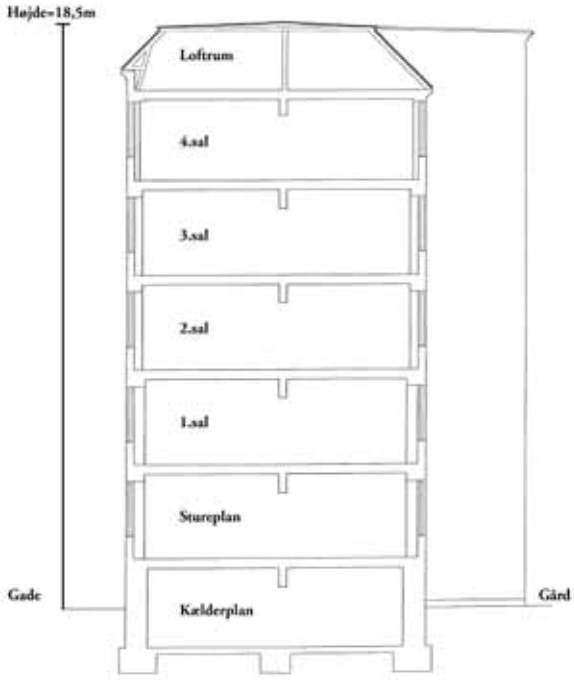
Figur 4.6: Gården til den udvalgte karré – kun de øverste etager nyder godt af solindfaldet. Facaden mister lidt af sin glans uden den røde mursten.Eget foto

Den vurderes at være meget gennemsnitlig – håndværkerne gad i forbindelse med et forestående byggeprojekt "nærmest ikke tage mål"(Maria Spon, bestyrelsesmedlem), fordi dimensionerne var dem så velkendte i forvejen . Dermed konkluderes det, at karréen egner sig til formålet. Ydermere har den en afgørende fordel i, at man uden større besvær kan komme op på taget, som i øvrigt er overvejende fladt og beklædt med tagpap. Deroppe fra er der udsigt til flere andre karréer af næsten samme slags.

Figur 4.7: Der er i forvejen lidt grønt, men kun i sporadiske arealer mellem de mange parkerede biler. Eget foto

Figur 4.8: Tagene i København består overvejende af de klassiske sorte tage beklædt med tagpap og de røde tegltage med højere hældning, også kendt som Københavner tag. Eget foto

Figur 4.9: Venstre: Facaden mod Lundtoftegade set fra Hillerødgade.



Figur 4.10: Snit af karréen. Arkitektens oprindelige tegninger

Boligkarréen består af 5 beboelige etager, samt loft og kælder. Dette giver sammenlagt en bygningshøjde på 18,5 meter. Den er bygget for lige knap et århundrede siden, i 1911, og blev opført direkte ud fra arkitektens simple tegninger – der foreligger ingen originale konstruktionsberegninger ved sagsmappen hos kommunens Center for Byggeri. Karréen har ikke været under nogen større renovering gennem dens levetid. I 2003 blev der bygget en tagterrasse for beboerne i Asminderødgade 5-13, og senere har nogle af beboerne fået en ekstra udestue ved omdannelse af bagtrapperne. Gårdarealet har også fået en mindre rekreativ omdannelse i nyere tid, som består af mindre græsarealer, en lille legeplads samt et par træer og bænke.

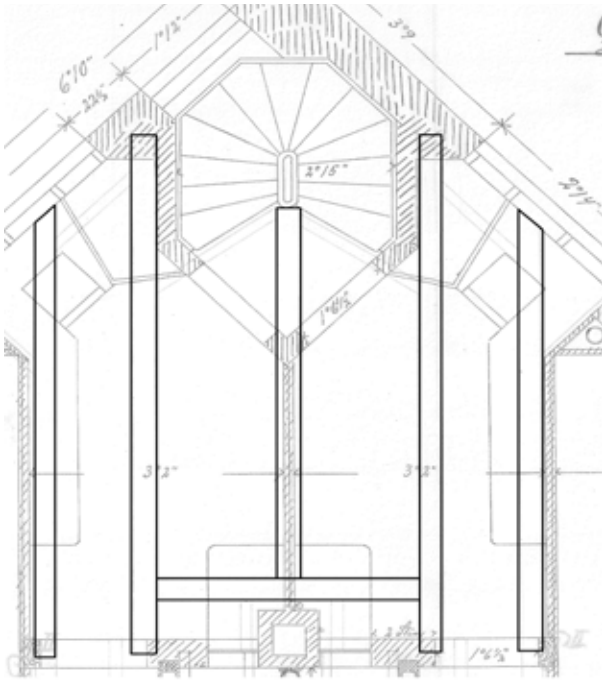
Væggene er opbygget som dobbeltmurede facader - udvendigt med den velkendte røde tegl, som har dannet rammen om dansk byggeskik i flere århundreder, særligt frem til 1950'erne. De indvendige facader er overvejende grå og generelt mere neutrale. På basis af tekniske tegninger og observationer vurderes bygningskroppen og fundamenterne til at være stabile, og det antages på det grundlag, at vægge og fundamenter som minimum kan bære den ekstra belastning svarende til vægten af ekstensiv tagbeplantning og begrønning af murene, 30 kg/m^2 – 120 kg/m^2.

Loftrummet og taget er opbygget af 130 mm x 130 mm træspær med en klimaskærm bestående af tagpap, krydsfiner og bræddebeklædning. Hældningen på tagets yderste del er 45^0. Det er således en let tagkonstruktion, som vurderes at være bygningens svageste punkt rent statisk. Der bør derfor laves en overslagsberegning over bæreevnen for det eksisterende tag med henblik på at klarlægge mulighederne for evt. at pålægge ekstra vægt i form af grønne tage.

Statiske overvejelser

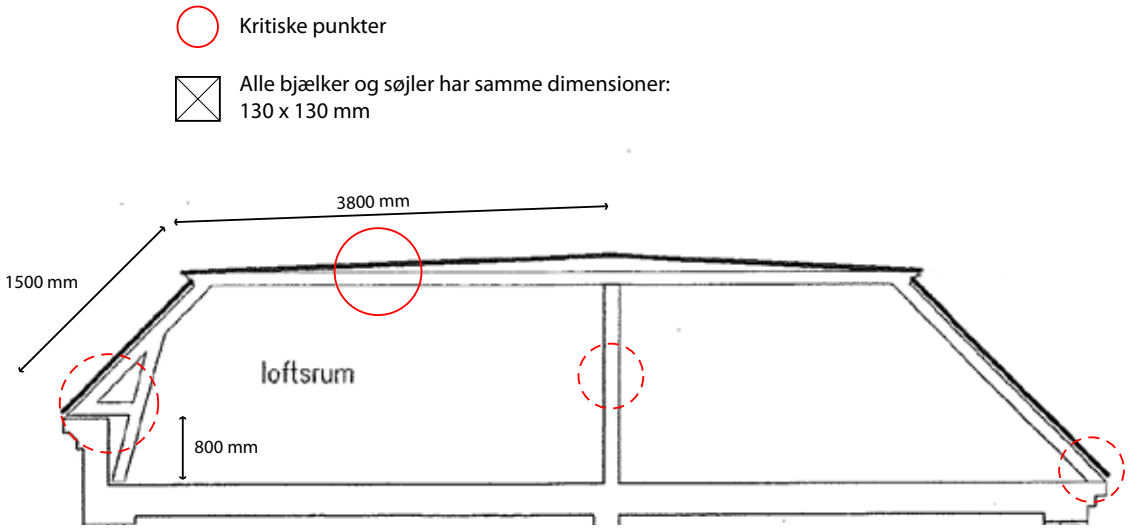
Der er regnet med DS normer i denne case, da vores kendskab til Eurocodes er begrænset.
De nye normer fra Eurocodes er dog en smule

Figur 4.11: Det eksisterende tag er et let tag og består af tagpap, krydsfiner, bræddebeklædning og spær. Afstanden mellem spærrene er ca. 0,85 m.



mere liberale i forhold til de gamle DS-normer. Der tillades højere spændinger, mod at nyttelasterne er sat højere. Dette betyder, at der faktisk er "frigivet" ekstra kapacitet, når der regnes på bæreevnen for tage, da nyttelasten ikke medtages i disse tilfælde. Der er overvejende 3 forskellige typer tage i København: Sadeltag, hanebåndsspær og Københavnertag, hvoraf sidstnævnte er den, der er

Figur 4.12: Det eksisterende tag set indefra. Eget billede



Figur 4.13: Tagfladen overfører kræfter til træspærene, som fører videre over dækket til den 5.etage. Træspærene er understøttet af flere træk og trykstænger. De røde cirkler indikerer de kritiske punkter. Tegningen er ikke målfast. Egen illustration og arkitektens oprindelige tegninger

repræsenteret i casen (se figur 4.13). I dag benytter man K18-træ til tagspær, men da karréen blev opført, benyttede man generelt en bedre kvalitet, K24-træ, ganske enkelt fordi træerne fik lov at vokse i et mere naturligt tempo.

Når der regnes på bæreevne i forbindelse med ombygning og renovering, tager man den del af bygningen ud, der skal ændres på, og analyserer sig frem til det svageste led herunder, som man herefter regner på. Denne del vil således være dimensionerende for resten af taget. For denne specifikke karrés tag befinder det svageste led sig på midten af tagets yderste halvdel, hvor udbøjningen vil være størst (markeret med en rød ring på det viste snit). Udover nedbøjningen er tagfoden mest kritisk – der hvor tagspærret møder muren (markeret med stiplet rød ring). Dér skal man undersøge, om det er nødvendigt at sætte en forstærkende vinkel eller et stormbånd, så ikke den øgede vægt får taget til at skride ud. Ved udkragninger, som på tagets ydre del, er denne risiko særligt stor, idet lasten ikke ledes direkte til de underliggende, bærende vægge. Overgangen er således vigtig at få formidlet hensigtsmæssigt – i nogle tilfælde kan det blive nødvendigt at lave en mindre understøtning. Dette problem vil sandsynligvis gå igen i mange ældre byggerier. Generelt skal man undersøge alle samlingerne i tagspæret, som kan variere relativt meget i kvalitet fra tag til tag, især ved gamle byggerier som denne karré. Disse indgreb kræver ikke større udfordringer eller økonomiske konsekvenser, men er punkter, som bør/skal undersøges nærmere, når der skal pålægges taget yderligere laster. Ifølge vores statiske beregninger (se bilag 3.1) kan det eksisterende tag uden yderligere understøtning maksimalt påsættes en vægtforøgelse på ca. 64 kg/m^2.

Hvis man i stedet regner med Eurocodes, med den større tilladelige spænding, og samtidig inddrager den overvejelse, at klimaforandringerne vil forårsage mildere vintre og deraf angivelig mindre sne, kan man forstille sig, at der er et endnu større potentiale i fremtiden. For at være på den sikre side, medregnes dette dog ikke i casen. I tilfælde af at man har behov for at tilføre taget endnu større laster end 64 kg/m^2, må man således påregne at skulle opsætte et nyt tag, hvor de eksisterende tagspær understøttes af opretninger (påsatte bjælker på de eksisterende tagspær). På den måde vil tagets bæreevne forøges betydeligt og vil f.eks. sagtens kunne bære det tungeste ekstensive tag. Hvis ønsket er et intensivt tag, skal der et langt større indgreb til. Udover at taget skal understøttes som førnævnt, skal fundamentet også forstærkes, så ikke bygningen kommer til at stå og sætte sig. Enten graves en meter ud langs fundamentet af gangen, som så fyldes op løbende, eller også presses ministålpæle ned igennem fundamentet pr. meter. Alternativ kan man benytte Uretek, en kemisk løsning som sprøjtes ind i fundamentet fra kælderen og gør jorden ekstra hård.

Figur 4.14: Det eksisterende tag, er belagt med sort tagpap som typisk har en levetid på 25 år afhængig af vejr og vind. Eget billede

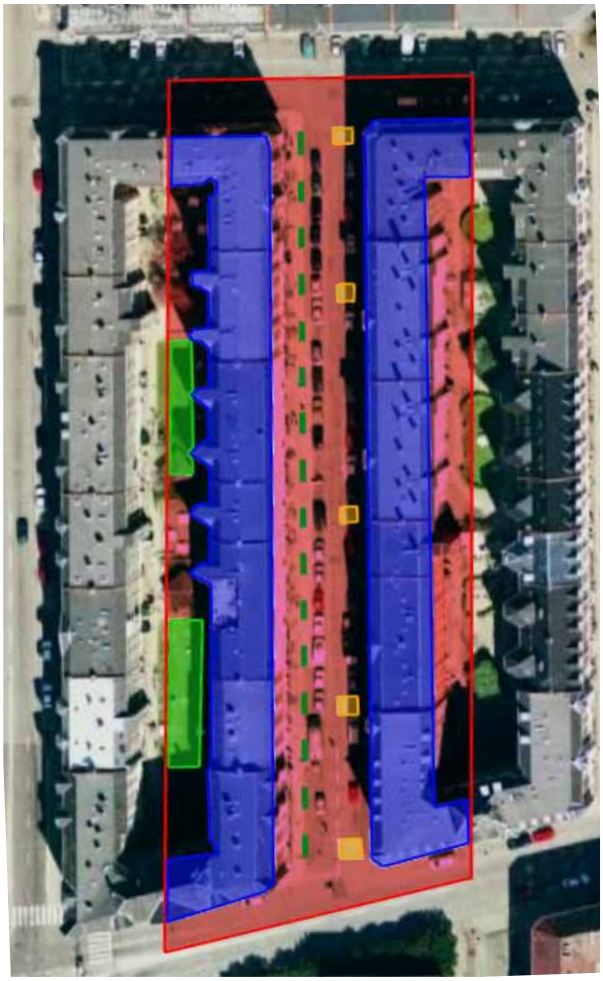
Afløbsforholdene

Formål med inddragelse af vandløbsforholdene

Hvis man skal undgå den konventionelle løsning, dvs. udbygning og omdimensionering af kloakken, er man nødt til at kende kapaciteten af de eksisterende kloakrør og sætte denne op mod de fremtidige dimensionsgivende regnintensiteter. Differencen mellem disse vil så give et begreb om, hvor mange procent af regnvandet, der i fremtiden bør afledes vha. byforgrønnelse og andre alternative teknologier. Regnvandet fra de uigennemtrængelige flader på tage og veje føres sammen med spildevandet til de omkringliggende kloakledninger, som ligger under vejen – men da spildevandet udgør en betydelig mindre mængde end den dimensionerende regn, er det ikke medtaget som en del af beregningerne (Ifølge anlægsingeniør Mushtaba Norestani). For at forsimple disse beregninger, som ellers kan blive utrolig omfattende pga. inddragelse af byens højdekvoter mm., fokuseres der udelukkende på kloakledningen under Asminderødgade. Karréen udleder reelt vand til kloakrør under flere af de tilstødende gader, men da oplandet til netop Asminderødgade er sammensat udelukkende af to "halve" karréer på ca. samme størrelse, vil dette svare ret præcist til den vandmængde, den valgte karré sammenlagt udleder alene. Denne beregning kan således antages at være dimensionsgivende for den udvalgte karré.

Arealer

Det udvalgte opland til beregning af regn-intensiteten består dels af selve gaden, dels af to bebyggelser på 5 etager langs gaden, dels af gårdarealer med både befæstede og ikke befæstede overflader i form af græs, grus og bede (se evt. bilag 3.2). Området har følgende arealinddeling:



Figur 4,15: Ved at isolere en enkelt gade, kan man dimensionere afledningsbehovet for karreen som vist på illustrationen.
Egen Illustration

Det samlede areal er 7752m^2 (ca. 0,78 ha.)

Bebyggede areal(befæstet areal):	2870 m^2
Græs areal:	250 m^2
Grus:	80 m^2
Bede:	32 m^2
Gadeareal(befæstet areal):	4520 m^2

Det befæstede areal er alle de "hårde overflader", dvs. bebygget areal og gadeareal. Med den valgte afgrænsning af karreen er det befæstede areal som udgangspunkt **ca. 95 %.**

Dimensionsgivende kapaciteter
De dimensionerende regnmængder for kapaciteten i kloakken måles i regn-intensitet over en afgrænset periode, givet ved liter pr. sekund pr. ha. [l/s/ha]. Normalt regnes med en varighed på 10 minutter. I dag er den dimensionsgivende regn-intensitet 140 l/s/ha (jævnfør bilag 3.2), hvilket svarer til en 2 års regnhændelse.

Ændringer i ekstremregn som følge af klimaændringerne
I forbindelse med klimaforandringerne vil størrelsen af de ekstreme regnhændelser stige ca. 30 % over de næste hundrede år (jf. afsnit om klimaforandringer). Derfor skal der regnes med en klimafaktor for at få den fremtidige dimensionsgivende regnintensitet. Da scenarierne indebærer en vis usikkerhed regnes der dog med en stigning på 40 % for at være på den sikre side:

	2 år	10 år	100 år
Klimafaktor	1,2	1,3	1,4

Forslag til klimafaktorer ved dimensionering og analyse af afløbssystemer i henhold til metoderne i Skrift 27 for en fremskrivningshorisont på 100 år:

I casen benyttes således faktoren 1,4, som ifølge spildevandskomiteens skrift 27 har et konfidensniveau på 97,5 %. Det betyder, at man dimensionerer for fremtidens nedbør ved at benytte regnintensiteten 196 l/s/ha.

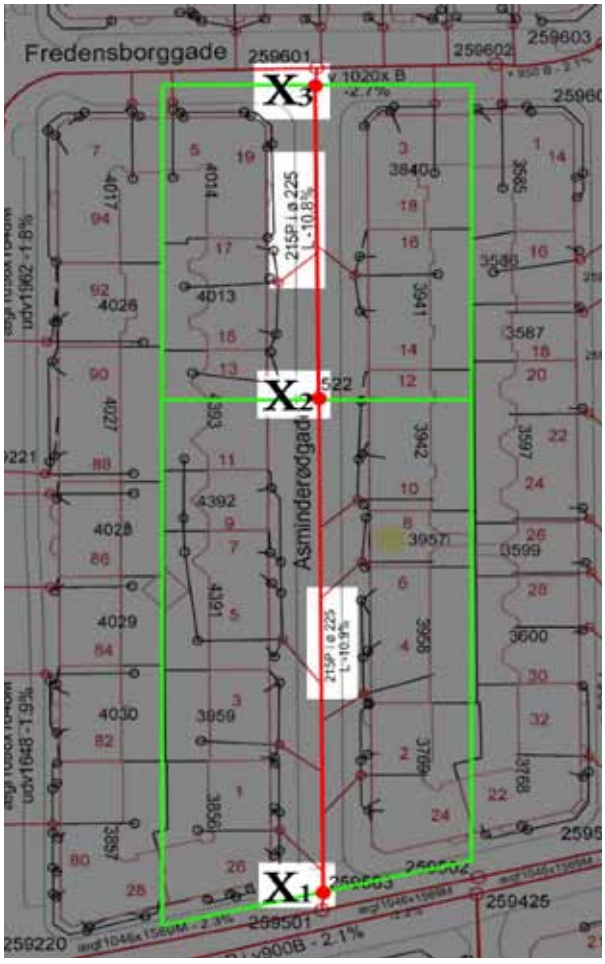
Eksisterende forhold – teknisk opdeling
Den indvendige diameter i kloakledningen under Asminderødgade er 215mm på begge strækninger, hvilket svarer til, at den kan håndtere en mængde på ca. 53,0 l/s. Omregning af denne kapacitet til regnintensiteten ved hjælp af oplandets vandrette areal giver 71 l/s/ha for spids-belastningen på strækning 2:(X_2 – X_3).

Dette betyder, at kloakledningerne på Asminderødgade allerede er overbelastede i forhold til nutidens dimensionsgivende regn-intensitet på 140 l/s/ha. Således vil de blive endnu mere overbelastede af fremtidens regn-intensitet på 196 l/s/ha.

Som beregnet i bilag 3.2 angående kloakkens kapacitet, betyder denne stigning i den dimensionsgivende regn, dvs. 2-årshændelserne, at **64** % af den nedbør, der falder på karréen og gaden, i fremtiden skal kunne afledes ad anden vej end den eksisterende kloakledning, hvis risikoen for oversvømmelser skal kunne nå ned på anbefalet niveau.

Den konventionelle klimatilpassede løsning vil på dette grundlag være en udgravning og en udskiftning af de eksisterende rør med en indvendig dimension på Ø 215 til nye rør med følgende dimensioner:

Strækning:	Diameter [mm]
1:(X_1 - X_2)	= Ø 270
2:(X_2 – X_3)	= Ø 320



figur 4.16: De to strækninger der regnes på, markeret med grønt. Neders: 1:(X_1 - X_2). Øverst: 2:(X_2 – X_3). Egen illustration

Jordbundsforhold

Figur 4.17: København set fra luften. Foto: grandts.dk

Karréen ligger ca. på grænsen mellem underlag af moræneler og ferskvandsgytje, hvilket betyder, at der sandsynligvis er bedre nedsivningsforhold end i det meste af København – se figur 4.18. Moræneler, som er den absolut dominerende jordbundstype i byen, har en meget lav porøsitet, hvilket betyder langsommere infiltrering. Den specifikke jordbundssammensætning må dog undersøges nærmere, og ligeledes højden af grundvandet, før man kan konkludere noget mere konkret angående nedsivningshastigheden.

Figur 4.18: Ole Fryds kort over jordbundsforholdene i København fra 2BG seminar Vilkår og strategier (se bilag 1.8) til venstre: Kvoter. Højre Jordbundsforhold, Brun: Moræneler, grøn: Ferskvandsgytje.

Figur 4.19: Det flade Københavnertag rummer masser af potentiale for pålæggelse af ekstensive tage. Egen illustration

Da andelen af befæstet areal er så høj, 95 %, rummer det udvalgte område mange forskellige begrønningspotentialer: Taget, murene, gaden og gården. Som i analysen tages der udgangspunkt i potentialerne på bygningen, for at se, hvor langt man kan nå med det alene, hvorefter andre muligheder inddrages som supplement.

Taget

Taget har en næsten horisontal flade som samlet måler et areal på 2175 m^2. Her vil det være en god tilgang at benytte de ekstensive tage som begrønnings-alternativ, da forholdene er næsten optimale – sedummåtterne vil kunne blive lagt næsten uden yderligere foranstaltninger, blot der er argumenteret for tagets bæreevne. I tilfælde af at taget er underdimensioneret til den valgte løsning, vil forslag til yderligere understøtning være en nødvendighed. Tagets yderste del hælder 45° og rummer et samlet vandret areal på 695 m^2. Det reelle areal er større, 983 m^2, men det er det vandrette areal, som er afgørende for den regnmængde, der lander på taget. Idet den stejle hældning på denne del af taget betyder, at vandet drænes hurtigere fra, antages det, at det ekstra areal udlignes i forhold til sugeevnen, således at det samlede tagareal har ca. samme afløbskoefficient pr. vandrette kvadratmeter. På den del af taget, vil det være mere oplagt at benytte præfabrikerede sedum-måtter med drænlag af mineraluld eller sedum-kassetter, som er særligt egnede til tage med stejle hældninger, da der er behov for et mere effektivt erosionslag (Louise Lundberg, bilag 1.7) og disse mindsker risikoen for udtørring i de tørre sommerperioder.

Figur 4.20: Tagets yderste del hælder 45^0 her vil det være oplagt at benytte de præfabrikerede sedum-måtter med drænlag af mineraluld eller sedum-kassetter, som er særligt egnede til tage med stejle hældninger. Egen illustration

Murene

De vertikale flader på bygningen rummer også et stort begrønningspotentiale, da disse udgør et stort areal på 7498 m^2, eksklusiv vinduer. Det vil dog være nødvendigt med et mere omfattende monteringsarbejde med opsætning af armeringsnet el.lign. for at bære de vertikale vegetationselementer. Rent vandhåndteringsmæssigt vil de ikke have samme effekt som de ekstensive tage: Netop i kraft af at de står lodret, vil der logisk set ikke falde lige så meget regn som på en vandret flade. Men hvis man leder det overskydende vand fra taget via tagrenden til toppen af den grønne væg, så denne skal gennemløbes, før det når kloakken, har man et effektivt system til at tilbageholde og forsinke vandet. Dette vil kræve yderligere systemudvikling, men er ud fra et praktisk perspektiv ikke en uoverkommelig opgave (bilag 1.6).

Som ved montagen af det ekstensive tag, vil det ligeledes være nødvendigt med en argumentation for væggens bæreevne. En yderligere understøtning af de eksisterende vægge i tilfælde af underdimensionerede konstruktioner er dog vurderet til at være ret omstændigt.

Gården

I gården er der i forvejen et mindre græsareal, mens resten udgøres af fliser og asfalt til stier, cykel- og barnevognsparkering, samt et par overdækkede affaldsskure – samlet set et areal på 1802 m^2. Her vil det være muligt at etablere forskellige SUDS-teknologier, i stil med de initiativer som også er benyttet i f.eks. Augustenborg: udgravning til infiltrationsplæner, faskiner eller åbne kanaler og damme med henblik på opmagasinering og gennemløb af regnvand. Dette vil kunne gøres på en måde, så der bringes ekstra kvalitet til gårdrummet, men kan dog muligvis medvirke komplikationer i forhold til frigivelse af forurening i undergrunden eller periodevis forsumpning (se afsnit om supplerende teknologier).

Udgravning af de eksisterende grønne arealer vil være det letteste, men sandsynligvis ikke nok. Disse arealer udgør et samlet areal på 250 m^2. Dele af det befæstede areal kan også inddrages, men i så fald under hensyntagen til deres funktion – affaldscontainere skal kunne transporteres ubesværet til tømning osv. Tagene på de små affaldsskure kan evt. også begrønnes om nødvendigt.

Figur 4.21: På de vertikale flader, kan man f.eks. plante Patrick Blancs vertikale haver,, Fibermatrixen eller Nykildes vegetations vægge. Egen illustration

Gaden

Asminderødgade har i forvejen et beskedent areal, 112 m^2, af grønne islæt i form af små bede og grusarealer med et par træer. Her er mulighederne for yderligere forgrønnelse stærkt begrænsede og består hovedsagelig i etablering af planter/græs på grusarealerne og græsarmering på parkeringsarealerne.

Gadens befæstede areal udgør sammenlagt 2968 m^2, hvoraf parkeringsarealerne er de 720 m^2.

BEGRØNNINGSSCENARIER

For at veje de mange faktorer op mod hinanden laves nogle forskellige scenarier for, hvordan den valgte karré kan begrønnes, og hvilke effekter det ville have.

Idet interessen for maksimal vandhåndtering er i konflikt med ønsket om strukturel bæreevne, anses disse to faktorer for at være nogle af de afgørende i beslutningsfasen. Derudover vil det æstetiske udtryk være meget afgørende for, hvor "spiselig" en strategi begrønning af bygninger anses for at være – for beslutningstagere såvel som for den brede befolkning. Med udgangspunkt i vores beregninger og arkitektoniske overvejelser opstilles derfor følgende 4 scenarier for begrønning af karréen:

1. Nul-alternativet, hvor der klimatilpasses konventionelt
2. Begrønning ud fra tagets bæreevne
3. Begrønning ud fra det fremtidige vand håndteringsbehov
4. Begrønning ud fra arkitektonisk udtryk

Disse scenarier er alle rendyrkelsen af ét perspektiv og vil derfor hver især blive vurderet efter en række kriterier for at afgøre deres samlede tilpasningskvalitet. På det grundlag søges flest muligt af fordelene forenet i et sidste scenarium:

5. Optimeret alternativ med inddragelse af supplerende teknologier

De fem scenarier vil kunne vejlede beslutningstagere på flere niveauer, i forhold til hvad man bør overveje i hvilke situationer, hvis man af en eller flere grunde planlægger at begrønne bygninger.

Figur 4.22

Scenarie 1: ''Nul-alternativet''

Nul-alternativet er ganske enkelt det konkrete fremtidsscenarium for karréen, som den allerede ser ud. Man kan således uden videre beregning konkludere, at taget kan holde og har kunnet det i ca. 100 år. Det skal dermed ikke umiddelbart forstærkes yderligere.

Sugeevnen på selve bygningen er lig nul, og de tilhørende arealer er kun beplantet i begrænset omfang, som det ses af registreringen og beskrivelsen af afløbsforholdene. Det æstetiske udtryk kan klassificeres som klassisk og beskedent.

Det befæstede areal udgør i dette scenarium sammenlagt 95 % af det betragtede område. På det grundlag må også både CO_2-omdannelse og biodiversitet formodes at ligge tæt på et minimum.

Isoleringsevnen er ikke ligefrem imponerende, da taget slet ikke har noget isoleringslag ned mod loftsrummene. Man må dog gå ud fra, at etageskellet mellem loftet og de øverste boliger er isoleret til en vis grad. Til gengæld er der ringe mulighed for efterisolering indvendigt, idet loftsrummet ikke kan gøres lavere uden gene for den daglige brug af opbevaringsrum og tørreloft eller begrænsning af rumhøjden i de øverste boliger, hvorved de oprindelige stuklofter ville blive dækket til. Der bliver ekstrem varmt på loftet om sommeren, hvilket underbygger, at isoleringsgraden er utilstrækkelig. Ydermere er der på arkitekttegningerne ikke noget, der tyder på hulmursisolering, så heller ikke vertikalt er forholdene helt optimale.

Her-og-nu-prisen forbundet med dette scenarium er, modsat de næste scenarier, til gengæld lig nul, da der ikke ændres noget. Dog vil klimaforandringerne med tiden betyde høje indirekte udgifter over skat el.lign. for at få dækket de investeringer, der er nødvendige til opfyldelse af behovet for øget kloakkapacitet. Muligvis vil også elregningen stige, hvis der opstår behov for mekanisk køling. Det er overskuelige penge på den måde, at man ikke be-

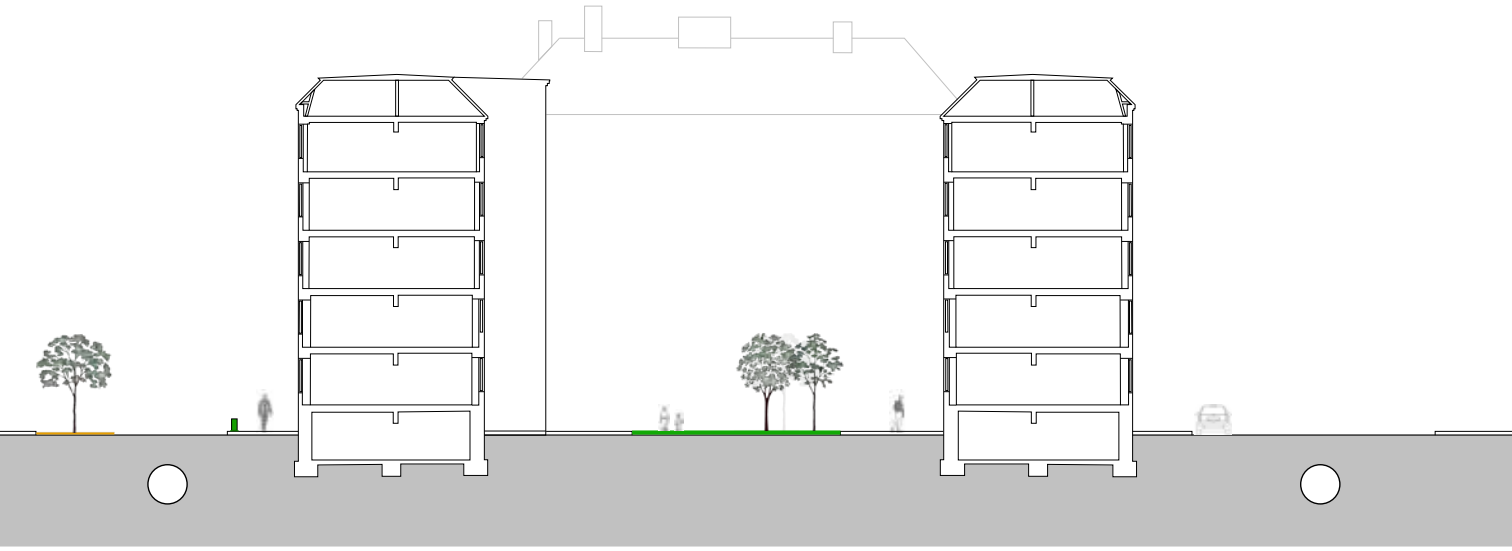
Figur 4.23: Med Nul-alternativet forbliver bybilledet uændret. Eget foto

høver at forholde sig aktivt til problemet, men kan få det løst blot ved at punge ud til løsninger, som andre har valgt for én. Samfundsmæssigt kræver det heller ikke noget teknologisk paradigmeskift – man kan fortsætte med velkendte systemer og teknikker, som man plejer.

Vurderer man karréen isoleret set, er montage ligeledes lig nul, og vedligehold minimalt i form af udskiftning af tagpap ca. hvert 25. år, udskiftning af samlinger, der ruster etc.

Der er ikke nogle ukendte faktorer udover klimaforandringerne i dette scenarium, men de medfører naturligvis nogle risici, som bygningen ikke er tilpasset efter. Dog udføres der intet risiko-genererende anlægsarbejde, og således vil forsikringsforhold og anlægsfejl ikke være et markant element. Men vandkvaliteten i byens å-løb og havne må fortsat forventes at blive oversvømmet med kombineret spilde- og regnvand i mange år fremover, indtil de har fået udbygget kloaksystemets kapacitet til de markant større regndimensioner.

Figur 4.24: Den røde mursten er områdets stærkeste æstetiske og historiske identitet, som der ikke vil blive ændre på.
Eget foto



Figur 4.25: Tværsnit. Nul-alternativet vil på sigt kræve, at kloakkerne omdimensioneres til de kommende klimaforandringer. Udbygningen kommer til at koste omkring 15 mia. kr. som borgerne i København skal betale. Egen illustration

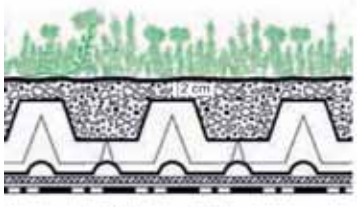
Figur 4.26

Scenarie 2: Begrønning ud fra tagets bæreevne

Dette scenarium udformes efter, at det eksisterende tag skal kunne holde til begrønning uden nogen form for ekstra forstærkning af konstruktionen. Der arbejdes derfor ikke med begrønning af facader, men alene med tagets umiddelbare effekt, for at afdække det specifikke potentiale, der ligger heri.

De 2.175 m^2 næsten fladt tagpap og 983 m^2 skrå skifer svarer til i alt 3.158 m^2 ekstensivt tag.
Da konstruktionerne ikke skal suppleres, og indgrebet generelt holdes helt simpelt, kan den økonomiske investering ligeledes holdes nede på ca. 450 kr./m^2, hvilket med det samlede tagareal bliver omkring 1,4 mio. kr. inklusiv montagen, som i øvrigt kan udføres forholdsvis simpelt af et par fagfolk uden stillads. I kraft af det sparsomme vækstlag bør det overvejes at bruge mineraluld som kombineret vækst- og drænmateriale på de stejle sider for at holde planterne mere resistente overfor tørke – på trods af at dette er et dyrere og mindre miljøvenligt materiale. Det kan samtidigt betyde, at man måske kan få vægten lidt længere ned, hvis det skulle vise sig nødvendigt.

Ifølge vores konstruktionsberegninger er der 0,64 kN/m^2 til rådighed (bilag 3.1), når man fratrækker tagets egenvægt samt vind- og snelaster, hvilket

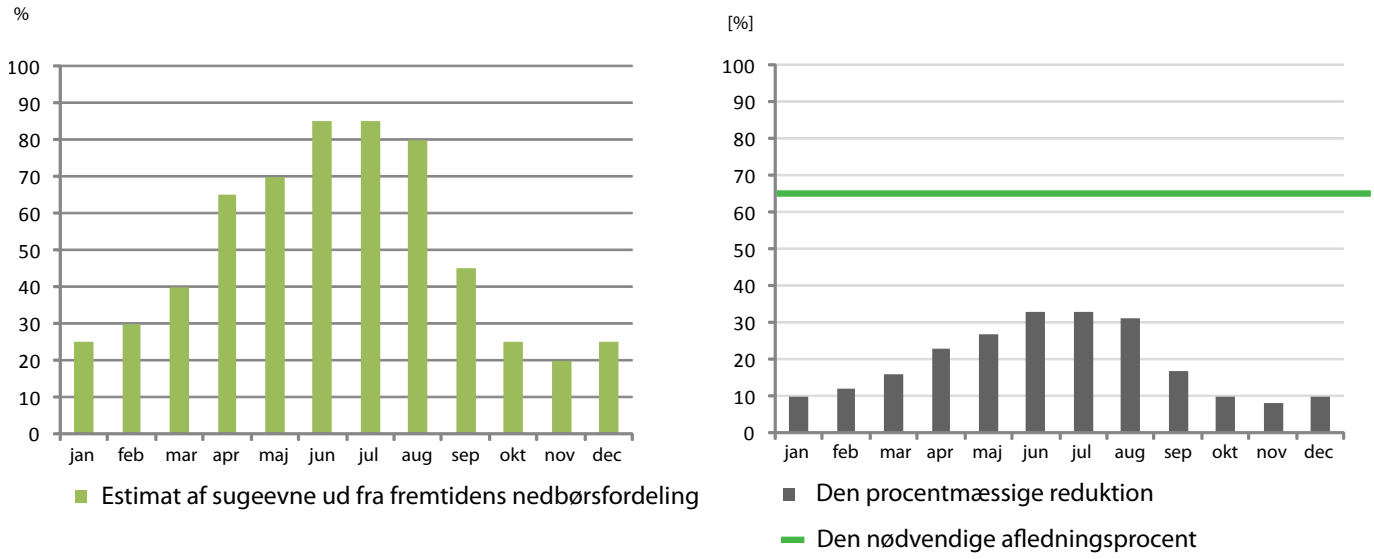


Dybde: 100mm
Vægt: 60kg/m2
Sugeevne: 21 l/m2

Figur 4.27: Ved scenarie 2 kan man passende benyttte Zincos ekstensive tag, hvis vægt overholder tagets bæreevne. Ill.: Zinco

svarer til en ekstra beklædning på 64 kg/m^2. Det betyder, at et udvalgt ekstensivt tag fra Zinco Tyskland (se figur 4.27) med en dybde på 100 mm og en vægt på 60 kg/m^2 burde kunne godkendes rent statisk. Dette giver den højest mulige sugeevne under disse forhold: 21 l/m^2. Hvis det fulde potentiale kunne udnyttes, ville denne kapacitet opveje hele den dimensionerende regn for tagets areal. Men da nedsivningen sker langsommere, end regnen falder, er dette urealistisk.

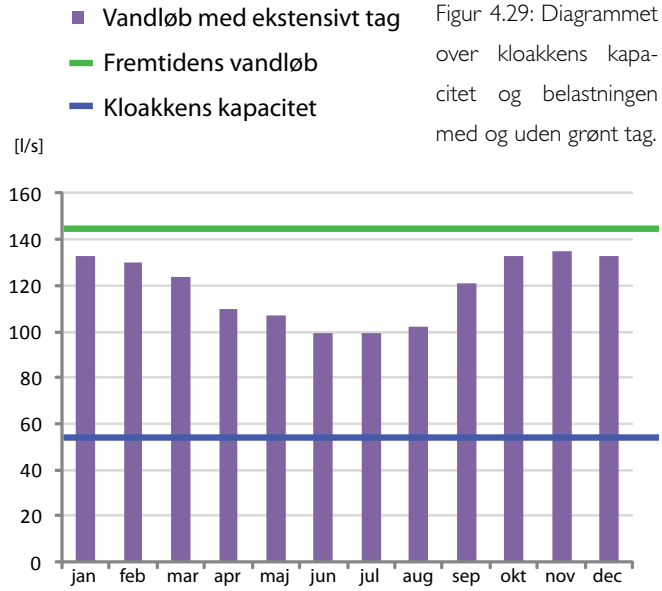
Da tagets sugeevne er afhængig af lufttemperaturen, regnhændelsernes hyppighed og den specifikke byges intensitet (mængde pr. tid), vil det på årsbasis snarere kunne optage 50 % i gennemsnit (bilag 3.3). Dette svarer til 19 % af det regnvand, der løber til kloakledningen på Asminderødgade.



Figur 4.28: Gennemsnitligt vil man kunne optage ca. 19,2 % af regnvandet på Asminderødgade, men reduktionen vil være forskellig afhængig af årstiden, som graferne viser (bilag 2.1). Den grønne streg illustrerer de 64 % som er den nødvendige afledningsprocent (se afsnit om afløbsforhold).

Ud fra analysen (se afsnit om byforgrønnelse) vides det dog, at sugeevnen varierer væsentligt henover året. Derfor er der her lavet nogle estimater på det ekstensive tags afvekslende vandhåndteringsegenskaber, som vurderer, at tagets sugeevne kan blive helt ned til 20 % på en våd novemberdag (se bilag 3.3 eller figur 4.28). Dette er kun 8 % af kloakkens samlede regn-opland, hvilket betyder, at andre tiltag er nødvendige på længere sigt for at undgå oversvømmelser. Figur 4.29 viser forholdet mellem kloakkens kapacitet og den fremtidige belastning med og uden grønt tag. Den reelle økonomi på samfundsniveau ser således helt anderledes og mindre opløftende ud ved dette scenarium, men hvad den konkret bliver, afhænger af det valgte supplement. Udførelsen af det ekstensive tag vil ikke påvirke bygningens energiforbrug markant, da det tynde vækstlag ofte bliver gennemvædet eller bundfryser i vinterhalvåret, hvilket nedsætter isoleringsevnen en del. Til gengæld vil temperaturen på loftet og i de øverste lejligheder om sommeren blive noget mere behagelig, da planterne giver en vis skyggeeffekt og omdanner solvarme til fordampning.

Det æstetiske udtryk vil heller ikke blive ændret meget nede fra gadeplan, men ændringen vil være mere tydelig, jo højere man kommer op. Man kan sige, at de lejligheder, der er uden for synsvidde af



Figur 4.29: Diagrammet over kloakkens kapacitet og belastningen med og uden grønt tag.

Figur 4.30: Fra gården i karren vil man dog nogen steder kunne se det ekstensive tag. Egen illustration

Figur 4.31: Plantetyperne på taget kunne f.eks. være den hvide stenurt eller den almindelig sankthansurt(se evt. afsnit om plantyperne, By-forgrønnelses afsnit). Egen illustration

de grønne islæt på jorden, får lidt grønt at se på foroven i stedet. Det vil give lidt mere mulighed for at følge med i årstidernes skiften for de øverste beboere, uden at karréens overordnede udtryk ændres markant.

Det befæstede areal er i dette scenarium reduceret til 58 % af det udvalgte område. Luftkvaliteten ser også lidt bedre ud end i det første (95 % befæstet areal). Hver 1 m^2 ekstensivt tag omdanner ca. 2-6 Kg CO_2 årligt svarende til i alt 11,5 Tons CO_2/år. Dette lyder måske af meget, når man tænker på, at det er en gasart, men set i forhold til hvor mange beboere, der bor i karréen og fører en vestlig livsstil, er dette tal dog forsvindende lille, idet danske husstande gennemsnitligt udleder 6 tons CO_2/år (klimakonsulentark).

Varme-ø-effekten afhjælpes dog også en smule, idet sorte overflader er erstattet med evapotranspirerende plantedække. De små planter med deres minimale rodnet optager desuden ekstra mange stoffer fra luften, herunder skadestoffer og forurenende partikler. Også biodiversiteten har her fået lidt bedre kår, selvom denne slags ekstensive tage ikke er det mest givende på dette punkt. Byrden forbundet med vedligehold begrænser sig til ca. en halv time hvert andet år, når først planterne har

Figur 4.32: Den udvalgte karre set i fugleperspektiv med ekstensivt tag. Egen illustration

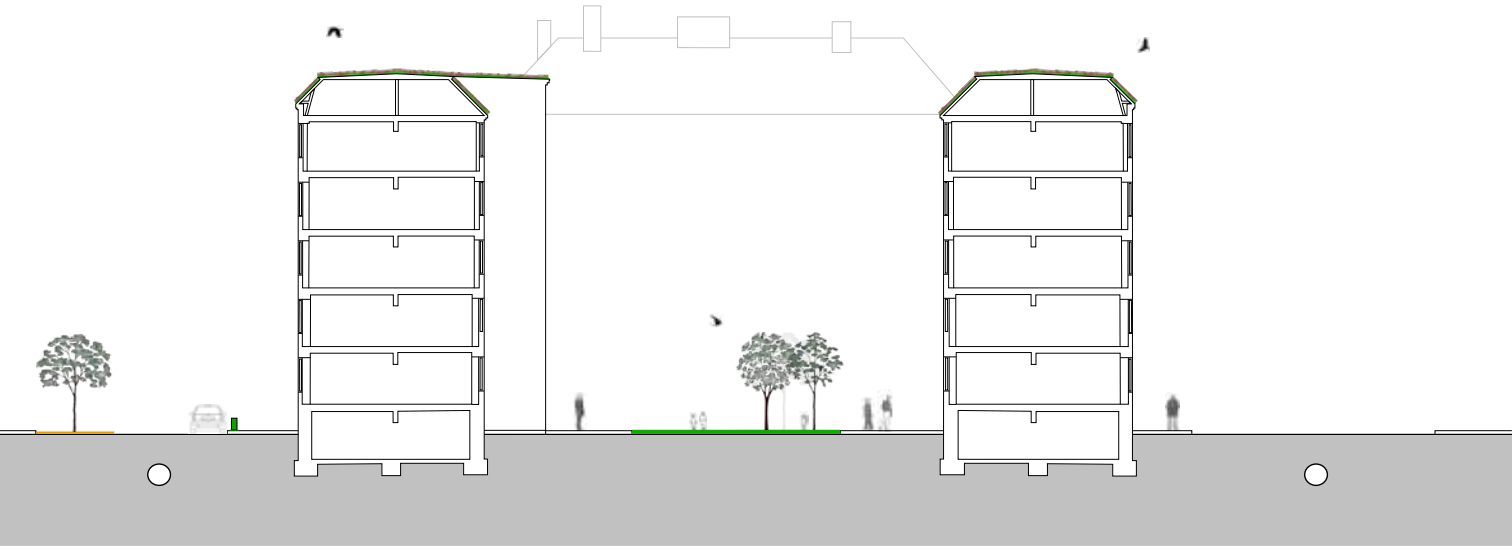
fået rigtigt fat. Hvornår dette sker afhænger af den specifikke løsning – om det er præfabrikeret eller skal gro frem efter montagen – men et godt bud vil være lidt mere de første to år. Altså ikke noget større problem, bortset fra hvis man lider af slem højdeskræk.

Under meget langvarig tørke, fra ca. 3 måneder og opefter, bliver der desuden behov for sporadisk vanding, men dette sker yderst sjældent i Danmark (Jesper Christensen, bilag 1.6).

Da den valgte teknologi er forholdsvis afprøvet, vurderes indgrebet ikke at involvere de store risici. Nogle forsikringsselskaber ville måske sætte gebyret lidt op, men hvis man ellers benytter kompetente fagfolk burde det fint kunne installeres uden problemer.

Mht. påvirkningen af vandkvaliteten er det en fordel, at noget af vandet holdes på bygningen, så der er mindre usikkerhed vedr. både kloak-kapacitet og nedsivning til grundvand. Men da det er en så forholdsvis lille del af vandet vil dette under ekstreme regnhændelser dog i højere grad afhænge af de valgte supplementer.

Figur 4.33: Close up af hvordan det ekstensive tag kunne komme til at se ud. Egen illustration



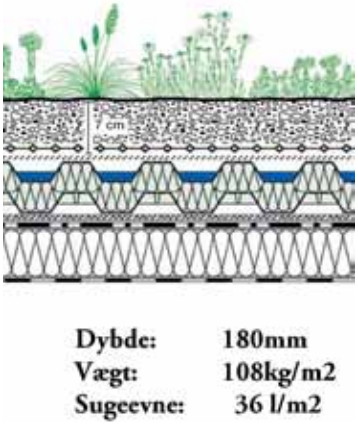
Figur 4.34: Tværsnit. I scenarie 2 er det grønne element kun delvist synligt fra gadeniveau. Egen illustration

Figur 4.35

Scenarie 3: Begrønning ud fra fremtidigt vandhåndteringsbehov

Dette scenarium tager udgangspunkt i, så vidt muligt, at undgå oversvømmelser under fremtidig ekstremregn via begrønning af bygningerne alene. Ifølge Spildevandskomiteen bør man dimensionere efter en regnintensitet på 196 l/s/ha. Tagets 3.158 m² bliver dermed bygget op med et ekstensivt tag, hvor sugeevnen er størst mulig. Her vælges en anden model fra Zinco Tyskland (se illustration til højre) med en dybde på 180 mm, en vægt på 108 kg/m2 og en sugeevne på 36 l/m².

På årsbasis vil dette tag gennemsnitligt kunne optage 60 % af det regnvand, der falder på taget

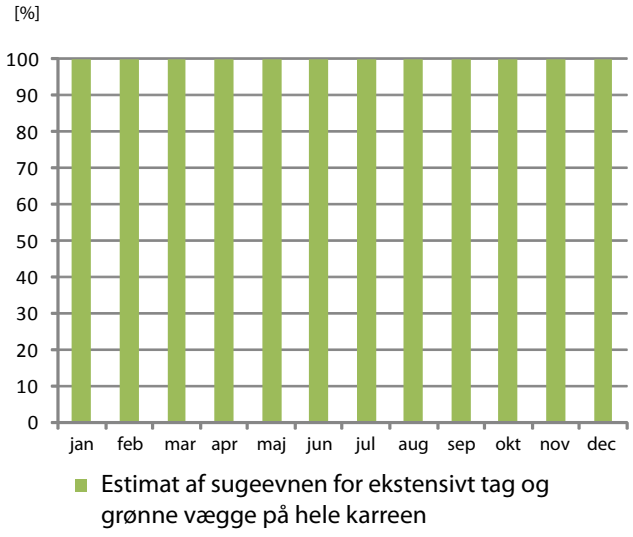


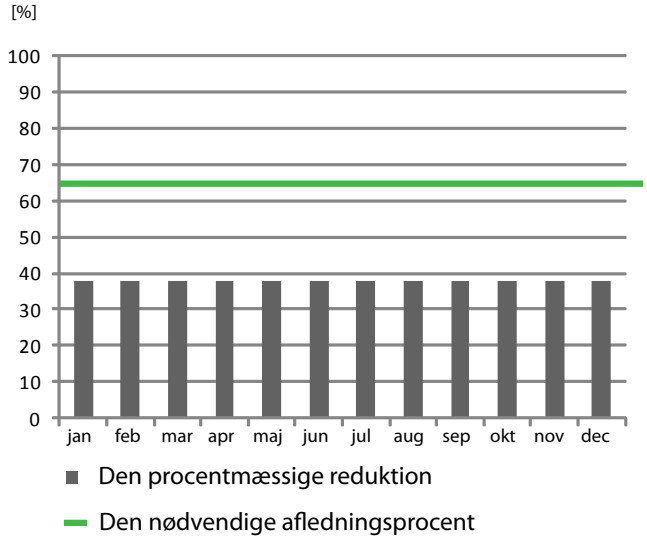
Figur 4.36: Ved scenarie 3 kan manf.eks. benyttte Zincos ekstensive tag, Illustration: Zinco

(Se bilag 2.1 eller LAR-kataloget). Dette varierer ligesom scenarie 2 henover sæsonen, men er dog meget mere stabilt. Gennemsnittet svarer til 23 % af det samlede opland til kloakledningen. For at kloakken ikke skal omdimensioneres, skal 64 % af det samlede opland afledes til anden side. Denne mere sugende tagbeklædning er således heller ikke nok i sig selv, og dermed projekteres der ligeledes grønne facader på karréen, hvortil tagrenderne leder den overskydende regn.

De vertikale flader på bygningen udgør 7498 m², hvilket er næsten lige så meget som arealet på hele det betragtede område på 7752 m². Ved brug af Nykildes vegetationsvægge kan man regne med en ekstra kapacitet på ca. 15 l/m², hvilket er rigeligt til at opsuge al den regn, der falder på tagarealet og evt. blæser ind på selve murene – også selvom man tager højde for en årstidsbestemt reduktion svarende til tagene (bilag 3.3). På denne måde fås således en sugeevne for det samlede tagareal på 100 %. Dette svarer til 38 % af det regnvand, der løber til kloakledningen på Asminderødgade.

Der mangler således stadig 26 % afledning, som skal løses på anden vis, hvis den mest kritiske del af kloakrøret ikke skal oversvømmes oftere end





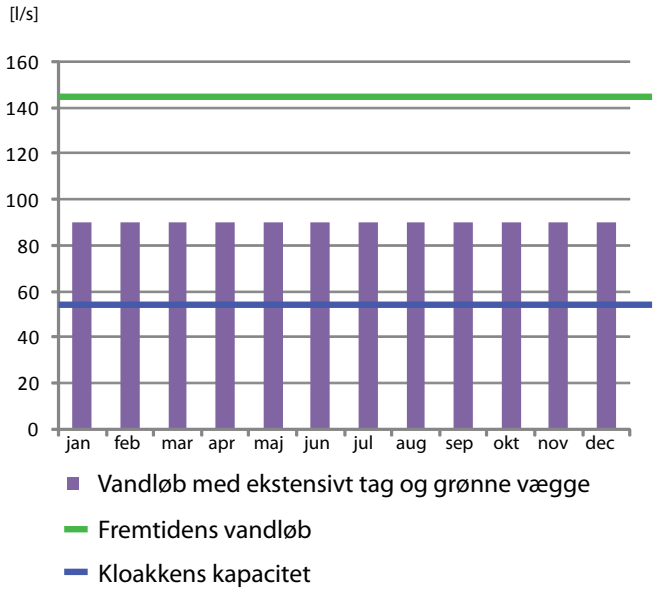
Figur 4.37: Gennemsnitligt vil man kunne optage ca. 38 % af regnvandet på Asminderødgade med ekstensivt tag (180 mm) og grønne vægge på hele karreens vertikale areal. Reduktionen i dette scenarium er vurderet til at være konstant hele året år som graferne viser (bilag 2.1), da alt vandet på bygningens areal bliver absorberet. Egne illustrationer

acceptabelt se figur 4.37. Ressourceforbruget ved denne løsning er noget øget for karréen i forhold til i scenarie 2: Det eksisterende tag kan ikke holde til vægten og må dermed suppleres ved opretning og evt. ekstra understøtning. Dette vil betyde, at det eksisterende tag skal tages af for at få de nye opretningsbjælker hele ind i bygningen, hvilket igen vil medføre, at brug af stilladser eller kran vil være uundgåeligt.

Alternativt må man forkorte knæklængden på spærene. Men de søjler, som i så fald skal opstilles kan komme til at stå i vejen for noget af pladsudnyttelsen på loftet. Da bygningen er dobbeltmuret, antager vi, at de bærende vægge vil kunne holde til den ekstra vægt, også selvom der kommer vertikale begrønningselementer på – ellers må der udtænkes en delvist selvbærende facadeløsning. Men problemet kan nok snarere opstå ved fundamenterne – ud fra 2BG's registrering lader det til, at karréen befinder sig tæt på skellet mellem moræneler og ferskvandsgytje, hvilket må undersøges nærmere.

Til det bymæssige overslag giver det dog mest mening at gå ud fra morænelerets bæreevne, da langt størstedelen af København befinder sig på denne

Figur 4.38: Den udvalgte karre set i fugleperspektiv med ekstensivt tag og vertikale haver på hele facadearealet Egen illustration

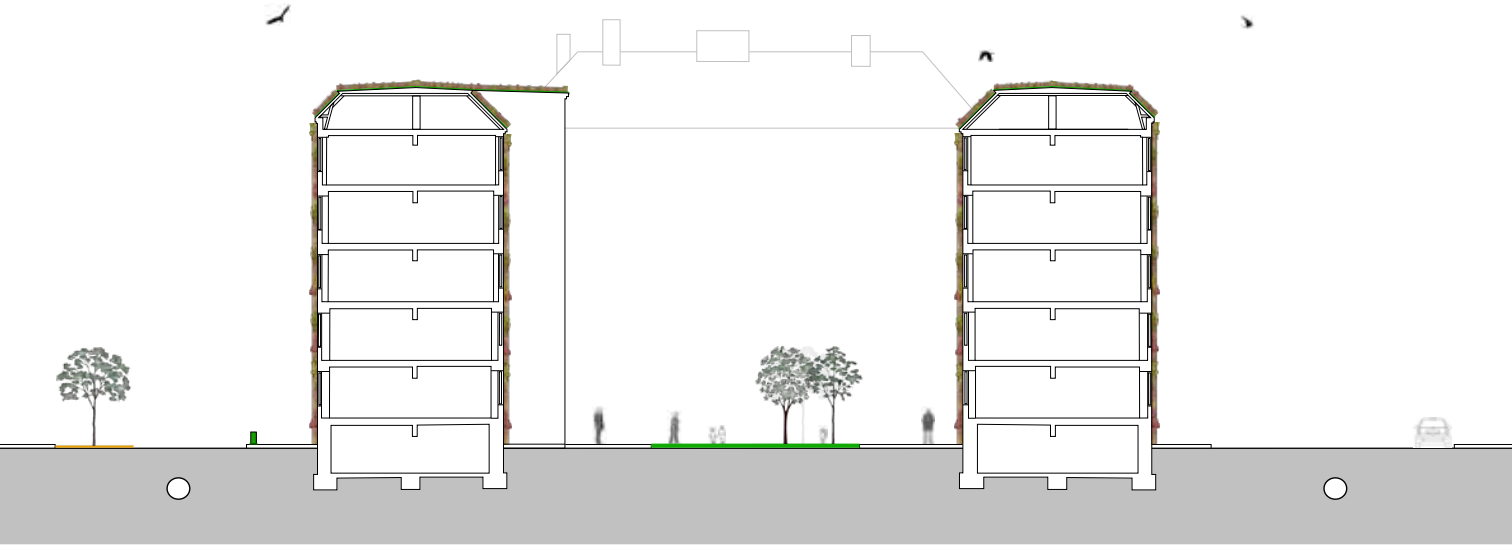


Figur 4.39: Diagrammet over kloakkens kapacitet og belastningen med og uden grønt tag og grønne vægge.

type undergrund (se afsnit om jordbundsforhold). Hvis fundamenterne skulle vise sig at være underdimensionerede, er der selvfølgelig også en løsning på det – Man kan eksempelvis sprøjte noget stabiliserende beton ned omkring dem eller banke supplerende pælefundamenter ned igennem (Rådgivende Ingeniør: Rolf Schiødt Pedersen). Men det er selvfølgelig noget, der trækker ekstra på kontoen. Behovet for vedligehold er dog igen forholdsvis minimalt.

Det befæstede areal udgør som i forrige scenarium ca. 58 %, da de vertikale flader ikke indgår som

Figur 4.40: For meget grønt kan også få karren til at ligne et udsnit af urskoven, hvilket kan højne biodiversiteten, men måske også virke lidt overvældende på nogen. Egen illustration



Figur 4.41: Tværsnit. I scenarie 3 vil det grønne element være meget tydeligt i bybilledet. Tegningen er ikke målfast. Egen illustration

en del af vandberegningen. Men hvis man indregner dem som en del af hele arealet, udgør det befæstede areal nu kun 30 % (bilag 3.3). Dette giver sammenlagt en høj varme-ø-reduktion pga. stort evapotranspirations-areal, markant nedsat bygningsenergi, i kraft af at man "pakker bygningen ind" og høj omdannelse af skadestoffer. Dette vil umiddelbart også give en høj biodiversitet og absorption af skadestoffer.

Æstetisk set kan karréen have en høj brandingeffekt i kraft af et markant udtryk, men det kunne også sagtens have den modsatte effekt – et alt for anderledes udtryk i forhold til byidentiteten. Det meget dominerende indgreb vil skjule den historiske røde tegl, som er områdets stærkeste præg.

Det sundhedsmæssige aspekt vil i dette scenarium også være lidt diskutabelt – nogle vil måske føle det meget overvældende, lidt klaustrofobisk, ukontrolleret, mens andre vil nyde naturen i byen.

Der er flere risiko elementer forbundet med dette scenarium: udover at vægten fra taget og væggene til sammen ville afgive et enormt pres på bygningsfundamentet, vil der antageligt også være forringede forsikringsforhold og stor risiko for anlægsfejl pga. behov for afprøvning af nye systemer/teknologier.

Figur 4.42: De grønne vægge kunne evt. være Nykildes vegetationsvægge eller Lars Kronborg Baks fibermatrix.
(se evt. afsnit om vertikal begrønning). Egen illustration

Figur 4.43

Scenarie 4: Begrønning ud fra arkitektonisk udtryk

Dette scenarium sigter efter så høj en arkitektonisk værdi som muligt. Men hvad der er pænt og grimt afhænger meget af øjnene, der ser det, så man risikerer som beslutningstager hurtigt at gøre sig til smagsdommer, hvilket i praksis kan munde ud i det modsatte af, hvad man havde ønsket: At beboerne føler fremmedgørelse og modstand i stedet for glæde og inspiration ved synet af deres nybegrønnede ejendom. Analysen peger på, at netop det arkitektoniske udtryk er vigtigt for de lokale brugere at have indflydelse på, hvis tilhørsforholdet og stedidentiteten skal bevares eller om muligt styrkes. Også den eksisterende arkitektur er med til at afgøre fra sag til sag, hvad der vil passe ind, hvor meget man bør ændre og hvilke dele af udtrykket, der helst skal respekteres.

For at give beboerne flere udtryksmæssige muligheder at vælge imellem, omdannes taget til et semi-intensivt grønt tag. Dette har et lidt dybere jordlag end det ekstensive tag, hvilket medfører større variationsmulighed i forhold til landskabsdesign og biodiversitet. Dermed kan det også gøres mere synligt nedefra, hvis man ønsker det. Fra

Figur 4.44: Billede af et semi-intensivt tag fra Sverige, Augustenborg, på et efterårsdag.. Eget billede

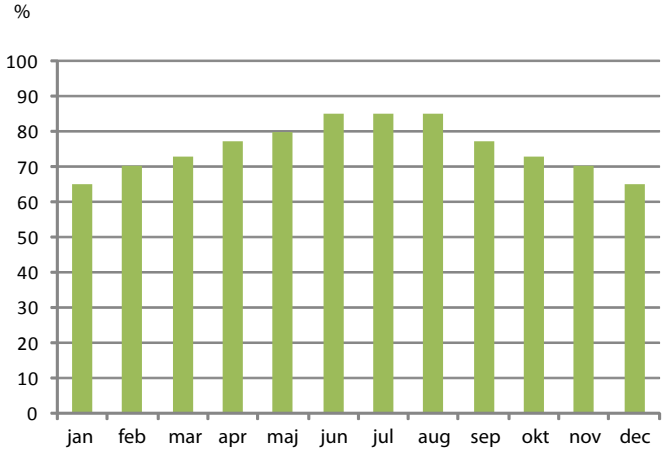
Figur 4.45: I Sverige, Augustenborg, kunne man gå rundt langs små stier på det semi-intensive tag. En facilitet beboerne i karreen måske ville finde attraktiv. Egne fotos

besøget i Augustenborg (Se illustrationer ovenfor og evt. bilag 1.7) blev det erfaret, at man kan nå ret langt visuelt med en vægt på 250 kg/m², hvilket der således tages udgangspunkt i.

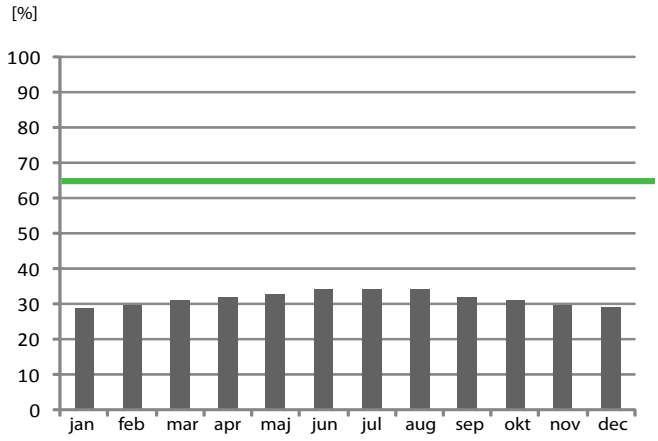
Vægten fra det semi-intensive tag vil kræve en udskiftning af det eksisterende tag, ligesom i scenarie 3. Dette vil betyde, at der med sikkerhed skal opsættes nye opretningsbjælker på tagspærrene i hele karréen, hvilket igen vil medføre, at brug af stilladser eller vil være uundgåeligt.

Den semi-intensive taghave har en bedre vandhåndteringsevne end de ekstensive tage fra scenarie 2 og 3. Den afhænger af den gennemsnitlige dybde, da man i højere grad kan variere dækket

Figur 4.46: Gennemsnitligt vil man kunne optage ca. 32 % af regnvandet på Asminderødgade med et semi-intensivt tag og 1/3 vertikal begrønning af det samlede facadeareal. Reduktionen vil være variere afhængig af årstiden, som graferne viser (bilag 2.1). Egne illustrationer

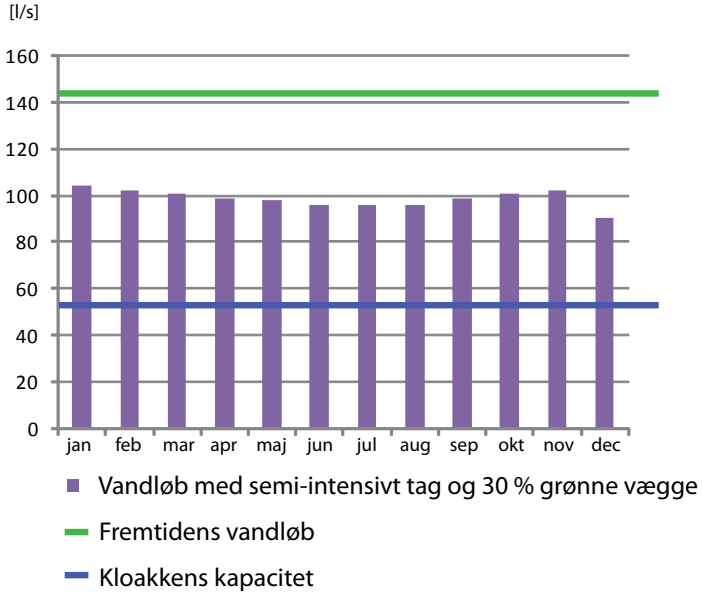


Estimat af sugeevne ud fra fremtidens nedbørsfordeling af et semi-intensivt tag med ca. 1/3 begrønning af væggene



Den procentmæssige reduktion

Den nødvendige afledningsprocent



Figur 4.47: Diagrammet over kloakkens kapacitet og belastningen med og uden grønt tag og grønne vægge.

med små forhøjninger og mindre uddybninger (se figur 4.44). Men som udgangspunkt kan de semi-intensive haver håndtere gennemsnitligt ca. 75 %, let varierende mellem 62 % efterår/vinter og 90 % forår/sommer (bilag 3.3).

Vurderingen i forhold til de vertikale arealer er, at der er gjort meget ud af de udvendige facader, særligt den røde murstensfacade, som derfor ikke rigtig ville komme til sin ret, hvis de blev dækket for meget til med grønt. Visse steder vil det dog godt kunne passes ind, så det grønne præg bliver synligt også udadtil. Facaderne mod gårdrummet er til gengæld lidt mere jævne og knap så udtryksfulde, så her kan der begrønnes mere uden arkitektoniske skrupler.

Den mest æstetiske facadeløsning vil være Patric Blancs vertikale haver, som dog er dyrere, idet den skal designes specielt til bygningen, og som desuden ikke har nær de samme vandhåndteringsegenskaber som Nykildes vegetationsvægge eller Baks fibermatrix (se afsnit om vertikal begrønning). Til gengæld har den et automatisk drypvandingssystem, som man kunne kombinere med en tank, hvor overskydende regnvand opmagasineredes. I dette scenarium vil de begrønnede arealer således være begrænset til at dække hele taget og ca. 30 % af de vertikale overflader, idet de helt grønne facader fra scenarie 3 vurderes at være for voldsomme rent æstetisk. Det betyder at vandhåndteringen i dette scenarie alligevel ligger en smule under scenarie 3, men højere end i scenarie 2 med en gennemsnitlig reduktion på 32 % af årsnedbøren.

De befæstede overflader udgør igen ca. 58 % af det vandrette areal. Medregnes de vertikale flader som en del af hele arealet, udgør det befæstede areal i dette scenarium 44 %. Altså lidt lavere end scenarie 2 og lidt højere end scenarie 3. Varme-ø-reduktion, bygningsenergi og CO_2-omdannelse vil derfor ligge et sted på middel imellem scenarie 2 og 3. Også både biodiversiteten og mikroklimaet vil ligge på middel. I

Figur 4.48: Den udvalgte karre set i fugleperspektiv med semi-intensivt tag og 30 % vertikal begrønning af det samlede facadeareal. Egen illustration

forhold til ressourceforbrug vil indkøbspris, montage og vedligehold alle være temmelig omfattende: Den semi-intensive have skal passes mere end de ekstensive, og væggene er patenterede og skal specialdesignes. Ydermere skal tagkonstruktionen som minimum udskiftes. Det vil samtidigt blive sværere end i scenarie 3 at opnå tilstrækkelig afkobling fra kloakken, så den langsigtede bymæssige udgift vil muligvis blive større, som i de første to scenarier. Til gengæld vil der angivelig være en værdistigning i ejendommen, som kan opveje noget af den udgift. Æstetisk set skulle dette scenarium til gengæld gerne ligge øverst på listen: Der er foretaget markante ændringer, som dog er afpasset efter bygningens arkitektoniske linjer, således at en vis brandingeffekt skulle være sikret, samtidig med at stedidentiteten og beboernes valgfrihed også er tilgodeset. Dette burde videre have effekt på nogle bonuseffekter i form af øget psykisk og sundhedsmæssig tilstand og velvære. Især for beboerne i karréen som er aktive spillere og i højere grad med til at udvikle deres nærområde. Dette kan i værste tilfælde selvfølge også have en negativ virkning, hvis der kommer større uenighed iblandt beboerne om, hvordan tingene skal udformes, da variationsmulighederne er større. Risikoelementerne vurderes til at være let forringende for forsikringsforhold, idet der optræder en moderat risiko for anlægsfejl og en vandkvalitet, der i høj grad afhænger af de valgte vandhåndterings-supplementer.

Figur 4.49: Patrick Blancs vertikal haver giver mange variationsmuligheder, som beboerne i karreen kan være med til at sætte sit præg på.. Foto: wired.com

Figur 4.50: Tværsnit. I scenarie 4 er det kun 30 % af de vertikale flader der bliver opført med grønne vægge. Tegningen er ikke målfast. Egen illustration

VURDERING

Da så mange faktorer spiller ind i beslutningsprocessen samtidigt, benyttes MCDM (Multi Criterial Decision Making) som redskab til at lave en samlet vurdering scenarierne imellem. MCDM er en systematisk tilgang, hvor man på forhånd opsætter succeskriterier for et aktuelt projekt. Det er vigtigt at kriterierne defineres, før man begynder at sammenligne de forskellige alternativer, så ikke subjektive præferencer farver resultatet.

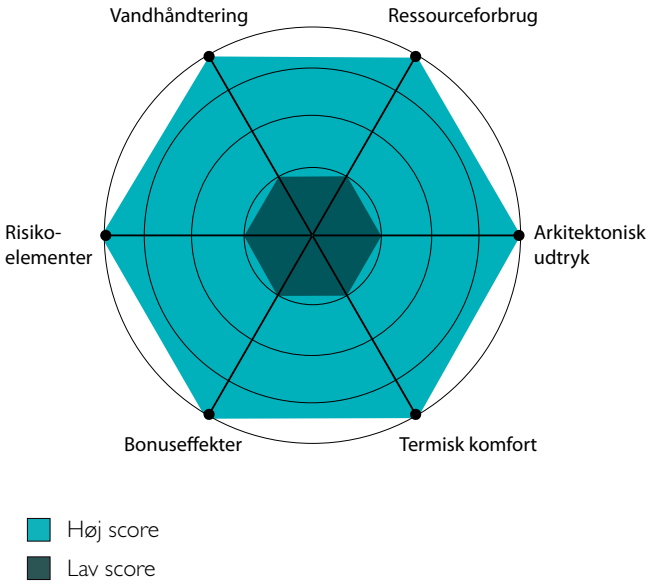
Da visse faktorer kan være svære at vurdere kvantitativt pga. manglende viden på området, bliver dette en relativ vurdering, hvor de forskellige scenarier holdes op mod hinanden under hvert kriterium og rangeres herefter. Kriterierne vægtes ikke, da prioriteringen vil være forskellig fra en aktør til en anden. Ud fra scenariernes placering i de forskellige kategorier kan interesserede således selv overveje, hvordan disse kriterier bør prioriteres.
Ved opsætning af kriterierne blev vi opmærksomme på, at det er meget afgørende for fokuspunkterne i denne vurdering, hvilke øjne man ser udviklingen med, og om man ser på lokalt eller på kommunalt niveau. Dette hænger meget godt sammen med, at vores analyse identificerer implementeringen i samfundet og kommunikationen mellem aktører som en af de største barrierer for byforgrønnelse som tilpasningsstrategi. Man må dog gå ud fra, at et tiltag skal fungere lokalt, hvis det skal virke i en større sammenhæng. Ydermere vil de bymæssige overvejelser knytte sig mere bredt til forskellige typer bygninger og byrum, ikke kun boligkarréer som den betragtede. MCDM-vægtningen udføres derfor ud fra bygningsniveau, hvorefter de bymæssige kriterier diskuteres i forhold til scenarie 5, det optimerede alternativ. Derved kan de potentielt modstridende interesser afdækkes, hvilket kan være et godt grundlag for udviklingen af en implementeringsstrategi.

Kriterier

Vi har på basis af vores analyse i foregående afsnit udvalgt følgende hovedkriterier på bygningsniveau, set fra beboernes synspunkt:

- Vandhåndtering, herunder begrønnet areal og sugeevne
- Ressourceforbrug, herunder Indkøbspris, montage og vedligehold
- Arkitektonisk udtryk, herunder tilhørsforhold, byidentitet og æstetik
- Termisk komfort, herunder varme-ø-reduktion, bygningsenergi og vind
- Bonuseffekter, herunder værdistigning, biodiversitet og luftkvalitet
- Risiko-elementer, herunder forsikringsforhold og anlægsfejl

Da MCDM vurderingen bygger på en sammenligning mellem de 4 scenarier, gives der point efter placering under hvert hovedkriterium, hvor 4 point er højeste score og dermed bedste placering, og 1 er laveste score og dermed dårligste placering.



Figur 4.51: MCDM diagrammets opbygning. Jo større figur jo bedre vurdering. Egen illustration

Sugeevnen afhænger af både regnhændelsernes frekvens og luftens temperatur, men den relative virkning forslagene imellem vil kunne vurderes alligevel. De økonomiske vurderinger er ligeledes relative overslag, idet den detaljerede totaløkonomiske udregning vil være alt for omfattende til, at vi kan have den med i dette projekt. Derudover vil arkitektonisk udtryk som nævnt ikke kunne vurderes objektivt, da dette i høj grad afhænger af iagttageren – men med de tre underkriterier har vi alligevel forsøgt at vægte andet end vores egen personlige smag. Vandhåndtering er ifølge vores analyse det vigtigste, idet oversvømmelser er hovedmotivation for overhovedet at overveje større bymæssige indgreb. Men hvorvidt ressourceforbrug, æstetik eller termisk komfort er mest afgørende er et spørgsmål om kontekst. De to førstnævnte skønnes at være afgørende for, hvorvidt løsningen overhovedet vil blive overvejet af beslutningstagerne, og om den er rentabel, mens den termiske komfort er en anden vigtig motivation i forhold til klimatilpasning af byen. "Bonuseffekterne" er egenskaber ved begrønning, der absolut ikke bør overses, men som ikke i sig selv er nok til at gøre tiltaget rentabelt. Indføres de gennemgående på byniveau, kan de dog alligevel gøre en forskel. Risiko-elementerne bør ligeledes overvejes ved valg af teknologi, da de kan få betydning for succesoplevelsen.

Vandhåndtering

Underkriterierne til dette punkt er hhv. begrønnet areal [m^2]og sugeevne[l/s/ha], som hovedsageligt afhænger af tykkelsen på vækstmediet og det samlede begrønnede areal. Tilsammen vil disse oplysninger danne grundlaget for beregningen af, hvor stor en del af oversvømmelsesproblematikken, der samlet set kan løses på den givne måde.

Ressourceforbrug

Underkriterierne her er hhv. Indkøbspris [Dkr], montage [timer] og vedligehold [timer/år], hvoraf de første to udover selve det grønne element også inkluderer evt. forstærkning af tagkonstruktionen, og den sidste inkluderer bygningernes generelle modstandsdygtighed i forhold til klimaet.

Arkitektonisk udtryk

Underkriterierne tilhørsforhold, byidentitet og æstetik er alle kvalitative vurderinger, som således ikke har nogle egentlige enheder. Hovedkriteriet vurderes således ud fra hvad man som beboer kunne forstille sig, ville være attraktive tiltag for ens karre. Dette er selvfølgelig en smagssag fra beboer til beboer og kan vurderes meget forskelligt, men forsøges så vidt muligt at vurderes objektivt set fra et procentmæssigt synspunkt [%] – vil flertallet af beboerne i karreen kunne lide tiltaget eller ej?

Termisk komfort

Her består underkriterierne af varme-ø-reduktion [°C], bygningsenergi [kWh/m^2/år] og vind [m/s], hvoraf de to førstnævnte skønnes ud fra skygge-effekt og fordampning, mens den sidstnævnte hovedsagelig afhænger af størrelsen af begrønnet areal, men også til dels af den valgte intensitet og plantesorterne - Jo frodigere begrønning på overflader, des bedre reduktion af vinden.

Bonuseffekter værdistigning

Underkriterierne til dette punkt afhænger af biodiversitet, luftkvalitet og værdistigning hvor de to første baseres på størrelsen af begrønnet areal og til dels plantesort. Der kan også være en effekt på det psykiske velvære, som i højere grad afhænger af synlighed, samt muligheden for at følge med i årstidernes skiften i kraft af farver og frodighed. Værdistigningen afhænger i høj grad af det enkelte scenarium. Her vurderes at begrønning af en karre som udgangspunkt øger den attraktive værdi, men for meget grønt har også har en negativ virkning og kan resultere i et decideret værdifald pga. for ekstrem æstetisk konvertering.

Risiko-elementer

Som pendant til bonuseffekterne kan der ligeledes være nogle mere negative følgevirkninger: Forsikringsselskaber kan muligvis finde på at hæve præmien pga. øget brandfare i forbindelse med beplantning, mens der nogle steder også har været dårlige erfaringer med fejl i realiseringsfasen, som kan medføre bygningsskader. Derudover kan det kombinerede afledningssystem bevirke risici for oversvømmelser indeholdende sort spildevand i ekstremtilfælde.

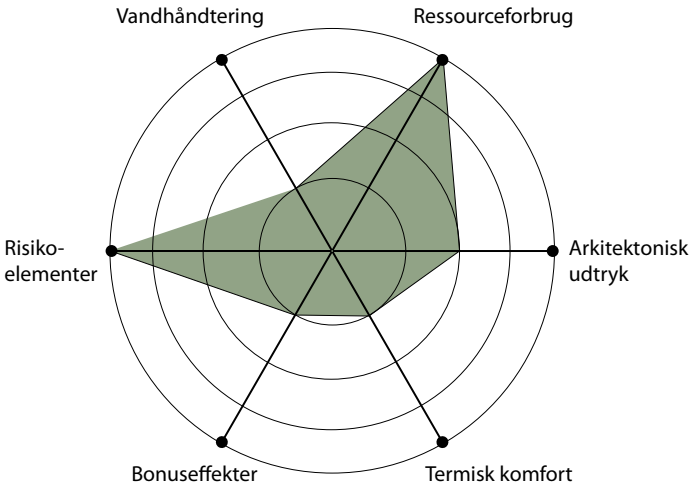
Resultater

Fordeling af pointene for hvert scenarium i MCDM:

Scenarie 1: "0-alternativet"

- **Vandhåndtering** = 1
- **Ressourceforbrug** = 4
- **Arkitektonisk udtryk** = 2
- **Termisk komfort** = 1
- **Bonuseffekter** = 1
- **Risiko-elementer** = 4

Dette giver samlet et vægtet resultat på 13 point af et maksimum på 24.

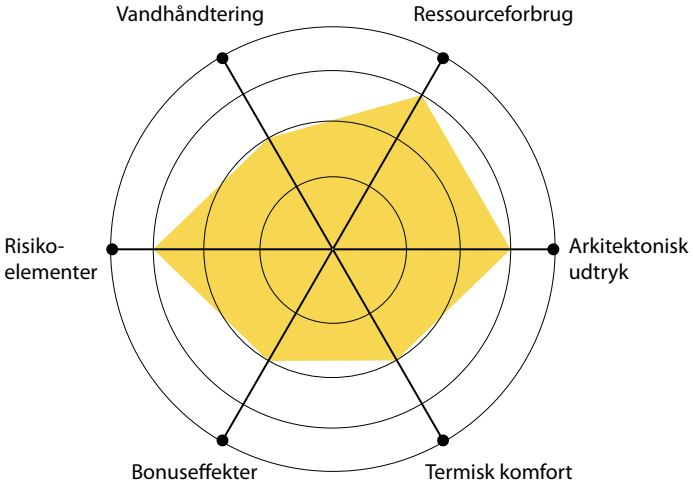


Figur 4.52

Scenarie 2: Begrønning ud fra tagets bæreevne

- **Vandhåndtering** = 2
- **Ressourceforbrug** = 3
- **Arkitektonisk udtryk** = 3
- **Termisk komfort** = 2
- **Bonuseffekter** = 2
- **Risiko-elementer** = 3

Dette giver samlet et vægtet resultat på 15 point af et maksimum på 24.



Figur 4.53

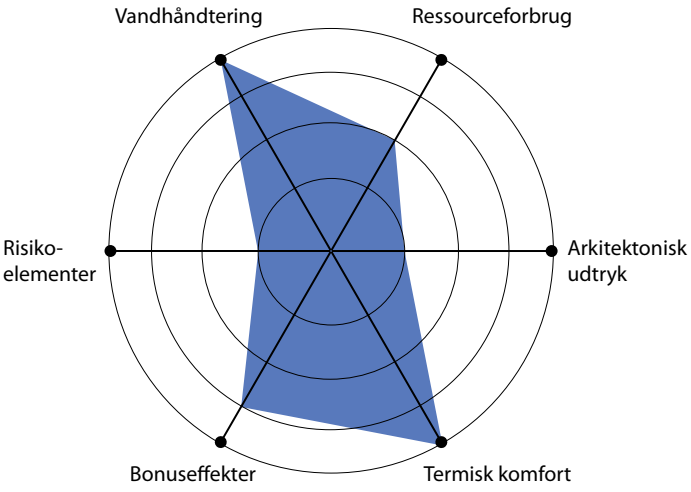
Fordeling af pointene for hvert scenarium i MCDM:

Scenarie 3: Begrønning ud fra det fremtidige vandhåndteringsbehov

- **Vandhåndtering** = 4
- **Ressourceforbrug** = 2
- **Arkitektonisk udtryk** = 1
- **Termisk komfort** = 4
- **Bonuseffekter** = 3
- **Risiko-elementer** = 1

Dette giver samlet et vægtet resultat på 15 point af et maksimum på 24.

Figur 4.54

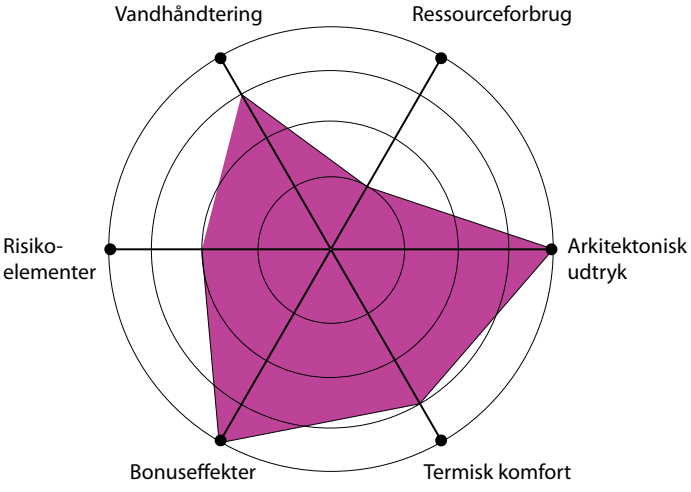


Scenarie 4: Begrønning ud fra arkitektonisk udtryk

- **Vandhåndtering** = 3
- **Ressourceforbrug** = 1
- **Arkitektonisk udtryk** = 4
- **Termisk komfort** = 3
- **Bonuseffekter** = 4
- **Risiko-elementer** = 2

Dette giver samlet et vægtet resultat på 17 point af et maksimum på 24.

Figur 4.55



Ud fra de fire stjernediagrammer ses det, at rangfølgen af scenarierne efter de opstillede kriterier er som følger:

1. Scenarie 4: 17 point
2. Scenarie 2: 15 point
3. Scenarie 3: 15 point
4. Scenarie 1: 13 point.

De samlede point giver et fint helhedsindtryk af de forskellige tiltag i forhold til hinanden, men alt efter prioriteringen af hovedkriterierne kan resultatet variere uafhængigt af den samlede pointscore.

Der er ikke umiddelbart nogen mirakelløsning, som giver et godt afkast på alle kriterierne (dvs. overmiddel = 3 eller 4 point). Det overordnede billede tegner sig således, at vil man have klare fordele på et bestemt hovedkriterium, skal man også gå på kompromis med nogle andre kriterier, som en slags trade off.

Scenarie 3 er et eksempel på dette, hvor vandhåndtering og termisk komfort er i top, men ressourcemæssigt er det omkostningstungt, og arkitektonisk set har det også sine konsekvenser: Karréen vil blive fuldstændig transformeret til uigenkendelighed, hvilket for nogle måske ville være et frisk pust, men for andre nok alt for ekstremt og anderledes. Risiko-elementerne stiger også i takt med størrelsen på forgrønnelsesindgrebet: udover at det kunne afføde en debat og uenighed blandt beboerne, vil der også være øget fare for anlægsfejl pga. omfattende montage og samtidig forsikringsstigninger som følge af de store forandringer. Hvis man omvendt vælger at skrue kraftigt ned for forgrønnelsesindgrebet, og gør et tiltag på det minimale plan som i scenarie 2, får man heller ikke et resultat, der batter på nogen af hovedkriterierne. Vil man have højnet æstetisk kvalitet samt gode termiske og vandhåndterings-mæssige egenskaber indbefatter det også en maksimal omkostning som i scenarie 4. Men det bør bemærkes, at Nul-alternativet ligger lavest – dvs. lidt grønt er bedre end intet.

Figur 4.56

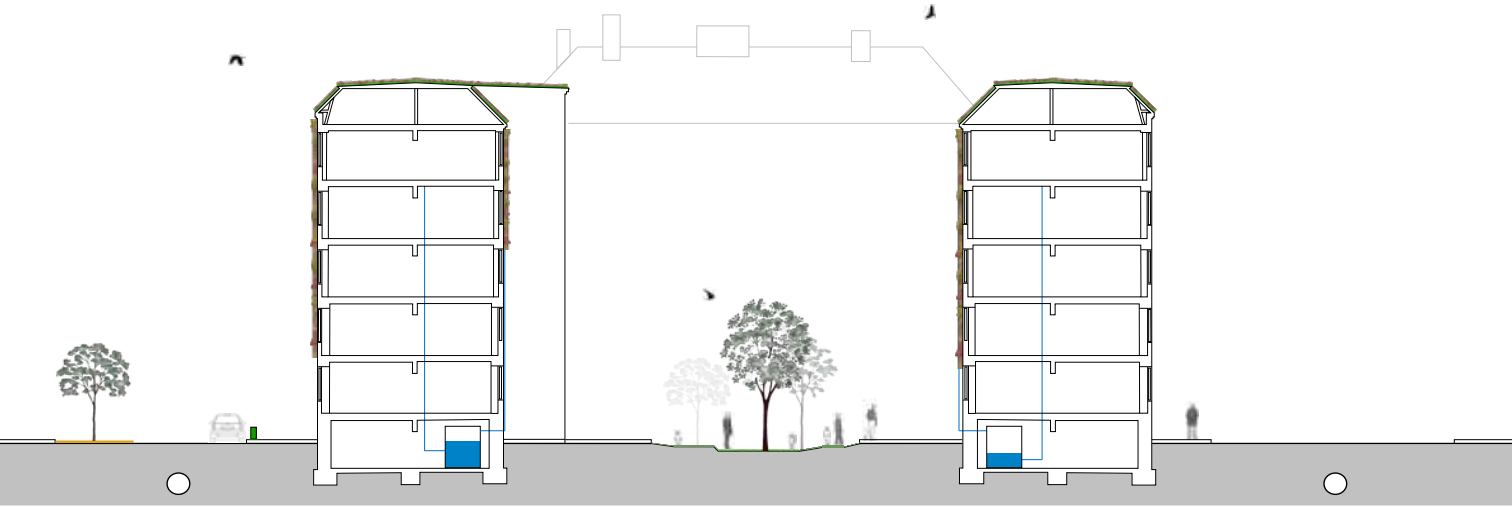
Scenarie 5: Optimeret alternativ m. supplerende tiltag

Dette sidste scenarium søger i første omgang at optimere forholdene ud fra de indsamlede erfaringer fra de foregående scenarier. Derudover skal der laves en samlet strategi for karréen og de tilstødende byrum med henblik på at kunne aflede tilstrækkelig meget af den fremtidige dimensionsgivende regn, så ikke kloakken skal udbygges. Dette kunne ingen af de forrige scenarier leve op til, selvom alt vandet fra arealet på bygningen i scenarie 3 absorberedes, og dermed ved vi, at der skal inddrages supplerende LAR-teknologier i gadeplan.
Karréens samlede areal inklusiv gårdrummet udgør 4.672 m^2, og det samlede opland til den udvalgte kloakledning udgør 7.752 m^2, hvilket betyder, at karréens samlede areal udgør 60 % af det betragtede område. Ifølge beregningerne af kloakkens kapacitet skal der kunne afledes 64 % af den dimensionerende nedbør, hvis man skal undgå at omdimensionere kloakken. Dette betyder i grove træk, at noget af det befæstede gadeareal, såvel som hele karréens areal, nødvendigvis skal kunne aflede på anden vis. De anbefalede tiltag for denne case vil således blive:

Bygningen:

Tag
En udskiftning af det eksisterende tag er vurderet til at være for omkostningstungt i forhold til udbyttet – forskellen i reduktion af vandafledning fra taget i scenarie 2 og scenarie 3 på årsbasis er kun 4 %, mens forskellen i forbindelse med ekstremregn i efteråret kan være lidt højere. Det semi-intensive tag virker mindre realistisk. Derfor benyttes her

Figur 4.57: Den udvalgte karre set i fugleperspektiv med ekstentivt tag og 30 % vertikal begrønning af det samlede facadeareal.
Egen illustration



Figur 4.58 Tværsnit. I scenarie 5 er det kun 30 % af de vertikale flader der bliver opført med grønne vægge. I gården kommer der en infiltrationsplæne der hvor der også er grønt areal. infiltrationsplænen kan opmagasinere og nedsive alt det vand der lander i gården.
Egen illustration

det samme tag som i scenarie 2 (dvs. max. 64 kg/m^2 ifølge de statiske beregninger i bilag 3.1).

Mure

Til begrønning af bygningens mure benyttes en afpasset mængde vertikal begrønning som i scenarie 4, således at det bliver synligt uden at virke for overvældende: rødstensfacaderne bevares som en vigtig del af byens arkitekturhistorie, og derfor begrønnes murværket mest indvendigt med ca. 40 % og kun i begrænset omfang udvendigt med ca. 20 % af væggenes areal – dvs. sammenlagt ca. 30 % af de vertikale flader bliver igen begrønnet, hvilket udgør ca. 2.250 m^2. Patrick Blancs vertikale haver er smukke, men set i et vandhåndteringsperspektiv er de desværre ikke så anvendelige. Her anses fibermatricen eller Nykildes vegetationsvægge som i scenarie 3 for bedre egnet. Disse kan også præfabrikeres, hvilket vil have indflydelse på prisen. Fibermatricen kan muligvis også få et mere levende udtryk, a lá Patric Blancs, hvis der forskes lidt mere i brugbare plantesorter og evt. brug af super-absorbent.

Supplerende tiltag

Infiltrationsplæner: Der er et par græsplæner i gården som fint og enkelt kunne gøres mere spændende ved at man omformer landskabet i forbindelse med etablering af infiltrationsplæner. Disse grønne arealer udgør 250 m^2. Da Karréen ligger ved grænsen til en jordbund af ferskvandsgytje, er der god chance for, at vandet vil kunne infiltrere ekstra effektivt ned gennem jorden, men dette skal undersøges nærmere. Alternativt kan plænerne laves til VADI'er, hvis man er bekymret for, at de ellers er våde for meget af tiden, og hvis man er villig til at ofre lidt extra.

Regnvandstanke: I kælderen er der plads til regnvandsstanke (til vanding eller husholdning) i nogle eksisterende rum med lavt til loftet. Dette ville være ideelt, da rummene ikke rigtigt udnyttes nu, og man dermed ikke kompromitterer andre af ejendommens funktioner og behov.

Ydermere gives der økonomiske incitamenter, som vil mindske udgifterne. Men da der kun er linjefundament under bygningens bærende vægge, kan det blive nødvendigt med etablering af mindre fundamenter under regnvandstankene hvis disse er for store – dog ikke under selve bygningen, hvilket er mere omfattende set i et anlægsmæssigt perspektiv. Derfor benyttes kun mindre kældertanke på 1000 liter. Disse kan placeres strategisk rundt i karreen, så alle beboerne kunne få gavn af regnvandet (se eks. www.regnvand.com/kaeldertank.htm).

Det overskydende regnvand fra bygningen, som ikke bliver opsuget af det ekstensive tag eller af de vertikale haver bliver således enten ledt ned til gården, hvor det bliver filtreret ned gennem jorden via infiltrationsplænerne eller ledt ned til regnvandstankene, hvor vandet bliver opmagasineret, indtil

det bliver brugt til husholdningsfunktioner, som i første omgang må antages at være udelukkende til toiletskyl, da "grønt" vand næppe vil blive benyttet til tøjvask. Muligvis ville det dog kunne ledes til fællesvaskeriet via et ekstra rensningssystem.

Græsamering: På den ene side af Asminderødgade mellem grusarealerne kunne man passende etablere græsarmering i stedet for asfalt, da disse arealer kun bruges til parkering.

Det pågældende areal udgør ca. 720 m^2 af det samlede befæstede areal. Græsarmering kan opsuge og infiltrere ca. 60 % af det regnvand, der falder på det (bygherrevejledning, 2005).

Træer: Plantning af større træer i gårdrummet og ved vejene giver effektiv køling under hedebølger og lidt ekstra forsinkelse af regnvandet. Samtidig har de et stort overfladeareal til omdannelse af CO_2 og absorption af skadestoffer.

Afrunding:

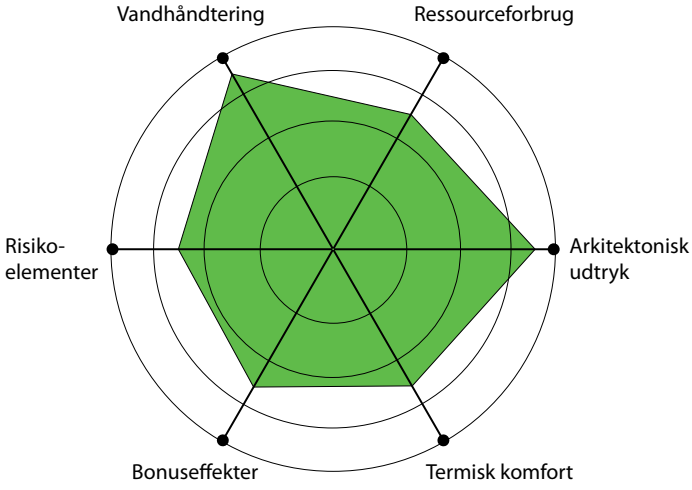
Dette scenarium kombinerer de forskellige fordele, uden at nogle faktorer er helt nedprioriteret. På denne måde afledes 65 % af vandet fra kloakkens opland, hvilket er nok til, at rørene overholder den dimensionerende kapacitet. Alt det vand, der falder på taget, 38 %, holdes på eller i bygningen, så der nedsives mindst muligt, samlet set 27 %. Der vil også være nogle mærkbare forbedringer for den termiske komfort. Dog kan der være komplikationer med nedsivning: Hvis det regner for meget i forhold til grundvandets højde, vil der opstå forsumpningstilstande. Tungmetaller, benzin-rester mm. kan trænge med vandet ned i jorden, særligt fra parkeringsarealerne, så evt. vil det blive nødvendigt med etablering af dobbeltporøs filtrering el.lign. Hvis jordbunden af disse årsager viser sig at være uegnet til nedsivning, vil det dog være muligt at klare en større del af behovet via regnvandstanke, idet der er plads nok.

Scenarie 5: Optimeret alternativ m. supplerende tiltag

- **Vandhåndtering** = 3.5
- **Ressourceforbrug** = 2.5
- **Arkitektonisk udtryk** = 3.5
- **Termisk komfort** = 2.5
- **Bonuseffekter** = 2.5
- **Risiko-elementer** = 2.5

Dette giver samlet et vægtet resultat på 15 point af et maksimum på 24.

Figur 4.59



Opsamling bygningsniveau

Der er ingen af scenarierne, som løser hele vandhåndteringsproblematikken på bygningen alene, hvilket betyder, at der for denne case under alle omstændigheder skal indføres andre tiltag end begrønning af bygningen – arealet af bygningen udgør simpelthen ikke en stor nok andel i forhold til kloakkens samlede opland. Selv ikke når man medregner arealet i gården er det nok i sig selv. Denne arealfordeling vil nok gøre sig gældende for mange bymæssigheder, idet denne type karré repræsenterer en forholdsvis tæt bymæssig kontekst.

På den anden side er det ret afgørende for resultaterne, at den pågældende kloakledning under Asminderødgade er voldsomt underdimensioneret som udgangspunkt: på det mest belastede sted er kapaciteten kun ca. halvdelen af, hvad den burde være ud fra nutidens dimensionerende regn, og dermed bliver det grangiveligt lidt svært, at leve op til en yderligere kalkuleret stigning på 40 % med alternative afledningsmetoder.

Bygningens grundareal udgør 37 % af det samlede opland til kloakken. 60 % af den dimensionerende regn, der rammer taget, kan i Scenarie 5 håndteres via grønne tage og vægge. Dette svarer således til en aflastning af kloakken på 22,2 % af den samlede regnmængde. Med en stigning på 40 % i forhold til den nuværende regn er det sammenlagt kun de 28,6 % af den fremtidige dimensionerende regnhændelse, der vil overbelaste en kloakledning, der er designet efter nutidens dimensionerende regn (40 udgør 28,6 % af 140. Dette passer meget godt overens med, at Niels Bendt Johansen kalkulerer med et overslag på 30 % afkobling).

Aflastningen på 22,2 % svarer altså til 77,6 % af de førnævnte 28,6 %.

Denne udregning giver et noget mere optimistisk billede af potentialerne ved begrønning af bygninger i forhold til resultaterne fra casen: omkring 77,6 % af det vand, der skal afledes udenom kloakkerne i fremtiden, kan i de tætte karré-områder nogenlunde realistisk klares på bygningerne.

Ydermere kan man ud fra analysen (figur 2.5) se, at de 40 % i sig selv er en overdrivelse for at være på den sikre side – den forudsete stigning ligger nærmere på 25 % af den nuværende ekstremregn. Dette betyder, at de foreslåede tiltag meget sandsynligt vil løse problemet i endnu højere grad i praksis.

Vi ved ikke, hvor mange andre underdimensionerede kloakledninger, der måtte være. Den aktuelle case er ikke valgt ud fra afledningsforholdene, men ud fra muligheden for at generalisere, så den ekstra udfordring er en tilfældighed. Man kan dog nogenlunde troværdigt estimere, at det beregnede potentiale, de indførte tiltag repræsenterer i dette casestudie, udgør en minimumssats for denne type byggeri.

Derudover ses det af scenarie 5, at der er rig mulighed for andre tiltag på den givne matrikel. Det var overraskende, hvor lille en fordybning der var nødvendig for at samle tilstrækkeligt vand op via infiltrationsplænerne – dette er et meget simpelt tiltag, som i mange tilfælde vil kunne udføres på kort tid af beboerne selv. Også den store kapacitet til vandtanke i kælderen var bemærkelsesværdig – hvis dette er typisk for karréer i almindelighed, ligger der et stort potentiale.

Bymæssige overvejelser

Da byen rent fysisk i høj grad består af bygninger, vil potentialet for en bygning være et lille udsnit af potentialet for en by. Derfor vil de mange overvejelser i forhold til begrønning af karréen være relevante også i byplan-sammenhæng. Men byen består af meget forskelligartede bygninger og byrum, så der er forhold, som ikke er overvejet i scenarierne, idet de tages for givet i den betragtede kontekst. Det vigtigste af disse må være:

- **Implementering**, herunder aktørnetværk og motivation

Hvor komplekst er det at implementere de forskellige teknologier i tilstrækkelig grad på byniveau? Hvor mange skal inddrages i beslutningsprocessen? Hvor svært er det at motivere til?

Kan man få overbevist investorer, politikere og ikke mindst befolkningen om, at denne tilgang er at foretrække, og inkluderet dem alle i udviklingen? Hvor meget skal borgerne selv lægge i det – økonomisk og arbejdsmæssigt? Giver det mest besvær eller kan det komme til at medføre øget tilhørsforhold og ejerskabsfølelse? Vil det hovedsagelig blive "tvangsindgreb" i form af lovmæssig regulering eller kan andre midler slå til?

Derudover er der nogle af hovedkriterierne, der har fået en suppleret eller modificeret betydning:

- **Ressourceforbrug,** herunder økonomiske incitamenter, arealanvendelse og forskning

En beslutningstager på byniveau vil nok i mindre grad gå op i indkøbspris, montage og vedligehold, bortset fra når det drejer sig om begrønning af kommunal ejendom. Det vil være vigtigere, om det kan betale sig at give nogle reelt brugbare incitamenter fra kommunens side? Om det påkrævede areal til hhv. produktion og tiltag er til rådighed? Og om det er en tilgængelig teknologi, eller den skal udvikles gennem videre forskning?

- **Arkitektonisk** udtryk, herunder brandingeffekt, bykvalitet og "spiselighed"

På bygningsniveau vægtes logisk nok de nære værdier i forhold til udtrykket, men arkitektur kan på byniveau have flere egenskaber: Brandingeffekten vurderes ud fra synlighed af tiltagene. Den skal i disse klimatider nok ikke undervurderes i forhold til turisme, attraktionsværdi for eksempelvis "den kreative klasse" og ønsket om en "grøn profil", mens visionerne om bedre bykvalitet også ofte bliver forbundet med noget rekreativt, samtidig med at CO_2-reduktion og absorption af skadestoffer kan være med til at fremme det. "Spiselighed" handler om, i forlængelse af implementering, hvorvidt et tiltag rent udtryksmæssigt kan overbevise aktører om den gode ide i implementeringen af det, eller det er for overdrevet til at folk vil have det.

Resultater

Implementering

Aktørnetværket i sammenhæng med karréen kan være forholdsvis kompliceret, idet der ikke er én, men en række boligforeninger. Den boligforening, kontakten er foregået igennem under projektarbejdet, består af 5 opgange ud mod Asminderødgade. Det vurderes, at der er i omegnen af 22 opgange i karréen, så antallet af boligforeninger i karréen er nok minimum 4 og sandsynligvis flere endnu – der alle skal blive enige om, hvilke tiltag, der bør implementeres på området. Med udgangspunkt i scenarie 5 er der også tale om en del forskellige leverandører og fagfolk - nogle med forstand på tage, nogle med grønne facadeløsninger (kunne måske være de samme), nogle vedrørende regnvandstanke og græsarmering. Hvis det ikke bliver for dyrt, kunne man dog forestille sig, at mange ville finde forslaget interessant, da det i høj grad kunne gøre gårdrummet mere attraktivt, spare beboerne for lidt på varme- og vandregningen, og give karréen et mere unikt udtryk. Således burde motivationen ikke være alt for svær at fremmane.

Ressourceforbrug

22 opgange med ca. 10 husstande i hver giver en pris for det ekstensive tag alene på 6.364 kr. Dertil kommer så indkøb og montage af de grønne vægge og vandtankene. Dette kan slet ikke dækkes med de eksisterende incitamenter, selvom de nedsatte vandpriser mm. for etablering af regnvandstanke vil give et godt bidrag på sigt. Muligvis ville investeringen kunne betale sig, hvis der alligevel skulle til at betales for vandafledning, som så også kunne spares.

Som bystrategi sætter produktionen af de ekstensive tage også krav til mulig arealanvendelse.
Da væg-elementerne endnu ikke er kommet i produktion vil der desuden være en udgift til forskning og produktudvikling, som nok mest hensigtsmæssigt burde dækkes af staten, i samarbejde mellem interesserede kommuner el. lign.

Arkitektonisk udtryk

Som på bygningsniveau giver det optimerede scenarium et forholdsvis godt arkitektonisk udtryk – Det er et synligt grønt indgreb på både mure og tag, og indergården er en lidt grønnere oase i fred og ro fra trafikkens larm. Branding-effekten burde dermed være sikret. Bykvaliteten bliver kun påvirket i mindre grad, da der ikke laves de store ændringer ude i det offentlige rum, men de grønne vægelementer, træerne, taget og græsarmeringen vil alligevel give et præg af natur, en vis CO_2-reduktion og absorption af skadestoffer. Da Scenarie 5 ydermere rangerer næsthøjest i forhold til tilhørsforhold, byidentitet og æstetik, må det vurderes at "spiseligheden" også er i orden.

Opsamling, byniveau

Der er ikke grundlag for at lave en ny sammenligning af de fire første scenarier ud fra de tilføjede bymæssige kriterier, idet den optimerede løsning i scenarie 5 i grove træk også er optimeret for disse. Således kan man antage, at uenigheden mellem de forskellige parter måske ikke er så stor som forventet, men at de opstillede kriterier nok også i høj grad vil variere meget alt efter, hvem man er, og hvilken bymæssig kontekst, der er tale om. Ydermere er der nogle lidt forskellige argumenter for, Hvorfor det optimerede scenarium skal se sådan ud. Der kan opstå modifikationer, hvis udvalgte af de bymæssige kriterier vægtes højt, eksempelvis:

- Et simplere indgreb, hvor færre teknologier løser problemet for at mindske aktørnetværket
- En kombination af udelukkende velkendte teknologier for at undgå yderligere forskning
- En prioritering af in situ teknologier for at reducere afhængigheden af ledige arealer

5. Afrunding

Diskussion/kritik 146

Konklusion 149

Perspektivering 151

Da der skal tilpasses til fremtidige og dermed uvisse forhold, famler man til dels i blinde. Kan man reelt tilpasse sig noget, som endnu ikke er tilfældet? Det er set før, at udviklingskurver pludselig knækker, men kan vi forestille os andre effekter af klimaforandringerne end de forudsete? Hvordan ville de behandlede løsningsforslag fungere under sådanne omstændigheder? Nogle forskere mener, at vi i Norden, hvis Indlandsisen på Grønland smelter helt, på længere sigt kan komme til at opleve istid frem for opvarmning: Idet smeltevand fra Indlandsisen i Grønlandshavet er med til at holde de store havstrømme i gang, kan udeblivelsen af dette i yderste konsekvens betyde, at også Golfstrømmen går i stå, hvorved Danmarks nu så tempererede vande vil få et voldsomt temperaturdyk. Men dette understreger jo bare den pointe, at tilpasningskapaciteten og fleksibiliteten i byerne skal styrkes, hvilket også er en af idéerne ved at flytte "skoven tilbage i byen" og tage ved lære af naturens egen måde at håndtere ekstreme vejrsituationer på.

Fleksibiliteten ved decentral vandhåndtering er således en kæmpe fordel – klimaforandringerne kommer ikke over én nat, og da der er usikkerheder forbundet med scenarierne, er der færre risici i forbindelse med gradvis udbygning af kapaciteten. Kloaknettet vil også blive udbygget gradvist, men det er i form af en rørlængde ad gangen – dvs. når først en strækning er færdigmonteret, ligger kapaciteten for denne fast, medmindre man ser sig nødsaget til at grave det hele op igen. Man må således dimensionere kloaksystemet efter et vurderet worst case scenario, som senere kan vise sig at være for højt eller for lavt sat, hvilket i begge tilfælde vil betyde unødvendige omkostninger. Derimod kan kapaciteten ved LAR-løsninger på et enkelt område fint udbygges, efterhånden som man får mere viden om de kommende forhold og teknologiernes specifikke virkningsgrad.

Men det er kritisk, at incitamenterne for afkobling indtil videre bygger på, at man som borger skal afkoble sig fuldstændig fra den centrale regnvandshåndtering – det forekommer usikkert og risikofyldt, da man jo ikke kan koble sig på igen, hvis regnens størrelse overgår fremskrivningerne. Der bør i stedet fokuseres på koblede afkoblinger, som Ole Fryd fra 2BG foreslår: Når regnmængden overstiger den enkelte matrikels kapacitet, ledes vandet videre til det næste LAR-element, kloakken eller en fortsat seriel forbindelse, således at den enkelte grundejer ikke sidder med det fulde ansvar. Kommunen/det lokal miljøpunkt og grundejerne kan så, når behovet øges, i fællesskab finde den bedste mulighed for at tilpasse kapaciteten .

Det går jo ikke, at de, som er idealister og gerne vil bakke op om de bæredygtige løsninger, kommer til at hænge med bagdelen i vandskorpen, når det så virkelig går galt. Ligesom i Tyskland bør der skabes en reel motivation til implementering af grønne teknologier. På nuværende tidspunkt kommer folk til at betale uanset hvad: selvom de afkobler sig, skal de stadig betale det samme i vandafledningsgebyrer, og medmindre de selv graver faskinen ned, drukner det refunderede tilslutningsbidrag næsten i installationsudgifter – det giver jo ikke motivation for

borgerne, og derfor rammer man kun ildsjæle med budskabet. Ydermere vil den tilbageværende del af tilslutningsbidraget hurtigt ryge, hvis uheldet skulle være ude, og faskinen begynder at dræne pga. for høj vandstand, således at vandet alligevel svømmer over.

Incitamenterne er skruet forkert sammen. Beslutningstagerne er nødt til at være risikovillige, hvis det store potentiale, der ligger i byforgrønnelse og LAR-teknologier skal realiseres: Der er større chance for succes, hvis det er kommunen eller andre overordnede instanser, der påtager sig risikoen, end hvis den pålægges de enkelte borgere, idet systemet har flere kort på hånden at løse problemet med og er mindre direkte påvirket, hvis det endelig går galt – i det tilfælde er det stadig borgeren, det går personligt ud over.

Kigger man på privatøkonomien ved udnyttelse af regnvand, er det desuden ikke det, at man betaler mindre til afledning af regnvand, der tjenes mest på. Det er derimod det nedsatte forbrug af postevand, da vand faktisk er ret dyrt. Men dette fremgår slet ikke på Københavns E's hjemmeside under punktet "regnvandsanlæg", ligesom der heller ikke er en oversigt over, hvad det konkrete potentiale ved installation af anlægget er. Man skulle ellers tro, at netop udnyttelse af regnvand var noget, kommunerne var interesserede i: Ikke nok med, at det kan være med til at løse problemerne med afledning under ekstremregn, det nedsætter også i høj grad forbruget af postevand, som jo har været igennem en omfattende transport og rensningsproces på vejen. Særligt i København burde dette have en høj prioritet, idet man absolut ikke er selvforsynende med vand af drikkekvalitet, og aftalen for indhentning af drikkevand desuden udløber i løbet af indeværende år, uden at et nyt aftalegrundlag endnu er kommet på plads.

Risikoen for systemet består i, hvis man vælger at satse fuldt ud på afkoblinger, og der så ikke er nok private, der afkobler sig. I det tilfælde kan man vælge at opkræve flere gebyrer, tilføje nye skatter, give bedre tilskud, påbyde indgreb eller ekspropriere. De to sidstnævnte kan dog tage længere tid og møder ofte stor modstand fra befolkningen. Man kan også opnå en del med LAR-tiltag på de offentlige arealer. Den enkelte borger har jo ikke samme muligheder for at gå ind og regulere på klimaforandringerne. Så hvordan kan det skrues fornuftigt sammen?

Det vil for det første kræve, at de forskellige enheder i "systemet", herunder især kommunen, Københavns E og Staten, spiller sammen. Der bliver nødt til at være et konsistent lovgivningsgrundlag. Det bliver samtidig nødvendigt at sætte nogle processer i gang – OPP/OPS, fokus på problemet ved byfornyelsesprojekter, borgerinddragelse og andre planmæssige indgreb som økonomiske incitamenter.

Det handler også om at gøre både de miljømæssige og de økonomiske argumenter meget mere gennemskuelige. Man skal simpelthen have vendt den oppe i hovedet på folk. Dette kan ske gennem

udstillinger med fysiske modeller af teknologierne, gratis kurser og/eller konsulent-besøg, hjemmeside med lettilgængelig vejledning og motivation, flere attraktive eksempelprojekter i det offentlige rum – eksempelvis på kommunens egne bygninger, letforståelige cost-benefit-beregninger o. lign.

Lige nu er der meget stor bevidsthed omkring klimaforandringerne i befolkningen – adskillige aktører og borgere har på en eller anden måde været involveret i COP15 i december, og mediedækningen har derfor også været markant større end ellers – så det er med at smede, mens jernet er varmt. Mange er skuffede over det beskedne resultat fra klimatopmødet og vil gerne være med til at påvirke udviklingen i den rigtige retning. Man bør dermed prøve at nå ud til folk, mens bekymringen stadig lurer i baghovedet, og velviljen ikke er helt druknet i hverdagens trummerum.

Ydermere bør man som udgangspunkt prøve at lave en oversigt over tag- og facaderenoveringer (især de snarligt kommende), så der kan laves en målrettet indsats for at få ekstensive tage og grønne vægge implementeret i forbindelse med den gængse vedligeholdelse. Dette vil være langt det billigste og mest overskuelige for borgerne, som dermed ikke skal tage beslutningen "skal/skal ikke", men i stedet står med spørgsmålet: "Hvilket af de mulige alternativer er at foretrække?".

Hvis tagpap skal udskiftes ca. hvert 20.-30. år, og vi forventer oversvømmelser fra omkring 2030, skal rigtig mange af byens eksisterende tagpap-tage angivelig udskiftes, inden problemet for alvor træder i kraft. Tegltage holder længere med en forventet levetid på mellem 40 og 60 år afhængig af type , men gennem 20 år vil der givet vis være en del af disse, 30 - 50 %, der også skal udskiftes i byen.

Det betyder, at man, som ved kloakkerne, kan klimatilpasse med montage af grønne tage samtidig med udførslen af den gængse vedligeholdsrutine. For tage, der alligevel skal skiftes ud, vil det være meget lettere og billigere at forstærke tagkonstruktionerne om nødvendigt, da det vil være muligt at komme til med opretningsbjælker o. lign. Således kan man i disse tilfælde opnå større sugeevne for en mindre anlægspris. For tegltage vil det desuden ligefrem blive meget billigere end montage af nye tegl – teglstenene alene koster ca. det samme som hele det grønne tag inkl. montage (http://tag-eksperten.dk).

Det må altså anbefales, at man fra kommunens side for det første kommer i gang meget snart for at nå at benytte sig af flest mulige forestående tagrenoveringer og for det andet starter med implementering på de tage, der står til at skulle udskiftes alligevel. Sidstnævnte vil nok også betyde mere velvilje fra beboernes side, da de alligevel skal til at både planlægge og punge ud, og det i den forbindelse giver mere mening at se på langsigtede løsninger for netop taget, end hvis forslaget bliver stillet dem som et ekstra anlægsarbejde med dertil hørende besvær og udgifter.

KONKLUSION

Klimaforandringerne er allerede en realitet, og de vigtigste effekter, de bringer med sig i Danmark, er en stigende hyppighed og intensitet af både regn, hedebølger, tørke og storm.

Disse påvirkninger kan alle få konsekvenser for vores byer: Både modstandsdygtigheden af det byggede miljø og den almene folkesundhed udfordres, først og fremmest gennem oversvømmede kloakker med kombineret spildevand og regnvand, men også grundet øget UV-stråling og ekstreme temperaturer om sommeren, samt nedfaldsrisici og sammenstyrtninger ved høje vindhastigheder.

Da problemet er komplekst bliver løsningen det også, og der er derfor ikke nogen færdig mirakelkur. Foreløbigt ligger planerne om en udbygning af kloaknettet klar, men dette løser kun en enkel del af problemet, og de høje omkostninger forbundet hermed tilskynder et behov for bedre alternativer. Det må bemærkes, at vand udgør både udfordringen og en del af løsningen: Ved etablering af flere åbne vandoverflader, samt begrønning af bygninger og byrum, kan der opnås synergieffekter, hvor afledningskapaciteten øges og den termiske komfort opretholdes, mens også bygningernes modstandsdygtighed over for stærk vind og UV-stråling styrkes.

Byforgrønnelse er betegnelsen for en overordnet strategi, der sigter efter at gøre byen mere frodig med henblik på at udnytte disse fordele. For at opnå virkningen af klimatilpasning kræves dog, at det gennemføres som et meget gennemgående tema på byniveau, hvilket betyder, at et helhedsorienteret teknologisk paradigmeskift er nødvendigt. Dermed giver det også mest mening at indføre det i et samlet geografisk område ad gangen. Dette bliver især kompliceret i forhold til samfundsmæssig implementering. Man kender ikke de fulde følgevirkninger endnu, så derfor vil mange privatpersoner tøve med at afkoble sig, medmindre offentlige aktører påtager sig en del af ansvaret. Således bør begrønningsinitiativerne udføres som koblede afkoblinger, hvorved vandet ledes videre på en hensigtsmæssig måde, hvis det skulle løbe over.

Begrønning af bygninger frem for byrum giver færrest problemer i forhold til nedsivning og egner sig godt til arealfordelingen i tætte byområder. Til gengæld er de ikke helt så effektive mht. varme-øeffekt og fugtlagring. Casen indikerer, at der godt kan installeres grønne tage på en del eksisterende bygninger i København, også uden forstærkning af konstruktionerne, så længe man vælger de lettere modeller på max. 60 kg/m^2. Disse suger på årsbasis ca. 1/3 af den ekstra regn, der i fremtiden skal afledes.

Også grønne facader kan installeres, så de suger en del vand, omkring 15 liter/m^2, men det bør gøres med respekt for den eksisterende byidentitet, så ikke udtrykket forandres radikalt, men blot supplerer og understøtter den nuværende karréstruktur. Ved kombinationen af ekstensive tage og moderat begrønning af murværket, ca.30 %, opnås en

samlet afledning fra kloakkens opland på 77,6 % af stigningen i den dimensionerende regn. Kloakledningen i casen er underdimensioneret og skal suppleres i højere grad, men man må gå ud fra, at de fleste følger standarden. Begrønning af bygninger løser dermed i sig selv en væsentlig del af problemet, men skal dog suppleres med andre typer afledning/udnyttelse af regnvand for at opfylde det samlede dimensionerende afledningsbehov. Dette kan gøres enten ved at bibeholde tilslutningen til det konventionelle kloaksystem, ved lokal infiltration på de tilstødende arealer eller ved opsamling til husholdningsbrug. For at det omfattende implementeringsarbejde skal komme til sin ret, vil det dog give mest mening at supplere med andre bæredygtige teknologier, eksempelvis en infiltrationsplæne, således at kloakledningen ikke skal udvides trods alt. Dette er et meget overkommeligt indgreb.

Hermed kan det konkluderes, at byforgrønnelse i hvert fald i den tætte by rent teknisk er et effektivt middel til at imødegå klimaforandringerne. Dog mangler der indtil videre tilstrækkelig motivation og tilgængelig viden for borgerne til, at det realistisk vil blive gennemført i tilstrækkelig grad. Det vurderes, at regeringen bør tilføje et nyt punkt om klimatilpasning i kommuneplankataloget samt omlægge afledningsafgiften, så de enkelte kommuner får bedre mulighed for at stille krav og udføre proaktive tiltag for realisering af byforgrønnelse, hvor det er nødvendigt.

PERSPEKTIVERING

Dette speciale indbefatter en analyse og casestudie der viser hvorledes afledningen af regnvand fra et typisk tæt bebygget område kan mindskes eller helt afkobles af det offentlige kloaknet, for derved at forhindre de kommende massive belastninger af Københavns kloaknet, som kan ventes i forbindelse med klimaforandringerne. Ved at ændre de eksisterende hårde overflader til grønne tage/facader forsinkes afstrømningen, varme-ø-effekten begrænses og de dæmper støjniveauet. Den væsentligste drivkraft til en omlægning af den hidtidige håndtering af regnvand er dog klimaforandringerne, der vil medføre mere intens regn og generelt mere nedbør. Gennem beregninger argumenteres for at en typisk københavnerkarré kan ombygges til grønne tage uden væsentlige indgreb og denne opgave er således samtidig et beslutningsgrundlag for private boligforeninger, der ønsker større grønne overflader i deres bygninger. Opgaven har således interesse på kommunalt plan for at forbedre luftkvalitet og livskvalitet, for forsyningsselskaber ved minimere belastningen til kloaknettet og for private for at redegøre for mulighederne for flere grønne overflader. Gennem arbejdet med opgaven har der vist sig flere områder, der kunne bearbejdes videre. At ændre måden hvorpå samfundet håndterer et fundamentalt infrastrukturområde kræver ændringer på flere forskellige ansvarsniveauer, som denne opgave bearbejder, men en dybdegående analyse af den lovgivningsmæssige vej til lokal håndtering af regnvand ligger udenfor opgavens arbejdsområde.

Da denne opgave fokuserer på en bebyggelse skal den ses som en medspiller til det eksisterende forskningsprojekt 2BG, der arbejder med håndtering af regnvand i forbindelse med offentlige og private udearealer. Dog kunne andre bebyggelsesformer som parcelhuskvarterer, erhvervsområder eller bycentre have været interessante at undersøge. Inden de store kloakeringsarbejder fandt sted i slutningen af 1800-tallet var det normen at regnvandet løb via rendestene ud i havnen, mens latrinerne blev kørt ud på markerne i løbet af natten. Epidemier i verdens store byer havde skab fokus på hygiejne og med mottoer om rent vand og frisk luft blev det et offentligt projekt at få anlagt kloaker og rørlagt vand til byens befolkning. Siden da har afledning af spildevand og forsyningen af frisk vand været et af fundamentale ansvarsområder for det danske samfund og disse funktioner er løbende blevet udvidet. At lægge ansvaret tilbage til udlederen er derfor et væsentligt paradigmeskift der kræver en ny tilgang og fra at borgerinddragelse i mange forbindelser har handlet om "politisk korrekthed" og etik, samt at holde ryggen fri for planlæggere og kommunalpolitikere, kan det blive noget, systemet er afhængige af, for at kunne opretholde det nødvendige service-niveau i byen. Således kan klimaforandringerne måske komme til at tvinge borgerne til at engagere sig mere i byen og beslutnings-tagerne til at engagere sig mere i borgerne.

Ved fremover at betrage byområderne som en del af landskabet og ikke en dimentral modsætning til naturen viser dette speciale de spor som klimaforandringerne sætter i København kan løses ved at efterligne naturlige miljøer som nærringsfattige skrænter og jorde, hvor sedumurterne vokser.

Eric Sanderson har langt et inspirerende arbejde i at genopdage det naturlige miljø i New York, som kan ses af www.themannahattaproject.org. Gennem et stort historisk og geologisk arbejde, er der blevet skabt et informerende kort, som viser det flodområde der indenfor 300 år gik fra at være skove, åer, enge og strande til at være et af de tættest bebyggede områder i verden. Kort og Matrikelstyrrelsen har for nylig offentliggjort historiske kort over Danmark, som ligeledes viser hvordan landet lå inden de store udbygninger fandt sted i forbindelse med industrialiseringen. Gennem de sidste 30 år har der været brugt mange midler på naturgenopretning der skal bringe landet tilbage til tiden før industrialiseringen. Søer er blevet genskabt, åer er blevet lagt tilbage til deres originale forløb og bæveren trives igen i Danmark

LITTERATURLISTE/KILDER

Videnskabelige artikler:

De videnskabelige artikler er opdelt efter rækkefølge i projektet. Flere af samme artikler er henvist til i flere forskellige afsnit, men er kun opskrevet en gang. Hvis ikke den står under aktuelle afsnit, står den skrevet længere oppe eller under andre kilder.

Indledende:

• IPCC, 1990: Scientific Assesment of Climate Change.
• Københavns Kommune, 2002: Lokal Agenda 21.
• FNs klimarapport, 2007
• Regeringen, 2008: Strategi for tilpasning til klimaændringer i Danmark.
• Københavns Kommune, 2009: Klima København - en vision og en plan
• Plan09, 2008: Klimaforandringer i byerne – nyt tema i kommuneplanlægningen.
• 2BG, 2008: Odense Mastercase.
• Andy Lipkis, 2007: Rainwater as a ressource
• Mentens et al, 2005: Green roofs as a tool for solving the rain water runoff problem in the urbanised 21st century.
• Poul Bitsch og Kaare Pedersen, 2003, Problemorienteret projektarbejde.

Problematik:

• Common og Stagl, 2005: Ecological economics An Introduction.
• IPCC, 2000: Special report emissions scenarios.
• IPCC, 1990: 6 billioner tons carbondioxid.
• Regeringen, 2002: Strategi for tilpasning til klimaændringer i Danmark.
• IPCC, 2007: Klimaændringer, synteserapport. (Climate Change 2007)
• ASCCUE, 2006: Adaptation strategies for climatechange in the urban environment, 2006
• IPCC, 2008: Technical paper VI: Climate change and water.
• AAU Ballerup, 18. juni 2009: Klimatilpasningsseminar
• DMI, d.18.01.2010.
• COWI, 2006: Significant climate change of extreme rainfall in Denmark.
• Jan Gehl, 1971: Livet mellem husene.
• Burton et al. 2001: Adaption to Climate Change in the Context of Sustainable Development & Equity.
• 2BG-rapport, 2009: Harrestrup Å casestudie - Koblede afkoblinger.
• Bastian Junker et al, 2008: Nat.vent-rapport second assignment – bygningsinatallationer 2.
• Marianne Rosenbak og Gertrud Jørgensen, 2009: Den grønne by – Udfordringer og muligheder.
• Shasua-Bar & Hoffman, 2000: Vegetation as a climatic component in the design of an urban street. AnEmperical model for predicting the cooling effekt of urban green areas with trees.

Byforgrønnelse:

• Zubevich og Kipling, 2004: The Search for the Sacred in the Concrete Jungle.
• Kaplan, 1993: The role of nature in the context of the workplace.
• "Seneca college og Toronto and region Conservation: Permeable Pavement and a Bioretention Swale", 2008
• Köhler, Manfred, 2008: Green facades — a view back and some visions.
• Frazer, 2005: Paving paradise.
• Dunnett and Kingsbury, 2004: Up on the roof.
• Nykilde Frø, 2009: Seed – vegetation – environment.
• Københavns commune, 2009: LAR katalog om grønne tage.
• Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto, 2005.
• Zinco Roof Gardens, 1997: The Green Roof Planning Guide, Holland.
• Thompson et al. 1998: Grass-roofs movement in landscape architecture.

Byforgrønnelse fortsat:

• Jennings et al. 2003: A North Carolina Field Study to Evaluate Green roof Runoff Quantity, Runoff Quality, and Plant Growth.
• Liesecke et al, 1998: Das Retentionsvermogen von Dachbegrunungen.
• Liesecke, H., 1993: Wasserruckhaltung bei extensiven dachbegrunungen, Deutscher Gartenbau.
• Liptan et al. 2003: Planning, Zoning and Financial Incentives for Ecoroofs in Portland, Oregon.
• Rowe et al. 2007: Green Roof Slope, Substrate Depth, and Vegetation Influence Runoff.
• Jeffrey A. Andresen et al. 2007: Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention.
• Lars Bengtsson et. al. 2004 : Response of a Sedum green-roof to individual rain events.
• Glenn MacMillan, 2004: YORK UNIVERSITY ROOFTOP GARDEN STORMWATER QUANTITY AND QUALITY PERFORMANCE MONITORING REPORT.
• Doug Hutchinson et al. 2005: STORMWATER MONITORING TWO ECOROOFS IN PORTLAND.
• Dramstad et al. 1996: Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning.
• Liu, K.; Minor, J, 2005: Performance evaluation of an extensive green roof.
• Porsche and Köhler, 2003: Life cycle costs of green roofs.
• Thomas Schmitz-Günther, 2000: Økologisk Byggeri.
• Jens Hvass, 2007: Nørrrebros grønne lunger – kunstakademiets Arkitekstskole.
• Hvass, Jens, 2005: Grønne lunger - kunstakademiets Arkitekstskole.
• Attwell, Karen, 1993: Facadebeplantning - En undersøgelse af fordele og ulemper.
• Minke, Gernot, 1989: Häuser mit grünem Pelz.
• Københavns kommune, 2009: Klima København – En vision og en plan.
• Københavns kommune, 2009: Klimaplan 2015 – virkemiddelkatalog for byudvikling - Udarbejdet af COWI, udgivet 02.02.2009.
• Coffman RR, Davis G, 2005: Insect and avian fauna presence on the Ford assembly plant ecoroof.
• Stephan Brenneisen, 2001: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland.
• Nathalie Baumann, 2006: Ground-Nesting Birds on Green Roofs inSwitzerland: Preliminary Observations.
• Kaplan, 1993: The role of nature in the context of the workplace.
• Skov og Landskab, 2005: Naturen og grønne områder forebygger stress.
• Edgar L. Villarreal, Lars Bengtsson, 2004: Response of a Sedum green-roof to individual rain events.
• Kristin L. Getter & D. Bradley Rowe, 2008: Media depth influences Sedum green roof establishment.
• Patrick Blanc, 2006: The Vertical Garden , from nature to cities.
• Bak, Lars Kronborg, 2007: Vertikalt vækstmedie - Beplantning og afkøling af facader.
• Toronto and Region Conservation, 2008: Seneca college, King City og Toronto and region Conservation: Performance Evaluation of Permeable Pavement and a Bioretention Swale.
• VegTech, Sverige, 2008: Vegetations teknikken.
• Maj-Britt Quitzau et al: "Municipalities as promoters of energy efficient buildings – idea catalogue for proactive planning practices", 2009

Andre kilder:

• Birgitte Marfelt, Ingeniøren: Hillerød dropper regnvandsbassiner og leder vandet ud i skoven", 19.06 2009
• Klaus Töpfer, tidligere generalsekretær i UNEP
• Katherine Richardson, Ingeniøren.dk
• Energistyrelsen, marts 2008
• Politiken.dk: "Verdens vejr går amok" udland 26 juni 2007
• Alt om afløb og kloak: http://www.ke.dk/portal/pls/portal/docs/516008.PDF
• Michael Rothenborg: Danmark vil spejle svensk klimasucces", Politiken d.17-05-09
• Berit Haahr Hansen, 2009: Center for Miljø, Københavns Kommune, samtale.

• (http://www.dmi.dk/dmi/index/danmark/maanedens_vejr_-_oversigt.htm)
• Ciria org – Building best practice og foredrag med Antje Bakhaus 2BG KU.LIFE
• ICOPAL, Icopalhåndbogen kap. 9.5 Extensive taghaver på mineraluld
• Artikel i Vedvarende Energi og Miljø af landskabsarkitekt og Lektor på KVL, Torben Dam: "Byens Vægge", 2006
• Ansvarlige for kloak og infrastruktur i Portland BES: Bureau of Environmental Services
• National Research counsil Canada?
• Københavns miljø-regnskab, 2008
• http://dinhverdag.astma-allergi.dk/tipstilhverdagogferie/haven/traeerogbuske?doAsUserId=WQ99xGdlbJk%253D
• http://www.regnvand.com/tankstoerrelse.htm
• Artikel i Vedvarende Energi og Miljø af landskabsarkitekt og Lektor på KVL, Torben Dam: "Byens Vægge", 2006
• ICOPAL, Icopalhåndbogen kap. 9.5 Extensive taghaver på mineraluld
• Artikel: "Miljøministeren overvejer nu at straffe boligejere for regnvand i kloakker", ing.dk 10/12/09
• Ex. Dorte Rømø, bilag 1.4, og "København går glip af milliarder: Private kobler ikke regnvand fra kloak", ing.dk d.7/12
• Artikel: "Miljøministeren overvejer nu at straffe boligejere for regnvand i kloakker", ing.dk 10/12/09
• initiativer af hhv. Danmarks Naturfredningsforening, Elsparefonden og Klima- og Energiministeriet
• Vejledning Rolf Schiødt Pedersen, 2009: Rådgivende Ingeniør.

Hjemmesider:

http://greeneffect.nationalgeographic.com/
http://www.Treepeople.org/
http://a21.dk/
http://www.treepeople.org/
http://www.jenshvass.com/
http://www.inhabitat.com/
http://www.fbbb.dk/
http://www.sl.life.ku.dk/
http://www.nykilde.dk/
http://planetgreen.discovery.com/
http://signeraboelle.blogspot.com/
http://books.google.com.
http://environment.nationalgeographic.com/
http://sustainablecities.dk/
http://politiken.dk/klima/klimapolitik/
http://www.climatecrisis.net/
http://ecosmart.gov/
http://www.fs.fed.us/
http://www.greenroofs.org/
http://www.rcn27.dial.pipex.com/
http://earthtrends.wri.org/
http://www.cphx.dk/
http://environment.nationalgeographic.com/environment/global-warming/
http://www.dmi.dk/
http://www.klimatilpasning.dk/
http://www.idenyt.dk/
http://www.ibm.com/ibm/ideasfromibm/us/smartplanet/
http://ing.dk/
http://www.2bg.dk/
http://www.ipcc.ch/
http://www.j.dk/
http://maps.google.dk/
http://www.kk.dk/Borger/ByOgTrafik/GroenneOmraader/
http://www.klimadebat.dk/
http://www.realclimate.org/
https://dads.cvt.dk/
http://www.sustainabletechnologies.ca/
http://www.kortegaard.dk/
http://www.kk.dk/
http://www.london.gov.uk/lccp/
http://greenroof.se/
http://www.komproment.dk/
http://www.kloakviden.dk/
http://www.trelleborg.com/dk/
www.ing.dk
http://www.greenspace.dk/
http://www.ciria.org.uk/
http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/
http://www.nyrupplast.dk/

BILAG

Oversigt

Bilag 1: Feltarbejde
1.1 Klimatilpasningsseminar, AAU Ballerup
1.2 Marina Bergen Jensen, KU LIFE
1.3 Gertrud Jørgensen, KU LIFE
1.4 Dorte Rømø, TMF Center for Park og Na tur
1.5 Niels Bendt Johansen, Københavns E
1.6 Jesper Christensen, Nykilde Frø
1.7 Louise Lundberg, GTI, Augustenborg
1.8 2BG-seminar

Bilag 2: Referenceprojekter
2.1 Toronto: Vandhåndtering
2.2 Portland: Vækstmediets rolle
2.3 Toronto: Bygningers energiforbrug

Bilag 3: Beregninger
3.1 Statisk beregning af tagspær
3.2 Vandhåndtering, Asminderødgade
3.3 Estimeret sugeevne
3.4 Andre bilag

Bilag 1.1: Klimatilpasningsseminar, AAU Ballerup

Som indledning til vores emne var det oplagt at deltage i dette seminar, som omhandlede klimascenarierne i korte oprids, samt klimatilpasning af byggeprocessen, på bygningsniveau og på byniveau.

Herunder følger en gennemgang af de for dette speciale vigtigste pointer.

Jens Hesselbjerg Christensen

forskningschef på DMI

Der er mange usikkerheder forbundet med klimascenarie-beregningerne, herunder bl.a. observationelle og emissions-relaterede, men det tyder på, at hvis emissionerne fastholdes på år 2000-niveau, vil temperaturerne alligevel stige med godt ½ grad i gennemsnit over de næste 100 år. Modeller med mindre optimisme overfor udviklingen i emissionsniveauet tyder på, at temperaturstigningerne kan blive op til 4-5°C.

Danmark ser ud til at ligge tæt på nedbør-udviklingens "nullinie": mod nord vil det blive mere vådt, og mod syd mere tørt, men de to tendenser mødes jo et sted i nogenlunde neutral! Dog ser det ud til, at der over hele kloden bliver tendens til voldsommere udslag over året, både heftigere regnskyl, stærkere vind og flere tørker. I Danmark betyder dette især vådere, mere blæsende vintre og tørrere somre.

IPCC's estimater er på nogle punkter temmelig konservative, bl.a. mht. vandspejlsstigninger. Vi vurderer, at en vandstigning på op til 1 m globalt set inden år 2100 er et mere realistisk bud. Vandstigningerne herhjemme afhænger af fordelingen mellem bidraget fra den nordlige og den sydlige iskappe.

Lars Bodum

Lektor på Institut for samfudsudvikling og planlægning, AAU

Først vil jeg lige indlede med lidt stof til eftertanke: "Hvad skal man med et hus, hvis man ikke har en anstændig planet at sætte det på?" (citat af Henry David Thoreau, 1817-1862, amerikansk forfatter, skattenægter, filosof og bruger af civil ulydighed).

Connie Hedegaard og co. har udgivet "Strategi for tilpasning til klimaændringer i DK", som dog indeholder en del vage formuleringer. Inden 2015 skal desuden færdiggøres risiko-håndteringsplaner i hele EU med tilhørende kort i forhold til oversvømmelser.

Allerede nu er der udarbejdet en digital højdemodel til rådighed for kommunerne – desværre hænger det ikke så enkelt sammen, at de lavest liggende steder bliver først oversvømmet. Kvaliteten af undergrunden o. lign. har også stor betydning.

Eksempelvis ligger Greve ikke særlig lavt! Man har også oprettet klimatilpasning.dk, en ny klimatilpasningsportal over Danmark fra Klima- og Energiministeriet. Men det er jo blevet et hype, dette her: klima, klima, klima!! Der er gået kommunal branding og konkurrence i det. Eksempler på dette er udnævnelsen af energibyer, kurveknækkere, klimakommuner osv. Men der er bare alligevel begrænsede investeringer bag ordene.

I forhold til hvor meget andre Nordeuropæiske lande investerer, og i forhold til hvad man er villig til at betale for andre ting, er det peanuts, hvad der bliver sat af til både forebyggelse og tilpasning i denne sammenhæng.

Planloven siger heller ikke meget: Under statslige interesser i kommuneplanlægningen nævnes det ikke. Dog er der en enkelt henvisning til lavbundsarealer under pkt.12 i §11-kataloget, som muligvis kan benyttes.

Det er et spørgsmål, om planloven overhovedet skal nævne klimatilpasning, eller om det som med meget andet bare skal kunne tages op efter aktualitet og behov?

Udfordringerne: Besparelser på CO2-udledning, frigørelse fra fossile brændstoffer, strategisk kommunal tænkning, krav til borgere om bæredygtig levevis, sikring af kyster og lavtliggende områder, tackling af større mængder regnvand og sikring af koordineret indsats på tværs af kommuner i ekstreme vejrsituationer.

Projektet Plan09 arbejder med byernes rolle i klimastrategien. I den forbindelse er bl.a. udarbejdet følgende strategier:
Frederikshavn: Energibyen, Albertslund: Klimalaboratoriet, og Sønderborg: Projekt Zero.
Eksempelvis Frederikshavn har det mål at være selvforsynende mht. energi i år 2015. Der er bl.a. udviklet et redskab til at overskue forbruget i kommunen i forhold til energiforsyningen fra forskellige energikilder. Men Plan09-projektet er nu afsluttet, og der er brug for opfølgning. Aalborg Universitet har derfor startet et nyt initiativ, Nykom, som er et forskningsprojekt vedr. tilpasset kommuneplanlægning.

Artiklen "Kommunerne bagud i klimakampen", udgivet i Dansk VVS, påpeger, at man stadig ikke er villig til at ofre den højre arm for at bevare en brugbar planet. Investeringerne i de danske kommuner svarer ganske enkelt ikke til det vurderede behov.

Meget viden gik desværre tabt ved kommunalreformen, da amterne nedlagdes: de havde bl.a. fået udviklet en del GIS-relateret materiale, som ikke rigtig har fundet en plads i kommunerne endnu.

Konklusioner
Der er opmærksomhed på klimatilpasningen i kommunerne, men de er nok mere fokuserede på branding og markedsføring end på at putte penge i energirenoveringer og andre dyre projekter.
Der er brug for bedre modelarbejde. Generelt i forhold til klimatilpasning er vi jo først lige begyndt! Dansk planlægning bygger ikke på tvang, så det er ret svært at planlægge sig ud af visse ting, eksempelvis forbrugsgoder som 2 biler o. lign. Der er brug for både undervisning og forskning på området, så vi kan få brugbare resultater indarbejdet i næste hold kommuneplaner.

Det er vigtigt, at vi ved udformning af lokalplaner bliver bedre til at sige: "Hvad er dette område egentlig bedst egnet til?", også i forhold til klimatilpasning.

Rob Marsh
Seniorforsker på SBI

DRY (Danish reference year) er baseret på klimadata fra 1979-85. Der er i gennemsnit 15% flere solskinstimer i dag, hvilket betyder, at energidesign allerede nu i for høj grad bygger på opvarmningsbehov frem for nedkølingsbehov. Frem til 2085 ser det ud til, at opvarmningsbehovet i boliger vil falde med 30 % og nedkølingsbehovet stige med 40 %, mens opvarmningsbehovet tilsvarende i erhverv vil falde med 15 % og nedkølingsbehovet vil stige med 40 %. Fremtidsorienteret klimatilpasning af bygninger er således meget vigtigt for at undgå voldsomme energi-stigninger til mekanisk køling. Varmebesparelses-design, som f.eks. store vinduer mod syd, fungerer om vinteren, men betyder heftig overophedning om sommeren. De grundlæggende vilkår for lavenergi-strategier er dermed ændrede, og således bør DRY og BR-krav også ændres til at matche fremtidige i stedet for fortidige klimaforhold (intelligent styring, faseskiftende materialer…). www.bygninger-energi-klima.dk

Michael R. Rasmussen

Lektor på Institut for byggeri og anlæg, AAU

Årsnedbøren er allerede i gennemsnit steget med 100 mm siden 30'erne. Således er oversvømmelser allerede flere steder et reelt problem, bl.a. i Aalborg, Hillerød og Greve. Dårlige erfaringer fra England og Frankrig viser, at udlicitering af ansvaret ikke nødvendigvis er ensbetydende med højere effektivitet.

Fremtidsmodel viser, at Københavns klima kan komme til at svare til enten Paris' eller Athens. Hvordan håndterer vi fremtidens regn med nutiden afløbssystemer?

1) Udvid afløbssystemet og forøg magasineringskapaciteten

2) Lad overfladen lede vandet væk

3) Lokal bortledning (kan give uforudsete problemer kommunalt)

4) "Storm and waste water informatics" = Forudsigelse af kommende regnmængder, hvilket betyder mulighed for at forberede sig på forhånd med målinger helt ned til 100 x 100 m grid.

Det er vigtigt at betragte byen som ét hele, så ikke bolden/oversvømmelsen bare sendes videre ned ad åen! De situationer, hvor der bare bliver ved med at komme vand ned, kan vi ikke gøre noget ved! Det er de mellemstore nedbørs-hændelser, der kan afhjælpes på denne måde.

Noget af det allervigtigste er separation af det relativ rene regnvand fra det forurenede spildevand. Et stort problem er bl.a. dræn omkring kældre, der tømmes ud i regnvands-systemet – dette er et stort diskussionsemne i kommunerne.

Kim Haugbølle

Seniorforsker på SBI

Fokus ligger på energi og reduktion heraf, ikke på klimatilpasning, samt på design af bygninger, sjældent på byggeprocessen. Men vejrlig er allerede et generelt problem for byggepladser, og sæson-ledigheden påvirker produktiviteten negativt, hvilket koster.
I forhold til klimaforandringernes betydning for byggepladsstyring er der 4 strategi-typer:

1. Vent og se

2. Risiko mapping og vurdering af muligheder

3. Handling og styring ud fra risici og potentialer

4. Fralæggelse af ansvar

Byggebranchen vælger som regel type 1 og 4: Vent på problemerne og fralæg dig så ansvaret! Gentænkning af byggeprocesser vil således være hensigtsmæssigt. Eksempelvis tag over taget på byggepladsen eller øget brug af præfabrikation kan afhjælpe nogle af problemerne forbundet med øget nedbør/fugt, stigende hudkræft hos håndværkere mm.

Der er allerede nu mange problemer m. byggeprocessen, ex. indbygning af fugt, som medfører skimmelsvamp. Håndtering af dette kan måske samtidig imødegå klima-effekter? Dog vil en optimeret byggeproces nok under alle omstændigheder betyde højere investeringer.

Jørgen Nielsen
Seniorforsker på SBI

Byggeri har en levetid på op til 100 år eller mere, og derfor er det meget vigtigt at ikke kun nybyggeri, men også eksisterende byggeri gøres tidssvarende. Risiko-håndtering er meget centralt: traditionel tænkning udfordres ved et skift fra bakspejl til krystalkugle! Det er meget sværere at forudse kommende forhold i tider med forandring.

Kraftigere storme bliver et reelt problem for den eksisterende bygningsmasse, især fra 50'erne og 60'erne, pga. fladere, lette tage mm.

Forbedring er derfor vigtig: Bedre forankring, forstærkning af svage konstruktioner især med udsat beliggenhed, bortledning af smeltevand. Varmere gennemsnitstemperaturer er nemlig ikke nødvendigvis ensbetydende med mindre snefald pga. mulig effekt mellem kolde fronter og lunere havvand. Regnvandet kan også løbe opad og ind ad sprækker, når vinden står på.

Der er risiko for fejlinvesteringer både ved at undervurdere og overvurdere fremtidens klimaforandringer. Men en del bygninger er ikke engang robuste nok til nutidens klima.

Lars Bak Jepsen
Fagleder hos Rambøll DK

Mange eksempler på investeringer i klimatilpasning af nybyggeri, især i forhold til nedkølingsbehov, forankring og regnvandshåndtering. Dimensionerende grundvandsspejl: for 10-20 år siden var den normale kote = 1,4 og særlige tilfælde = 1,6. Nu er den normale kote = 1,8 og særlige tilfælde 2,2.

Eksempelvis SEB-bank brugte 1 mio. kr. til klimasikring, hvilket er rimelig standard i Ørestaden. Rambølls nye hovedkvarter får 5 % ekstra kølekapacitet og grundvandskøling, samt et overdimensioneret afløb til regn og opsamling til toiletskyl. Det er teknisk set ikke et problem at installere regnvandsbrug i toiletter, men pladsmangel til vandtanke mange steder i byen kan være en udfordring, samt evt. behov for ekstra fundering under tankene. Men det er en forkert pulje i forhold til dimensionering af kloakker o. lign.

Dimensionerende bølgehøjde i Gulf of Mexico forøget 30 % = 6-7 m. 15 boreplatforme FORSVUNDET under sidste storm!!!

Indledende samtaler

Samtalerne med Marina Bergen Jensen, Gertrud Jørgensen og Dorthe Rømø var tiltænkt som en slags indledende dialoger med nogle ekspert personer fra uddannelses- og planmiljøet, som kunne give et aktuelt overblik over de forskellige faktorer i implementeringen af byforgrønnelse.

Marina Bergen Jensen er seniorforsker i afdelingen for Parker og Urbane Landskaber og har en PhD indenfor jordbrugsvidenskab. Til dagligt beskæftiger hun sig med vand i byen og har i øjeblikket ansvaret for tre større forsknings projekter:

1) Dobbelt porøs filtrering, rensning af vejvand.

2) 2BG, Black, Blue and Green, udvikling af værktøj til planlægning og beslutninger omkring det urbane landskab til håndtering af regnvand.

3) 19K projektet, fremme innovation af den danske afløbsbranche via brainstorm, netværk og videndeling.

Afgrænsning

Det arbejde I har tænkt jer at dække med jeres projekt er meget identisk med vores 2BG projekt, som vi har 7 forskellige PhD-studerende på, samt 1-2 mere som springer på indenfor de næste par måneder. Derfor skal I afgrænse jer meget mere til måske en eller to af de fokusfelter I har præsenteret fra jeres metode diagram. Jeg foreslår I tager fat de steder hvor I kan komme ind med noget af jeres fagkompetence, som tekniske ingeniører eller der hvor det kunne være aktuelt med mere viden, som vi med 2BG projektet nødvendigvis ikke dækker.

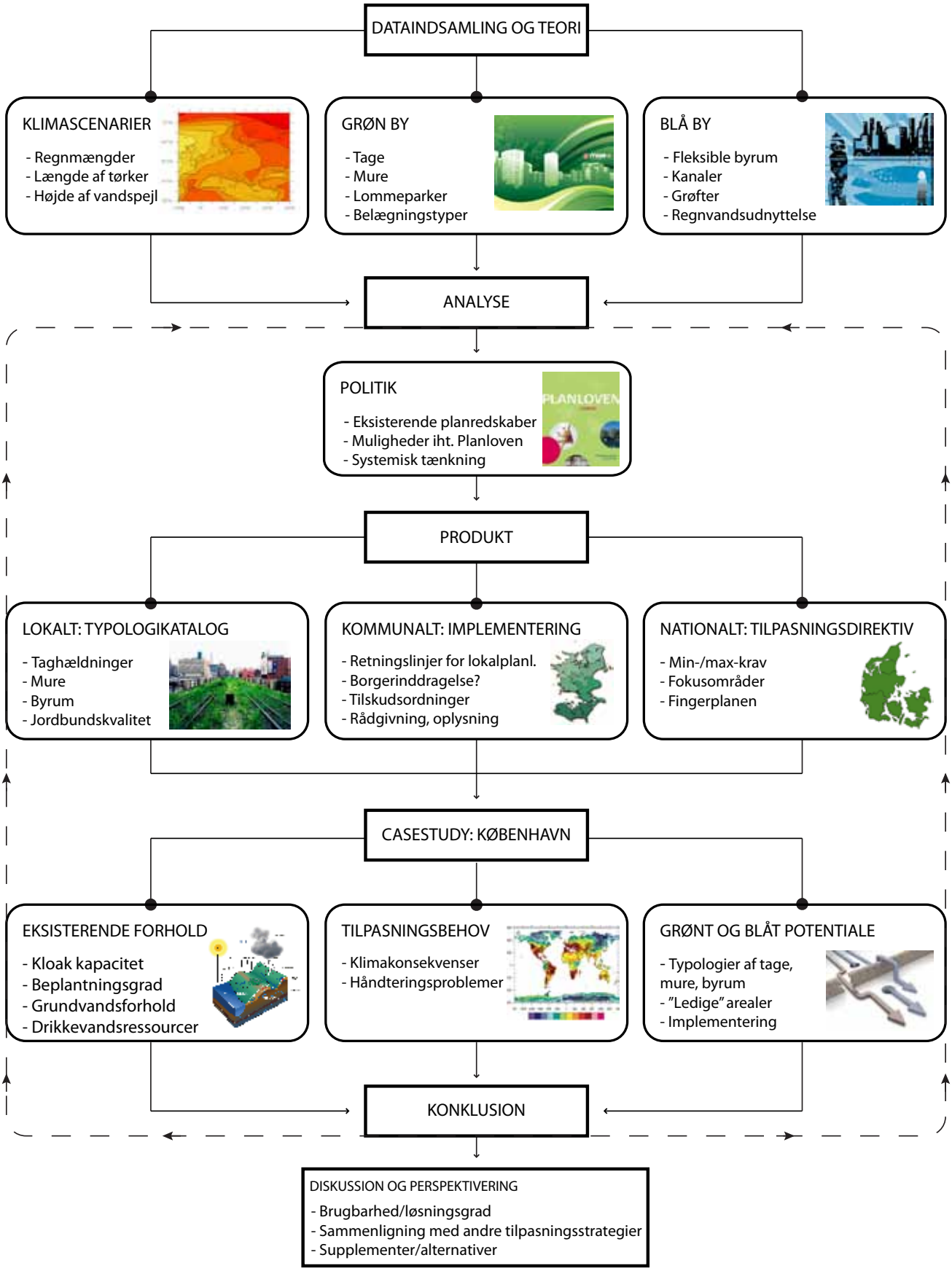
Forskningsmæssige "huller"

F.eks. er vi ikke rigtig gået i gang med hele kommunikationen og formidlingsdelen til borgerne. Hvordan får vi skabt motivation? Hvorfor vil enkeltpersoner gerne eller ikke forgrønne? Der burde være mere gennemsigtighed med hensyn til gebyrer på vand, afledning mm. og tilskud – hvad støttes og modvirkes og hvorfor, er ret svært at gennemskue i dag. Giver det mening at gøre det sådan, eller bør det revideres? Retrofitting er også langt mindre bearbejdet i forhold til nybyggeri. Hvad kan man f.eks. gøre på eksisterende byggeri?

Regnvandsstrategi

Mht. kommende regn i fremtiden i forhold til de forskellige alternative løsninger til kloaksystemet, er nødvendigt at dele regnhåndteringsstrategien op efter dimensionsgivende og ekstremregn. Enhver moderne by skal og bør have en tilfredsstillende løsning på de helt ekstreme hændelser, også selvom de kun forekommer meget sjældent.

METODEDIAGRAM



Det første udlæg af metodediagrammet

Gertrud Jørgensen er forskningschef i afdelingen for By- og Landskabsstudier. Hun er arkitekt og ph.d. med speciale i byplanlægning. Gertrud Jørgensen dækker afdelingens forskningsområder: Landskabsforvalting, Friluftsliv, turisme og natursyn, By- og Regionaludvikling samt kandidatuddannelsen i Landskabsforvalting.

Udviklings tendenser i København

Det er altid svært at sige noget om fremtiden i byen. Den nemmeste måde er at se tilbage på tendenserne de sidste år, og hvordan byen har udviklet sig. Det funktionelle byareal vokser, pendlings oplandet er steget, samtidig med at byen er blevet fortættet yderligere. Flere nye byområder er vokset op rundt omkring, især havnearealerne i København. Desværre er der ikke mange af de nye områder, der er tilpasset de kommende klimaforandringer, som vi heller ikke kender konsekvenserne af endnu.

Implementering

Hvis man aktivt vil ind og gøre en forskel/indsats, er det nok ikke planloven, man skal tage fat på. Plandirektiver er sådan set bare lokalplaner, der er gjort til statsligt anliggende. Men under planloven er kommuneplankataloget (evt. § 17), som giver rammerne for, hvilke temaer kommunerne skal behandle, mens kommunerne selv vælger hvordan. Indtil videre er der heri kun helt faste regler om kystnærhedszonen og detail-arealer, men man kan forestille sig, at der kan implementeres et nyt punkt mht. forgrønnelse/klimatilpasning, hvis der er argumentation/belæg for, at det er en nødvendighed i forhold til fremtidsscenarier - således at kommunerne skal tage stilling/udvikle en strategi til emnet.

Den gode by og den tilpassede by

Der, hvor de bedste muligheder ellers er for at skabe ændringer, er i bygningsreglementet, men det går jo hovedsageligt på nybyggeri, hvilket ikke løser problemerne i alle de eksisterende byområder. Det kunne være interessant med et produkt, der kunne give kommunerne et overblik over, hvordan man forgrønner – metoder og indikatorer for forgrønning i byen, som en slags systematisering i forhold til klimatilpasning – hvor meget udslag giver de enkelte tiltag, fordele og ulemper? Et spændende sted at tage fat kunne være Vesterbro, som mangler grønne arealer. Spørgsmålet er, om man skal kigge på forebyggelse eller tilpasning. Forebyggelse bliver først interessant når der er konflikt eller synergi med tilpasning. Med grøn by handler det om at skabe bydiversitet - hvor den gode by imødekommer den klimatilpassede by.

Mht. håndtering af de mest ekstreme regnskyl er det måske i virkeligheden kun de grønne områder, der rigtig virker!

Bilag 1.4: Dorte Rømø

KØBENHAVNS KOMMUNE

Dorthe Rømø(cand. Scient.) er projektleder i Københavns kommune i afdelingen for park og natur. Hun arbejder bl.a. for strategisk, politisk og planlægningsmæssige initiativer der fremmer grønne tage i København. I juli 2009 modtog hun, på vegne af Københavns kommune, prisen IGRA Awards for det visionære arbejde for at promovere og skabe grønne tage i København.

I dag er Dorthe Rømø i gang med at arrangere nogle klimakampagner for erhvervsdrivende, private virksomheder osv. Hvor fokus er at firmaer og virksomheder skal føre en grøn politik via branding og økonomiske incitamenter.

Implementering

Regnvand er en ressource, så hvorfor overhovedet bruge kloakkerne til regnvand. Det skal ikke ned i kloakken, det skal bruges konstruktivt som f.eks. byforgrønnelse.

I Københavns kommunes klimaplan 2015 fremgår det at der skal etableres 325.000 m2 grønne tage på nybyggeri, men indtil videre er der mest fokus på nybyggeri, da det er billigere når investeringen tænkes ind fra starten f.eks. mht. bæreevnen osv. Visionen er et København med grønt på alle de flade tage, som skal være med til at skabe en grøn infrastruktur i den nærmeste fremtid.

Men som det er nu, er der kun et ben at stå på for kommunerne, der gerne vil stille krav om grønne tage, og det er arkitektoniske retningslinjer for nye byområder. Det ville være bedre hvis også der var mulighed for mere konsekvent implementering, i så fald skal det komme fra By og Landskabsstyrelsen.

Arkitekterne har ikke altid været begejstrede for den grønne politik - det sætter naturligt nogle begrænsninger for det æstetiske udtryk. Også Københavns ejendomme har forbehold, som er en virkelig vigtig aktør. Realisering handler i høj grad om at formidle grønne tage til borgere, politikere, bygherrer, arkitekter etc. Hvilken association får man, når man nævner grønne tage? Det har ændret sig til en mere positiv holdning. Men borgmesteren er indtil videre ikke positiv over for ideen om støtteprogrammer.

En motivation til implementering af byforgrønnelse af bygninger for private kunne være at indføre klimaskatter - du belaster vores infrastruktur, ergo skal du betale for det eller give tilbagebetaling af afløbsgebyrer ved afkobling. Klimaskatterne burde indføres på nationalt plan og vil så gå til at bygge de større kloakker, der vil blive nødvendige, hvis ikke folk tilpasser noget. Det kan ikke være rimeligt, at kommunerne skal sidde med merudgifterne til dækning af klimakonsekvenser.

Der er i øjeblikket stor diskussion om hvorvidt kommunerne kan stille krav til at forlange grønne tage. Vi ved ikke helt hvad vi må og hvad vi ikke må, men et lovforslag på statsplan om generel krav til klimatilpasning i kommunerne vil være tilstrækkeligt til, at man kunne sætte specifikke krav til eksempelvis byforgrønnelse.

Internationalt

I mange andre lande er man kommet langt med implementeringen af byforgrønnelse f.eks. i Nordamerika: New York, Toronto og Chicago, afprøves mange forgrønnelses eksperimenter. I Schweiz bruger man biodiversiteten som hovedargument for forgrønning og har fundet flere såkaldt rødlistede dyrearter ved brug af grønne tage. I Singapore er der også stor fokus på grønne tiltag bl.a. pga. Heat-island-effekten. I Tyskland bruges ejendomsskatter, men der gives nogle steder også nedslag i forsi-

kringspræmien pga. øget brandsikkerhed og mindre slitage.

Nationalt

I Danmark er vi ikke kommet så langt med forgrønnelsesprocessen og de grønne tage, men vi har dog set de første spæde tiltag bl.a. på Novo Nordisk, Rigsarkivet, Peblinge Dossering og Nationalbanken. Der er flere steder med potentialer bl.a. på store dele af den nybyggede del af Sydhavnen - der er mange flade tagkonstruktioner. I Nyhavn har man f.eks. også fokus på de grønne tage og prøver at tænke det ind fra starten af byggeriet.

I Gyldenrisparken har vi opstartet et projekt, som har til mål at introducere de grønne tage. Den øverste etage skal nedlægges således at der er overskydende bæreevne til at eksperimentere med forskellige slags grønne tage – intensive og ekstensive. Projektet er finansieret af byforgrønnelsespuljen og delvis af Børne- og Ungdomsforvaltningen. Det er meningen at vi skal starte denne her klimagneration hvor skoler mm. kan komme og se projektet, rører, lege og få en forståelse af hvordan det fungerer. I Vanløse har vi også startet en klimaskole, hvor de er i gang med et klima-street projekt – vi er i gang, men det tager tid….

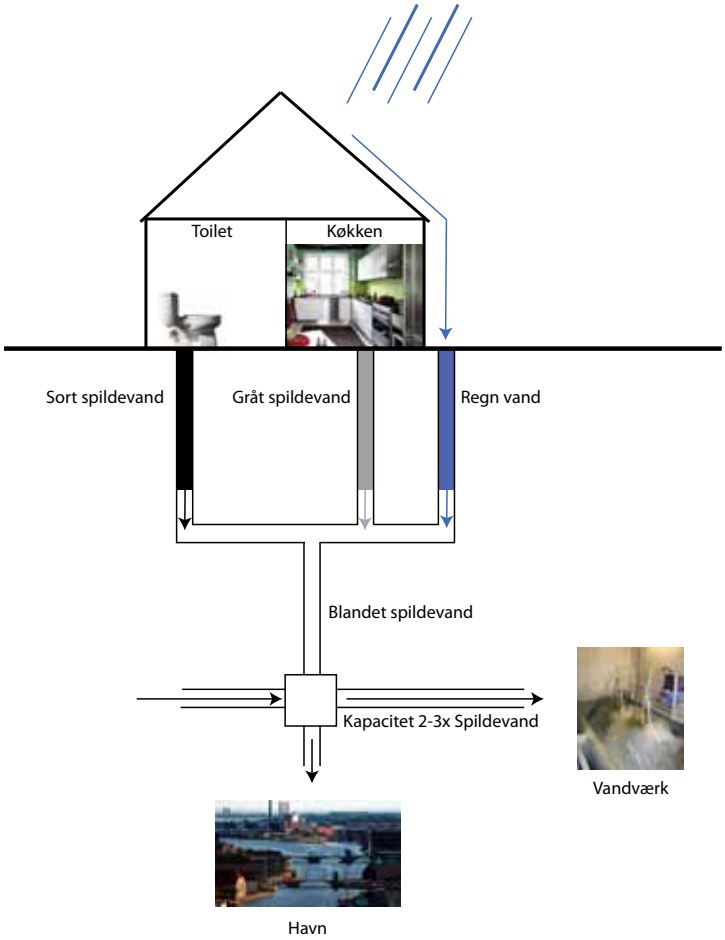
Bilag 1.5: Møde med Niels Bendt Johansen

Udviklingsleder for spildevand og regnvand hos Københavns E, Niels Bent Johansen, er uddannet civilingeniør og har efterfølgende taget en PhD i Miljø og ressourcer på DTU. I 20 år fra 1984-2004 var han ansat hos COWI, som ansvarlig for miljø sektoren. Her var han beskæftiget med forskellige udstationerings-jobs med hovedvægt på vandressourcer og vandkvalitet i bl.a. Østeuropa og Sydamerika.

I øjeblikket er han ansvarlig for forskningen i og udviklingen af vandsystemer og kloakering, herunder tilpasning til klimaforandringerne i København. Ifølge Niels Bent Johansen er det svært at planlægge ud i den uvisse fremtid, men vi må jo forholde os til hvad eksperterne siger. På basis af IPCC 's rapporter vil de markante regnmæssige konsekvenser først kunne mærkes i Danmark omkring 2030, hvor der vil falde omtrent 30% mere nedbør.

Regnestykket er i princippet ganske simpelt - hvis vi skal håndtere 30 % mere regn af gangen, skal vi også dimensionere vores kloaksystem, eller på anden måde øge kapaciteten, til at tage 30 % mere. Den konventionelle regnvandshåndtering via kloakker har lige nu en opmagasineringskapacitet på 220.000 m3, hvilket svarer til 6 mm regn uden afbrydelser eller ca. 1,5 døgns spildevand, hvis systemet lukkedes af. I tilfælde af kraftfuld nedbør vil regnen sammen med spildevandet løbe ud i Københavns havn og ved svanemølleværket. Det sker allerede gennemsnitligt et par gange om året. Indtil videre kan det ifølge LCA betale sig at gøre det sådan, selvom det sætter nogle begrænsninger for bl.a. bademulighederne, konstaterer Niels Bent Johansen.

Overløbsrørene til havnen ligger på nuværende tidspunkt kun 30 cm over det eksisterende vandspejl. Vi ved jo allerede, at vandstanden stiger ca. 1 cm om året, og målinger fra IPCC viser, at dette vil eskalere i fremtiden. Hvis vandstanden kommer til at ligge over rørenes mundinger, er der en risiko for, at spildevandet ikke ordentligt kan løbe ud i forbindelse med de voldsomme regnskyl - således kan kloakkerne blive fyldt op, hvorved regn og spildevand kun vil kunne løbe op gennem kloakdækslerne og skabe oversvømmelse i byens gader. Den konventionelle løsning på problemet er bereg-



Gengivelse af Niels Bendts illustration af det konventionelle afløbssystem

net til en omkostningsværdi af 15 milliarder kr. over de næste 100 år, som borgerne i København skal betale – det er omkostningstungt og omstændigt mener Niels Bent Johansen. København vil blive omdannet til en stor byggeplads: det vil bl.a. kræve, at vi hvert år graver 10 km vej op i byen. Derfor kigger vi på mulige alternativer til det eksisterende kloaksystem. "Hvis vi virkelig lægger os i selen, vil vi nok lige kunne nå de 30 % lokal nedsivning, som kan opveje det øgede behov, der følger klimaforandringerne". vurderer Niels Bent Johansen.

Vi planlægger ca. 100 år ud i fremtiden, men målet er lige nu år 2030. Københavns E arbejder med to håndteringsmodeller: Fleksibilitet/bæredygtighed, og genanvendelsespotentiale i udviklingen. Ifølge Niels Bent Johansen er det essentielt, at løsningen på regnvandsproblemet er fleksibel i forhold til, at nedbøren fortsat vil stige efter år 2030. Københavns E planlægger i øjeblikket efter to forskellige strategier: SWI - og LAR teknologier, som mulige alternativer til konventionelle løsninger. SWI er et igangværende dansk forskningsprojekt, hvor der arbejdes på at kunne forudsige kommende vandmængder på lokalt niveau, således at man intelligent kan styre vandafledningen efter belastningens størrelse. LAR er et katalog over metoder til "Lokal Afledning af Regnvand", som Rambøll har udviklet i samarbejde med forskellige forskningsinstitutioner .

Ifølge Niels Bent Johansen kan problemet løses med mange forskellige strategier - hvis f.eks. 30% af vandafledningen frakobles vil kloaksystemet kunne klare regnskyl på op til 20 mm. De frakoblede 30% skal så håndteres med alternative metoder såsom faskiner, grønne arealer eller opmagasinerings tanke. Det kræver selvfølgelig nogle incitamenter for borgerne. Ved afkobling fra regnvandshåndteringen kan der gives 40% af standard-tilslutningsbidraget retur, hvilket er et engangsbeløb på 20.000 kr. pr. matrikel. Et hurtigt hypotetisk regnestykke, som Niels Bent Johansen har arbejdet på, er, at det med 250.000 husstande i kommunen kan blive til højest 5 milliarder kr. i dét noget urealistiske tilfælde, at alle frakobler sig. Hvis denne tilgang helt kunne erstatte ombygningen af kloaknettet, ville det således sammenlagt spare byens borgere for min. 10 milliarder kr. og ikke mindst de omtalte gener i forbindelse med det omfattende vejarbejde.

Bilag 1.6: Jesper Christensen, Nykilde

Nykilde startede deres virksomhed for godt 15 år siden med salg af frø til bede mm. og har de sidste 10 år bl.a. kæmpet for at sælge grønne sedumtage til private og offentlige institutioner i Danmark. Hverken arkitekter, entreprenører eller rådgivende ingeniørfirmaer troede på daværende tidspunkt, ifølge medejer af Nykilde, Jesper Christensen, at der var salg i grønne tage, og virksomheden er stadig den eneste danske producent på markedet.

Der har både været økonomiske op- og nedture. Hovedsageligt har Nykilde leveret grønne Sedumtage til nabolande som Sverige, Norge, Slovakiet og Tyskland. Især i Tyskland er de langt fremme og har længe haft regler for implementering af grønne tage i lovgivningen. Derudover giver eksempelvis nogle forsikringsselskaber incitament via 15 % rabat på brandforsikring ved installation af grønne tage. Andre dele af Europa har også været godt med i lang tid, mens Danmark stadig er langt bagude. Selv lige ovre på den anden side af Øresund, i Malmø-området Augustenborg, har de i årevis forsket systematisk i byforgrønnelse, og bl.a. Nykilde har leveret store partier dertil. Det er først nu, i år, at der for alvor er kommet gang i salget af Sedumtage i Danmark – faktisk i en sådan grad, at Nykilde næsten ikke kan nå at producere alt det, de skal levere. Sidste år var et dårligt salgs-år, nok hovedsagelig pga. af den globale finanskrise, men måske også i kraft af skærpet konkurrence på markedet fra især Veg Tech i Sverige og Zinko i Tyskland. Så at der pludselig er kommet en så stigende interesse for grønne tage i Danmark, var overraskende, men kan nok være en effekt af det kommende klima-topmøde i København til december og den stigende fokus på klimaet generelt.

Mens man i resten af Europa har taget fat om klimaproblemerne og aktivt brugt bl.a. grønne tage som en tilpasningsstrategi, synes Jesper Christensen, at man i Danmark har været for inaktive og overvejet for kortsigtede løsnings modeller. Bl.a. har der været forslag om at male alle byens tage hvide, for at husene ikke skulle absorbere lige så meget varme – men her ville grønne tage udfylde samme funktion, bare bedre, og samtidig have flere andre positive sideeffekter, herunder en bedre luftkvalitet og et lidt mindre klimaaftryk, da de nedbryder 2-6 kg CO2/m2/år. Dog kan de selvfølgelig ikke løse alle kommende klimaproblemer, såsom vandhåndtering, alene. Der skal flere andre initiativer til, f.eks. faskiner og opmagasineringstanke til regnvandet.

Men alligevel er forsinkelse, absorption og fordampning af regnvand nogle af de grønne tages vigtigste tilpasningsmæssige egenskaber, idet ca. 50 % af årsnedbøren på taget på den måde kan håndteres uden om kloakkerne. Dog vil den største del af årsnedbøren falde om vinteren, hvor fordampningen er markant nedsat, og hvor det grønne tags vegetationslag kan være bundfrossent. Det vil naturligvis betyde en degradering af det ekstensive tags egenskaber, men omvendt er det usædvanligt, at det regner i frostvejr. Nykildes erfaringer med nedbør om vinteren er, at det kan regne op til 10 mm, før vegetationslaget på 70 mm er fuldstændig mættet. I tilfælde af større regnfald vil regnvandet løbe af taget og forsinkelsen til kloakken være ganske lille i forhold til et konventionelt tag.

Udover håndteringen af regnvand har grønne tage rigtig mange andre effekter. I Tyrkiet har implementering af grønne tage på nogle industribygninger eksempelvis reduceret nedkølingsbehovet med 50 %. Også tagets levetid kan forlænges, mens støj udefra dæmpes, brand hæmmes og biodiversiteten får forbedrede vilkår. Især intensive tage er virkelig effektfulde, men er desværre meget tunge

i forhold til ekstensive tage – op til knap 1 ton/m2, hvor ekstensive tage i mættet tilstand kun vejer 50 kg/m2. Dette er også hovedårsagen til, at Nykilde kun udbyder de ekstensive tage. De intensive tage kan mest benyttes på store betonbygninger med små taghældninger under 10%. De kræver oftest ekstra statisk kapacitet, samt meget vedligehold, hvilket der ifølge Jesper Christensen ikke er særlig meget salg i. De ekstensive tage skal kun plejes en gang om året med lidt gødning de første 4-5 år og efterfølgende ca. hvert 5 år, hvis det trænger. Kun hvis der kommer tørkeperioder på mere end 3 måneder, skal det grønne tag vandes for at overleve – ellers passer det sig selv. Man kan sagtens undlade at gøde, men så vil man også få et mindre frodigt tag, som vil se lidt medtaget ud efter nogle år. Det betyder således også, at det grønne tags evne til klimatilpasning vil blive reduceret.

Der findes flere forskellige brugbare plantetyper: Sedum-urter, mos og græs. I forhold til, hvilken planteart man skal benytte til et bestemt klima, er det Nykildes erfaring, at det er bedst at blande flere plantearter – de vokser af sig selv, og hvis der er en plante, der ikke kan klare klimaet, vil de andre og mere vejrresistente planter blot tage over. Eksempelvis er det kun bredbladede plantearter, der kan leve i sol-svage områder som tagflader på skyggesider. Typisk kan et Sedum-tag leve mellem 40 og 100 år alt efter vejrforhold. Ekstensive tage under hårde vindforhold, f.eks. ved kyster, har sværere betingelser, da vinden med tiden kan blæse dele af jordlaget væk, som er essentielt for planternes overlevelse.

Nykilde arbejder hovedsageligt med lavpraktiske løsninger, der gør det nemt at påsætte sedumtagene uden professionel hjælp og efter eget ønske. Dog anbefaler de ved opsætning af grønt tag over boliger, at man bruger autoriserede til arbejdet, da de i flere tilfælde har erfaret, at private har forårsaget skade på deres eksisterende tag og har "glemt" at studere brugsvejledningen. De har etableret flere kontakter inden for implementering af deres produkter, herunder især Skælskør Anlægsgartnere og JK Tagentreprise.

Der arbejdes med to systemer:

1) **Grønne måtter,** som rulles ud på de underliggende lag.

2) **Sedum-kassetter,** der bare sættes tæt op ad hinanden, hvilket kræver mindre mandskab (ned til 1 pers)
Virkningerne skulle være ca. de samme, men kassetterne er endnu ikke ude på det danske marked – dog sælges lignende i USA. (venstre: undersiden af sedum-måtte oven på BioDrain, højre: kassetter m. urter)

Nykildes baghave giver et godt billede på den lavpraktiske tilgang: de omkringliggende marker er tilgroet med Sedum-måtter, som allerede er solgt, mens både hundehuset og kaninburet har fået tildelt grønne tage, der blot er nogle eksempler på Nykildes forskellige eksperimenter med tagbeplantning. Rundt omkring ligger små prøver med plantetyper, bl.a. spiselige urter, samt underlagskassetter med grus og skummåtter baseret på genbrugsmaterialer med indlagte næringsstoffer(BioDrain). De overskydende eller defekte måtter, som ikke kan sælges, har Jesper og co. bogstaveligt talt smidt op på Nykildes tag, hvor de har ligget og er kommet sig i et par år uden at falde ned eller blæse væk. Mere skal der åbenbart ikke til. Men få steder er der skudt ukrudt op, og det kan være skadeligt for taget, hvis ikke man har lagt rodspærre-folie under sedummåtterne. Ukrudt kommer ellers kun i meget fugtige perioder, men uddør, når der igen bliver tørt, da det normalt kræver større jordbunds dybder.

Nykilde arbejder også med vegetationsvægge, der er opbygget stort set som Sedummåtterne og deraf har ca. samme egenskaber. Monteringen er dog en smule anderledes og består af et armeringsnet mellem to indspændte stolper, som fastholder sedummåtterne lodret. Man forestiller sig, at der skal udvikles et facadesystem, hvor det grønne kan hægtes på nogle skinner el.lign. nærmest som en ekstra klimaskærm.

Selvom væggene er opbygget på samme måde som tagene, mener Jesper Christensen dog ikke, at man kan få ligeså stor effekt rent vandhåndteringsmæssigt: netop i kraft af at de står lodret, vil der ikke falde lige så meget regn som på en vandret flade. Til gengæld kan man få mere ud af nogle andre sideeffekter, såsom en reduktion af støjniveauet på 8 dB, mere tydelige æstetiske egenskaber, samt beskyttelse af husets eksisterende ydermure mod slagregn, vind og sol. Man kan også sagtens forestille sig et system, hvor vandet ledes fra tagrenden til toppen af den grønne væg, for så at skulle igennem den, før det når kloakken. Hvad end væggen består af BioDrain eller stenmateriale, kan den suge ca. 15 l/m2, så dette kan være et fint supplement (eller alternativ) til det ekstensive tag.

Sedummåtter og -kassetter kan kun lægges på tage med op til 30° hældning, men hvis man benytter sig af teknologier som ved de grønne vægge i stedet, kan man sagtens forstille sig, at tage med stejlere hældninger kan gøres grønne, mener Jesper Christensen - det er bare et spørgsmål om viljen til at udtænke et passende system.

Og netop vilje er måske det, der skal til, hvis man vil implementere grønne tage i Danmark i et virkningsfuldt omfang. Politisk vilje i form af lovgivningsmæssige incitamenter – måske som i Malmø, hvor man har et grønt pointsystem ved opførelse af nye huse

med kravet om et minimum antal grønne point for godkendelse. Beton giver eksempelvis 0 point, vægge omkring 0,5 point og grønne tage 1 point. Eller som i Tyskland, hvor man bl.a. løbende får vandaflednings-afgifterne tilbagebetalt, hvis man har et grønt tag. Det betyder, at man faktisk på bare 3-4 år kan tjene sin investering hjem igen.

Men selvfølgelig også vilje i byggesektoren fra top til bund til at tage udfordringen op, uddanne kvalificerede folk og investere lidt ekstra penge i anlægsfasen, som man så tjener ind på længere sigt. Og i befolkningen, som skal forstå, at grønne tage ikke behøver at betyde vandskader eller jævnlige ture op på taget for at slå græs.
Der er altså flere gode eksempler på, hvad man kan gøre – det er bare ikke gjort herhjemme endnu! Men noget tyder på, at det er på vej…

Bilag 1.7: Louise Lundberg, GTI, Augustenborg

I 1999 opførtes i Malmø verdens første botaniske taghave, som har været åben for offentligheden siden 2001. Taget udgør i alt ca. 1 Ha grønt tag i forskellige variationer, ekstensivt og intensivt, og administreres af Scandinavian Green Roof Association, som bebor dele af bygningen under det. Her mødte vi Louise Lundberg, som er et af stedets absolutte ildsjæle. Taget lader til at være hendes personlige forsknings-legeplads, hvor bl.a. forskellige plantesorter, drænmaterialer, taghældninger og udtryksmuligheder udforskes. Der måles på mængden af tilbageholdt vand og kvaliteten af det vand, der løber af tagene i forhold til de varierende vejrforhold. Der eksperimenteres med forskellige etableringsmetoder – Præfabrikation, forskellige så- og planteteknikker – og hvordan de hver især udvikler sig over tid. Derudover arbejdes der også med vertikal beplantning på vægge og med muligheder for samspil imellem grønne tage og hhv. blå byrum og solenergi.

Trappeskakten op til taget har en klimaskærm, der kombinerer solafskærmning, solceller og solvarmeanlæg i ét element, som derved optimerer både indeklimaet og energiforbruget på en gang: Solcellerne fungerer bedst ved lavere temperaturer, og derfor er det en fordel at lade vandrørene til solvarmeanlægget transportere overskudvarmen væk, hvorved den samtidig kan udnyttes til opvarmning af kontorer og brugsvand.

På taget fortalte Louise Lundberg om de forskellige typer af grønt tag og deres egenskaber. Ved de ekstensive tage gennemgik hun hvert lag og løftede op, så vi kunne se dem:
Under planterne ligger først vækstlaget og herunder et erosionslag med et net, som rødderne kan få fat i (dette kan til tider undværes). Nettet, vi så, var af plast, men der arbejdes i øjeblikket på at udvikle et af strå, som vil være mere miljørigtigt. Derunder var drænlaget, som i dette tilfælde bestod af polstringen fra et gammelt bilsæde. Hun fortalte, at drænlag af genbrugte skummaterialer var hendes foretrukne, da det virker fint og samtidigt underbygger den bæredygtige idé, som tagene er en del af. Man kan også bruge eksempelvis småsten, knuste tegl eller rockwool – sidstnævnte har visse fordele mht. lav vægt og særligt god sugeevne, hvilket især kan være afgørende på tage med stejlere hældning. Til gengæld er rockwool temmelig energitungt at

fremstille i forhold til de andre varianter. Nederst ligger vandmembranen, som eksempelvis kunne være tagpap. Da ekstensive tage har så lille et næringslag behøver man ifølge svensk lov ikke at have en særlig rodspærre herimellem – rødderne på de benyttede planter til ekstensive tage (sedum-urter, mosser, visse græsarter) er ikke stærke nok til at bryde igennem tagpappen, og andre planter kan ikke vokse der. Ved intensiv eller bare semi-intensiv beplantning er det dog nødvendigt med et stærkere materiale. Nogle steder er det påkrævet at have rodspærre for alle typer grønt tag. Vægten af de ekstensive tage er ca. 50 kg/m2, men den kan blive helt ned til 35 kg/m2, hvis drænlaget består af rockwool.

De fleste producenter angiver en maksimal taghældning for ekstensive tage på ca. 30°, men Louise Lundberg nævner at stejlere ekstensive tage med 40°-45° hældning er muligt med præfabrikerede sedum-måtter, men at høj hældning medfører større udtørringsrisiko, da vandet logisk nok drænes hurtigere fra. Ydermere vil behovet for et effektivt erosionslag være mere udtalt. Mht. isoleringsegenskaberne af ekstensive tage konkluderes det, at de er mest effektive om sommeren, hvor solens energi omdannes til fordampning i stedet for varme, mens vækst- og drænlaget som regel er tørt og således indeholder en del luft. Om vinteren derimod er luften i lagene meget af tiden erstattet med vand/fugt, som ikke er nær så isolerende, mens den kølende fordampningsproces er stærkt formindsket, men samtidig ikke længere er hensigtsmæssig, idet nedkølingsbehovet er erstattet af et opvarmningsbehov.

En af de klare fordele ved de ekstensive tage er den minimale vedligeholdelse: Det skønnes, at der bruges ca. 10 min. hvert andet år på vedligeholdelsen af hvert tag på omkring 30-40 m2, hvorimod intensive og semi-intensive tage kan variere meget i behovet for vedligehold – nogle bliver stort set overladt til sig selv, mens andre skal vandes og plejes i samme grad som en almindelig have.

Da vi nåede til de tilsyneladende intensive tage med små græsklædte bakker, høje bambusbuske, stenklædte gangstier mm, berettede Louise Lundberg, at hun har snydt:

Taget var kun dimensioneret til godt 250 kg ekstra pr. m2, hvilket ikke er meget for intensive tage, der ofte kan komme op på over 800 kg pr. m2. Dette betød kraftige begrænsninger for tykkelsen af vækstlaget, der i høj grad afgør vægten. Med et jordlag på kun ca. 10-15cm kan dette tag altså kategoriseres som et semi-intensivt tag, selvom udtrykket i høj grad var intensivt. Landskabet er grundlæggende bygget op af polystyren, som har en meget beskeden massefylde, beklædt med bl.a. rullegræs – dette har givet mulighed for at opnå stor visuel virkning med relativ lav vægt.

På taget er der også hhv. en plankeklædt "veranda" omgivet af lavendel og med plantekasser, hvor krydderurter og blomster suppleres af vandkunst; et vandløb, der ved hjælp af opbygningen med udvalgte planter og sten renser vandet i en lille fiskedam i gårdhaven nedenfor (om vinteren slukkes pumpen dog pga. frostrisiko); samt et stenlandskab med lidt spredt beplantning, hvor visse truede plante- og dyrearter (hovedsagelig insekter og fugle) åbenbart har gode vilkår for trivsel. Den sidstnævnte type kræver stort set ingen vedligehold.

Louise Lundberg siger: "Fint, fortætning af byer er en god idé på mange punkter, også for miljøet. Men det gør samtidigt vilkårene for naturen i byen meget svære. Så byg jeres store centre osv., men smid det fjernede jord/grus, græs mm. tilbage op på taget bagefter – så spares også både tid, transport og penge på at slippe af med det!"

En landskabsarkitekt har eksperimenteret med at lave et industrielt look et sted i taghaven vha. lidt rustent metal og en "betonklods" i malet polystyren. Udtrykket er ret overbevisende, men ideen med denne kunstige efterligning af både natur og industrielle levn kan nok i nogles øjne forekomme lidt fjollet. Dog giver det et fint indtryk af de mange visuelle muligheder.

Et andet sted i den botaniske taghave eksperimenteres med madproduktion. Det kan være godt at være i stand til at producere flest muligt af vores forbrugsvarer i umiddelbar nærhed af forbruget (dvs. i høj grad i byerne), hvis vi engang skal til at betale, hvad varerne egentlig koster – produktion, transport, retablering af naturressourcer osv. medregnet. Honning er et af de produkter, der giver god mening at dyrke i byerne, da blomstringssæsonen faktisk er længere i byerne end på landet. Alt, der kræves, er et nogenlunde fladt tag, der kan bære vægten af bistaderne. Bierne flyver alligevel langt for at hente nektar, så tag og nærområde behøver ikke at være specielt grønt, og en undersøgelse af honningens kvalitet viste ingen tegn på øgede mængder tungmetaller eller andre skadestoffer. Derudover blev det nævnt, at fisk og grøntsager supplerer hinanden godt, idet fiskene overgøder det vand, de

lever i, mens planterne kan bruge denne gødning og samtidig renser vandet, som så igen kan bruges af fiskene.

Den botaniske taghave ligger i udkanten af Malmøs forstad Augustenborg, som nok er det bedste skandinaviske eksempel på byforgrønnelse i praksis. Her fortsatte rundvisningen. Hele bydelen har siden 1998 været omdannet til eksperimentarium for lokal håndtering af regnvand, hvor de konventionelle kloakker med kombineret regn- og spildevand suppleredes med et system af åbne kanaler og damme. Disse lader regnvandet skabe kvalitet i byrummene og leder kun under de mest ekstreme regnhændelser overløbsvand til det oprindelige kloaknet.
På den måde har bydelen siden ombygningen helt undgået nye episoder med spildevand, der oversvømmer kældre o. lign. – det skete tidligere ved heftig regn gennemsnitligt et par gange om året, hvor kommunen fik skylden, mens forsikringsselskaberne ikke ville have noget som helst med det at gøre. Dette hjalp ikke ligefrem på populariteten af det i forvejen lettere utidssvarende boligområde, som blev stadigt mere præget af sociale problemer, og hvor arbejdsløsheden i 90'erne toppede på om-

kring 65 %. Projektet, som den botaniske taghave også er en del af, havde således til mål at gøre det nedslidte 50'er-kvarter til et mere socialt, økologisk og økonomisk bæredygtigt boligområde. Det var, og er stadig, et samarbejde mellem MBK(Malmö Kommunala Bostäder), Malmø by og områdets beboere, som har været inddraget fra starten og haft mulighed for at præge deres eget nærmiljø. Ifølge Louise Lundberg har det haft en stor virkning i løbet af det sidste årti: Nok er arbejdsløsheden stadig alt for høj, nu 45 %, men det er da en betydelig forbedring i forhold til før. Mængden af hærværk og anden kriminalitet er kommet ned på et niveau svarende til gennemsnittet, og der er kommet en tendens til, at beboerne faktisk er stolte af at være en del af området og den positive udvikling, der foregår. Pludselig kommer folk fra nær og fjern for at lære af det gode eksempel, hvor mange tidligere var bange for overhovedet at bevæge sig derind.

På den måde har eksperimentet i sin helhed udviklet sig til en succeshistorie. I stedet for at bruge penge på nye, større kloaksystemer (som ganske vist ville have løst problemet med oversvømmelserne) er ressourcerne blevet udnyttet til skabelsen af nye byrum af højere arkitektonisk kvalitet, der afhjælper nogle af de sociale problemer og samtidig afleder regnvandet på en hensigtsmæssig måde. Dog skal bydelen ikke ses som et færdigt produkt – der kan stadig gøres mere, og nye projekter sættes løbende i gang for at styrke stedets status som forgangseksempel. Der er eksempelvis opført en tilbygning til den lokale skole, hvor bæredygtigheden er tænkt ind på flere niveauer: toiletterne er sluttet til et eget effektivt og lugtfrit kredsløb uden om kloakkerne, byggeelementerne kan pilles fra hinanden, så bygningen kan pilles ned og sættes op et nyt sted, når pladsbehovet flytter, de har en egen vindmølle sat op osv.

Louise Lundberg nævner desuden den helbredsmæssige effekt af det grønne i byen: Bl.a. har et hospital i USA oplevet markant forskel i patienternes tilstand på hver side af bygningen. Alle interne forhold undersøgtes og viste sig at være ens, men alligevel blev patienterne på den ene side af bygningen hurtigere raske og brugte mindre medicin end dem på den anden side. Den eneste synlige forskel viste sig at være udsigten – dem der kom sig hurtigst havde udsigt ud over en park, mens de andre så over på en anden bygning. Det var altså ikke engang nødvendigt at gå ned i parken for at opleve dens positive virkning.

Dog erkender Louise Lundberg til sidst, at der stadig mangler konkrete tal i mange henseender, både når det gælder grønne tage og byforgrønnelse generelt. Værdierne kan være svære kvantificere, og selvom de arbejder på det, er der endnu ikke tilstrækkeligt med erfaring fra vores specifikke klimazone – ja, faktisk ikke særligt meget i det hele taget!

BILAG 1.8: 2BG – SEMINAR D. 3/12

Bilag 1.1: Klimatilpasningsseminar, AAU Ballerup

Introduktion

2BG står for Black, Blue and Green(integrated infrastructure planning as key to sustainable urban water systems), og er et tværfagligt forskningsprojekt mellem 8 PhD-studerende, som hver især bidrager til udviklingen, diskussionen og kvalificeringen af integreret strategi for landskabsbaseret regnvandshåndtering, SUDS . Projektet fungerer på et teoretisk plan, hvor Harrestrup Å, som danner Københavns kommunes grænse mod vest, bliver brugt som casestudie. Formålet er at udveksle viden, metoder og datasæt på tværs af faggrænserne, og således belyse og afprøve muligheder og metoder til vandhåndtering i en dansk kontekst.

2BG-seminaret på Københavns E d. 3. december 2009 var en fremlæggelse af 2BG's foreløbige undersøgelser og resultater, samt forskellige aktuelle aktørers perspektiver på alternativ vandafledning, barrierer og fordele. Deltagerne var politikere, kommunale planlæggere, erhvervsdrivende ingeniører og arkitekter, samt folk fra aktuelle uddannelses institutioner med interesse og viden på området. Seminaret var et høringsudkast, hvor oplægsholderne fremlagde deres studier/viden, hvorefter deltagerne fra de forskellige positioner bød ind i en debat med deres perspektiver og spørgsmål. Formålet med resumeet af oplæggene og den efterfølgende diskussion er at lade "snebolden" rulle for at få et overblik over de forskellige aktørers roller ved implementeringen af landskabsbaseret vandhåndtering i Danmark. Dette er et resume af de væsentligste pointer fra seminaret.

Oplægsholdere:

- **Marina Bergen Jensen**, 2BG ansvarlig: Vejen mod et paradigmeskifte
- **Niels Bent Johansen**, København E: Om det et underdimensioneret kloaksystem
- **Jan Burgdorf Nielsen**, KBH kommune: LAR i et langsigtet perspektiv
- **Chiara Fratini,** 2BG DTU management: Øget opmærksomhed til borgerne
- **Ole Fryd**, 2BG KU.LIFE: Vandsensitive urbane landskaber
- **Jan Jeppesen**, 2BG hydrogeolog: konsekvenser ved nedsivning
- **Simon Toft**, 2BG miljøkemiker: Miljøkemiske risici
- **Herbert Dreiser**, arkitekt og udvikler af vand i byen: Working with a living subject
- **Antje Backhaus**, 2BG landscape management: Values and design

Marina Bergen Jensen - Vejen mod et paradigmeskifte

Seniorforsker i afdeling for Parker og Urbane områder. 2BG ansvarlig.

Introduktion

Vi kan roligt stole på at SUDS/LAR-teknologier er en løsning på fremtidens regnvandsudfordringer i Danmark. Men der skal ske et paradigmeskifte, hvis det skal implementeres. Vi har et dårligt beslutningsgrundlag i Danmark - vi ved ikke, hvad det koster at anlægge det, og vi ved ikke, hvad det koster at drive det. Der skal samarbejdes mellem forvaltningerne indbyrdes, mellem det offentlige og det private, og mellem beslutningstagere og vidensinstitutioner – det er en udfordring og en stor barriere i planlægningen. Derfor er målet med 2BG at skabe et bedre beslutningsgrundlag i fremtiden.

Casen Harrestrup å

Vi har taget hul på udfordringen og er gået i gang med at undersøge, hvad det koster, hvordan vi kan regulere det, hvordan vi får involveret borgerne osv. Vi har tidligere haft seancer, hvor vi mødes og udveksler viden. Første gang var i 2007, hvor vi brugte Odense som case. Denne gang har hver PhD-studerende benyttet 3 måneder eller mere af deres tid på den aktuelle case, Harrestrup å, som ligger i oplandet til København og fylder ca. 1/6 af Københavns fælleskloakerede område. Under tørvejr ledes spildevandet stille og roligt via et fællessystem ned til Damhusåens renseanlæg. Men på vejen er der nogle kapacitetsproblemer 20-30 steder på strækningen, som resulterer i kloakoverløb under kraftige regnskyl.

Københavns kommune har en politisk vision om, at der skal være badestrand ved Kalveboderne i fremtiden, men det kræver, at vi får styr på overløbet, som i så fald kun må ske ca. en gang om året. Der foreligger en visionsrapport, som beskriver en konventionel løsning, og det vi undersøger er således en alternativ løsning ved afkobling af så mange tage og veje, at vi kan skabe den samme grad af sikkerhed mod overløb.

Hovedkonklusionen

Som udgangspunkt skal der ca. afkobles 60 % af alt det befæstede areal fra den konventionelle kloakforbindelse ved Harrestrup å. Afkobling af de første 10% kan ske uden bekymring for, at vi sumper området til – det er rigtig mange hektar. Spørgsmålet om vandkvalitet kan være bekymrende, men vi tror nok, vi kan få løst dette(vha. filtermuld og lign. løsninger). Der er fri mulighed for at tænke løsningerne ind i den eksisterende by på en god måde. Der er nogle udfordringer, man skal være innovativ og kreativ, men det er ikke umuligt.

Niels Bent Johansen – Et underdimensioneret kloaksystem

Udviklingschef for vand og afløb, Københavns E

Status

Det startede med sundhed, før byen blev byen - i gamle dage løb spildevandet og regnvandet langs gaderne i åbne render. Det var meget forurenende og førte til en masse sygdomme blandt byens borgere. Af sundhedsmæssige årsager skabte man derfor en strategi for et underjordisk kloaksystem, som skulle kapere spildevandet og regnvandet.

Hvor står vi i dag? Vi er kommet så langt, at vi har fået styr på sundheden først og fremmest, 95% af hovedledningerne er renoveret, vi har skabt badevand rundt omkring i havnene (bl.a. Islands brygge, med kun to undtagelser om året), og vi har ingen problemer med oversvømmelser af veje eller kældre. Så status er, at vi egentlig har det meget godt. Men vi har en udfordring i fremtiden, hvor de bynære vandløb påvirkes i en uacceptabel grad pga. klimaforandringerne, bl.a. ved Harrestrup å. Men egentlig vil vi jo nogle steder gerne have højere vandstand, for vi vil jo gerne have vand i vandløbene. Så måske vi skal ud og åbne nogle tidligere vandløb, når vi kan få vand i dem igen.

Missionen, udfordringen og strategien

Missionen er at opretholde serviceniveauet og undgå en sundhedsskadelig tilstand. I gamle dage dimensionerede man kloaksystemet efter kriteriet om, at man skulle kunne gå inde i dem, hvilket i lang tid har betydet rigelig med plads dernede i de historiske områder, men i dag dimensionerer man efter regnmængderne, og derfor kan vores nuværende kloaksystem ikke kapere de 30% stigning i nedbør, som kommer i fremtiden.

Udfordringen er at finde alternative løsninger såsom lokal afledning af regnvand(LAR). Hvis LAR-løsningerne kan implementeres i trit med klimaforandringerne, kan københavnerne spare rigtig mange penge – et sted mellem 5 og 10 mia. kr. For en gangs skyld peger økonomi, bæredygtighed og miljøforhold i samme retning. Hvis det havde været dyrere end den konventionelle løsning, havde det været meget mere op ad bakke. Men strategisk skal vi have borgerne med på dette, hvis implementeringen af LAR-løsninger skal lykkes. De er noget vigtigere at fokusere på end os teknikere, fordi det kræver meget mere at motivere dem: De jubler ikke over det store billede alene, men skal have en mere personlig fordel og tryghed ved løsningen. På nuværende tidspunkt har vi ikke arbejdet nok med – på det punkt halter vores arbejde lidt!

Københavns kommune, teknik og miljøforvaltningen

Politisk strategi

Københavns kommunes parkpolitik siger, at der skal flere grønne og blå forbindelser i byen. Hvert år kommer der 1-2 lommeparker, og der er indtil videre planer om at lave 14 i alt. Der er gode muligheder for flere og bedre rekreative områder, omdannelse af grønne og blå elementer i byen og mulighed for åbning af rørlagte åer, der hvor de løber igennem parker. Hvis der kommer mere biodiversitet og grønne områder, kommer der også flere dyr. Menneskerne, borgerne, kommer lige pludselig ud fra deres hjem, hvilket sammenlagt giver byen en anden dimension. Dette siger ikke så meget om afledning af vand, men mere politikkernes holdning til den blå og den grønne by.

Politisk opbakning?

Områderne omkring Damhusåen og Grøndalsparken er et af de områder i København, som er mest sårbare over for oversvømmelser. Løsningsplanerne eksisterer i kommunen, men der er endnu ingen penge afsat til projektet. Vi har søgt flere gange, men har fået afslag hver eneste gang. Det er blevet politisk vedtaget, at problemet skal være løst i 2015, men dette er for kort tid, hvis planerne om de 10 % afkobling skal ske via LAR-løsninger. Skal datoen rykkes frem, eller skal vi acceptere kun at opnå 5% af målet med LAR? Hvordan får vi den politiske opbakning, hvordan kan vi fremme LAR hurtigere, og hvordan får vi borgerne med på dette?

Punkter, som vi mener der bør tages fat på i den nærmeste fremtid, hvis LAR løsningerne skal implementeres:

- Start med skolerne og andre kommunale bygninger
- Motivation af borgerne: Workshops mm.
- Støtte til nedsivning
- Bedre information til borgerne
- Flere eksempler
- Afgifter(vandmængde og vejbidrag)
- Støtte fra kommunen
- Kommer kloakfællesskabet til gode
- Nye metoder til rensning af regnvand, andre alternativer til Marina og 2BG´s dobbeltporøse filtrering, flere studier på banen
- Tilbagebetaling af tilslutningsbidraget er ikke altid nok at opveje udgifter til faskiner o. lign. (hvad med afledningsbidrag over forbrug?)

Chiara Fratini – Øget opmærksomhed til borgerne

2BG DTU management- environmental engineering, speciale i water management

Forskningsmålet i mit arbejde har været at identificere eksisterende barrierer vedr. afkobling af regnvand i private og offentlige byrum, samt at foreslå mulige strategier til at overkomme disse barrierer. I forbindelse med mine undersøgelser har jeg gennemført tre casestudier angående regnvandshåndtering i Holland og Danmark med mere end 35 kvantitative interviews. Implementering af LAR-løsninger i Holland er en stor succes, og jeg har i den forbindelse tilegnet mig nyttig viden, som jeg kan bruge som sammenligningsgrundlag for vurderingen af tilgangen i Danmark.

De vigtigste aktører i forbindelse med casen Harrestrup å er identificeret til at være:

- Beslutningstagerne, herunder Københavns Kommune, Center for Park og Natur, samt KE
- Lokale private ejere, herunder enfamilieshuse og boligforeninger
- Interessegrupper inden for grønne områder, herunder sportsklubber og kolonihaver
- Andre interessenter, herunder departementerne for trafik og veje, samt for grundvand

Relevante faktorer, positive og negative, i forbindelse med implementeringen inkluderer:

- Rentabilitet
- Kommunal prestige og attraktionsværdi
- Modstand grundet manglende opmærksomhed og viden
- Ikke økonomisk for enfamilieshuse (heller ikke i Holland)
- Kræver investering, incitamenter virker bagud
- Generelt behov for boldbaner
- Evt. påvirkning af kolonihave-områder

Private interessenter og boligejere har en meget større opfattelse af risici end den faktiske, fordi de ikke ved nok. Især kolonihave-ejere er ofte konservative og kritiske.

I Holland har det været udbredt med offentlige udstillinger af LAR-teknologierne for at øge bevidstheden om fordelene ved afkobling hos befolkningen – hvordan virker det i praksis, hvordan opbygges og monteres systemerne på den enkelte matrikel, og hvilke fagfolk kan man kontakte for at få det gennemført. Ved hjælp af fysiske modeller af bl.a. grønne tage og faskiner har man på udstillingerne kunnet få et helt konkret billede af tekonologierne og deres virkemåde. Man har desuden udbudt gratis kurser I havebrug og -design, så det afkoblede regnvand kan udnyttes bedst muligt. For at nå ud til nogle af skeptikerne blev det også i visse tilfælde muliggjort at frakoble sig halvt, så regnen under meget ekstreme byger stadig kunne ledes til kloakken for at undgå oversvømmelser. Dermed kunne resultatet afprøves uden den samme følelse af risiko ved afkoblingen.

Offentlige rekreative områder kan også være et stridsemne, hvis de står til at blive inddraget til vandhåndtering. Men et projekt i Holland delagtiggjorde beboerne i udformningsprocessen, og fik udformet området, så det fortsat kunne udnyttes det meste af tiden og kun under den mest ekstreme regn oversvømmedes helt, hvilket beboerne dermed gik med til. Der er flere eksempler på bevidst udformning af byrum (b.la. fodboldbaner) med mulighed for forskellige grader af oversvømmelser afhængig af behovet.

Chiara Fratini – Øget opmærksomhed til borgerne - fortsat

Anbefalinger baseret på undersøgelserne:

• Bedre incitamenter for private husejere, hvis det ønskes, at de frakobler sig

• Reglerne for tilbagebetaling bør ændres

• Eksterne faciliteter for afkobling bør sættes i værk
• Bevidstheden om argumenterne for afkobling skal øges for at mindske modviljen

• Brug af undervisningskampagne, inklusiv workshops og offentlige høringer

• Løsningerne skal være attraktive, hvilket betyder, at der er behov for:

o Kreativitet ved bearbejdningen af barriererne

o Tværfagligt samarbejde mellem professionelle fagfolk

Ole Fryd – Vandsensitive urbane landskaber

2BG skov og landskab KU.LIFE - civilingeniør i urbandesign

Mission grøn struktur
Visionerne for København er, at der i fremtidens skal tænkes blåt, tænkes grønt, tænkes nyt, tænkes mangfoldigt. Der skal være badevandskvalitet, der skal skabes attraktive rammer for vækst, viden og innovation, der skal være plads til ny arkitektur, der skal skabes synergi mellem universiteter og virksomheder og der skal være initiativer for lommeparker. Der foreligger en grøn politisk strategi, der siger, at vi skal have flere parkområder, flere grønne cykelruter, og der skal være et sti-forløb som overordnet formidler en sammenhæng mellem de grønne områder til en grøn struktur. Disse udviklingsløfter stemmer godt overens med 2BG og udviklingen af LAR i Danmark.

Serielle forbindelser
Så hvilke muligheder er der for afkobling langs de grønne forbindelser? Ifølge Klima KBH skal vi kunne håndtere små, store og ekstreme nedbørs scenarier. Ud fra en slags mapping af jordbundsforholdene, afstand til grundvandet og koter, kan man danne sig et billede af afkoblingspotentialerne. Man kan gøre noget på matrikel niveau, noget på bydelsniveau og noget på oplandsniveau. Man skal så vidt muligt prøve at lave en seriel forbindelse af depoter og overløbsstrukturer, således at man kan håndtere visse mængder på matrikel niveau ved en bestemt dimensionerende nedbør. I tilfælde af kraftigere og ekstrem nedbør, kan regnvandet løbe videre ud på bydelen og i sidste ende ud til samlingen af grønne områder i oplandet til byen, eksempelvis Harrestrup å.

Integreret strategi
Det handler i høj grad om at lave en form for integreret strategi, hvor de udfordringer og præmisser, der ligger til grund, er udgangspunktet – hvad er det for nogle udviklingsbehov? Hvad er det for nogle muligheder? Hvad er det for nogle grundvandsudfordringer? Hvad er det for nogle vandoverflade afstrømninger? Hvilke løsninger vi skal vælge, må holdes op mod de bymæssige udviklingsstrategier - hvor vil København gerne hen?

Jan Jeppesen – konsekvenser ved nedsivning

2BG hydrogeolog – Cand. Scient.

Simuleringer

Det store spørgsmål er, hvad er de hydrologiske præmisser for nedsivning og fordampning? Og er der kapacitet til det? Hvor meget man kan nedsive, afhænger af mange forskellige parameter, derfor har vi lavet nogle såkaldt MOUSE grundvands simuleringer af grundvandsstrømninger og vandløbsafstrømninger før og efter installering af LAR elementer, som kan give os en ide om hvordan forholdene ser ud.

Grundvandet stiger

Grundvandsspejlet er et meget dynamisk system, som varierer fra våde til tørre områder med omkring 6 meter nogle steder. Jordens beskaffenhed er utrolig vigtig for jordens nedsivningskapacitet - Jo lavere porøsitet jo mindre nedsivning. Jorden under København består hovedsageligt af moræneler, som netop har en lav porøsitet. Dette er lidt tricky, da vi så får noget af grundvandet tilbage ved overdreven nedsivning. Når grundvandet stiger op over faskinen, har vi den situation at faskinen begynder at dræne og der kommer grundvand ind i faskinen.

De 60% afkobling ved Harrestrup å er fordelt på:

• Infiltrationsplæner	36%
• Vadi	26%
• Faskiner	8%
• Regnvandsstaubede	6%
• Grønne tage	10%
• Afledning af recipienter	14%

Ved 60% nedsivning er der risiko for vandspejlsstigning. MOUSE simuleringerne viser, at i værste(højeste) tilfælde er grundvandet over 2 meter under terræn og i laveste tilfælde mellem 2 -8 meter under terræn. Måske skal man kun prøve at nedsive i sommerhalvåret hvor behovet er størst, da vi jo ved at det er her at der kommer de største og mest intensive regnhændelser.

Men der er selvfølgelig også mange usikkerheder ved at benytte MOUSE simuleringer, man skal gøre sig en masse antagelser, bl.a. omkring hydrologien hvor der stadig er behov for at indsamle mere viden/data.

På baggrund af MOUSE simuleringerne er der to måder man kan nedsiver kontrolleret på:
Man kan vælge at ikke nedsive så meget eller man kan kombinere LAR med LAG, et nyt begreb – Lokal Afledning af Grundvand, som vil forsinke vandet på vej til kloakken.

Konklusionen er at under alle omstændigheder vil grundvandet stige pga. klimaforandringerne(mere regn) og ved ekstrem nedsivning vil grundvandet stige yderligere.

Mange fordele?
LAR metoder kan være et godt og spændende alternativ til vores kloaksystem. Det kan sikre at vi får en bedre vandkvalitet eksempelvis ved Kalveboderne(Harrestrup å). Det har også nogle energimæssige og driftmæssige fordele. Det hele lyder jo som ren fordel, men det er det ikke!

Når vi laver forslag til nye løsninger, kommer der også nogle nye udfordringer. En udfordring kan f.eks. være forsumpning(Jan Jeppesen) en anden kan være omkring vandets kvalitet. Hvordan sikre vi os vandets kvalitet vha. LAR elementer? Tilfredsstillende kvalitet til grundvandet eller eksponering til borgerne(blå by)? det handler derfor om at ligge en god strategi, hvis den gode vandkvalitet skal opretholdes. Hvad er behovet for rensning og hvad er det for nogle muligheder vi har?

Vores undersøgelse af rensningspotentialet i Danmark er baseret på følgende: En kildekarakterisering af Danske målinger og estimeringer af opsamlingskvalitet sammenlignet med nogle gældende kvalitets kriterier og nogle fortyndingsforhold. Sammenlagt giver dette en indikation om hvor meget skal der til, for at få den kvalitet vi har nu, til at overholde kriterierne.
Vi ved ikke meget om hydrologi og vi ved heller ikke meget om forureningsgraden i København.
Der er meget stor lokal variation og man kan derfor ikke sige noget generelt om jordbundsforholdene og dens forureningsgrad i København. Det bedste ville være at afsætte folk på området til at lave geologiske undersøgelser, men hvem vil skyde penge efter det?

EU direktiv
I EU´s direktiv til nedsivning af regnvand, er der virkelig skrappe krav. Så skrappe at de er meget vanskelige at overholde - forudsat at vores estimater er rigtige, men det er det bedste vi har. Det viser også bare vigtigheden af, i relation til LAR, at der bliver foretaget nogle nationale målinger. Måske skal man ind og slække lidt på nogle af disse EU krav.

Hvis vi kun kigger på tungmetallerne, og holder tallene op mod kriterierne – kobber, bly, zink. Kalium. Viser behovet for rensning, med vores antagelser og målinger, at hvis vi f.eks. vil lede noget vejvand til Harrestrup å, skal vi fjerne 90% af kalium, 95% af kobber (også en del bly). Og dette er kun for tungmetallerne, så er der også PAH stoffer, pesticider og andre miljøfremmende stoffer, som de mest bekymrende.

LAR elementerne
Af LAR løsninger er der grønne tage, faskiner, overfladenære infiltration som wadi og større opmagasinerings bassiner. Grønne tage er ikke så vigtige hvad angår forureningsmæssige sammenhæng, da vandet ikke skal filtreres ned gennem jorden. Faskiner er tilsyneladende gode til at rense, men der eksisterer vis usikkerhed om hvordan man tjekker det filtrerede vands kvalitet.
Vi anbefaler derimod de overfladenære løsninger som wadi, da muligheden for at kontrollere kvaliteten er nemmere. Det er tilgængeligt at montere og udskifte jorden, hvis ikke den opretholder kravene.

Der eksisterer en del undersøgelser af wadis i Tyskland med positive resultater, men man kan ikke overføre eksemplerne til Danmark, da der er så stor lokal variation i jorden. I Tyskland er der retningslinjer for hvordan jorden (hydrauliske forhold) under LAR skal se ud. Man har endnu ikke nogen retningslinjer i Danmark, men det kunne være man skulle have det i fremtiden.

Herbert Dreiseitl– Working with a living subject

Landskabs Arkitekt og udvikler af vand i byen – Tyskland, Ulm.

Water has a unique structure; it has the most fantastic and most brilliant substance in a very organized form. We work with a living structure that changes the earth and the landscape. And when we are gone water is still there. Water is the landscape architect of this land "Denmark". And all major big cities are somehow in connection with the water. Copenhagen is connected with the water - the founding is always water connected. Water management has a very strong historical link to the cities and the urbanism.

Today more and more people live in cities therefore we have to come up with sustainable solutions. We have two important factors - Space and time:

- How do we manage water in relation to time? Fast enough… slow enough… flow and time…

- How do we utilize spaces in dense cities in a smart way?

In urban regions like in Europe water infiltrates, runoffs and evaporates into the atmosphere. Rainwater has a big effect on the climate and on the temperature. Our urban land is totally transformed by human, but we still have big influence. The strategic plan has always been to get rid of the water in urban dense cities - first to get control of it and then to get it away. That is the basic attitude for architectures and engineers today. We are afraid of the water that is how we are educated - It is not to be ignored, it is a very important factor. But we have to change our perspective of water - what to bring in? What to bring out? What are the qualities? What are we losing? (11:30)

We need good solutions and a lot can be done. Even single buildings in the city headquarter centers like in Berlin, Potzdamer platz. We can collect the rainwater under the buildings (on pillars) and store it, clean it. Then release it to have an overflow into the city in controlled labyrinth systems and parks etc. to showcase the beauty of the water - every drop of water can be used. The vision in the long term is not to release all the rainwater into the combined sewer system where we suddenly on extreme rain events have a lot of water which causes overflow. And we literally have "shit" running around our cities - that is our modern system – we have to do something a lot smarter than this…

For instance we can use the rainwater to cool down the building in cooling systems under the building, Mclaren – Germany. We don´t have to use energy on cooling down buildings. It's interesting that such companies become green and more and more similar companies want to be green. Maybe they feel bad about what they produce - it's fascinating "hopefully they will make better cars in the future"

We had a project in China, city?, where we changes polluted rivers to natural water parks that treats the water. It's interesting how people suddenly interact with the water and out of the blue you see people come out of their houses close by and from far away – it's just full of people who get close to the water and interact with each other. I think it is important not just to look at it from an engineering or architectural point of view, but also to look at the emotional aspect of how people relate to the water – how do people engage in the long term when they have natural waterparks close by? Considering they had nothing before they gradually feel a relation to the area and will take care of it. They have to feel ownership about their surroundings.
People play an enormous factor.

Herbert Dreiseitl– Working with a living subject fortsat

Singapore is an artificial island with loads of people, about 5.7 mil. They have an enormous demand of water as any big city has. Every afternoon they have tropical rain storms. But Singapore does not have enough of water and the reason is that they get rid of the rain water through enormous open sewer systems and out and into the ocean. Singapore needs 40% of the drinking water by a pipeline from Malaysia which is treated over there at their neighbors…. how stupid!

It's not very different from what we do in Europe, we can afford to get rid of the rainwater from the urban areas, which gets polluted, to the surrounded landscape and basically get it treated there and send return as clean water.

Antje Backhaus – Values and design

2BG landscape management – Diplom.ing og landscape management

Opsamling på seminaret:

Vi kan roligt gå igang med at afkoble.

• De første mange hektarer befæstet areal påvirker ikke grundvandsspejlet kritisk. Start med de lettelste – f.eks. Skoler

• Lær af erfaringer i en trinvis implementeringsstrategi

• Vi kan anvise LAR-metoder, der giver en fornuftig vandkvalitet

• Vi har masser af forslag til hvordan løsningerne kan tænkes sammen
Samtidig med at vi øver os skal vi arbejde med følgende:

• Økonomi – erfaringstal for anlæg og drift skal indhentes

• Regulering/information/involvering – hele feltet skal udvikles

• Indhente yderligere data (pejledata, vandets kvalitet m.v.)

• Diskutere hvad vi gør med de få kritiske stoffer

• Diskutere muligheder for at kombinere regnvandshåndtering med dræning.

REFERENCEPROJEKT

Toronto: Vandhåndtering

Baggrund

Formålet med dette reference projekt fra Toronto er, at belyse hvilke reelle vandhåndterings egenskaber et grønt tag besidder. Hvad kan et praktisk forsøg give af erfaringer og ikke mindst af faktuel data? Hvor mange mm regn kan et grønt tag præcist absorbere og tilbageholde ved en given nedbørsmængde?

Befæstede arealer i Toronto

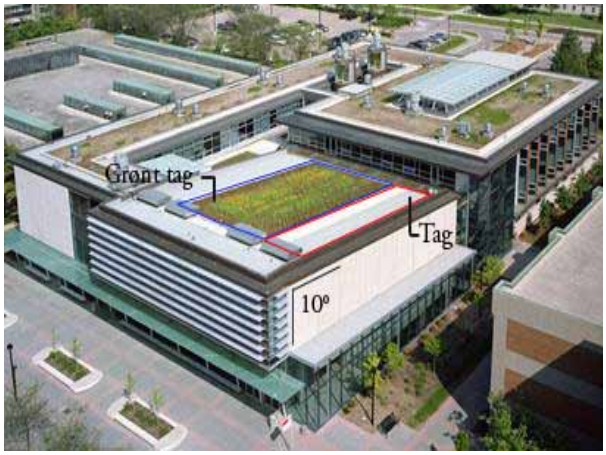
Canada er et af de steder i verden, hvor man har forsket relativt meget i effektiviteten og mulighederne ved grønne tage. Da Toronto ligger på nogenlunde samme breddegrader som Nordeuropa, står de overfor mange af de samme klimaudfordringer, såsom større og kraftigere regnperioder i vinterhalvåret. Byen har de senere år mistet mange af deres naturlige arealer grundet byudvikling med større vægt på befæstning frem for grønne områder. Dette har resulteret i, at Toronto i dag består af 80 % befæstede arealer i forhold til naturlige arealer, hvor forholdet tidligere var 70:30.

I en fortættet by kan det ofte være svært at implementere grønne områder mellem bygningerne. 30-35 % af byens totale areal er dækket af tage, og derfor er mulighederne gode for at indføre grønne tage for derved at genskabe et bedre forhold mellem de befæstede og naturlige arealer.

Sted

I led med Remedial Action Plan Area of Concern udvalgte en forskergruppe en bygning i Toronto, York University Science Center, som lokalitet til målinger af kvantitative og kvalitative prøver af regnvandet fra grønne tage. Hovedformålene var at eftervise effektiviteten og kapaciteten i forhold til afledningen og forsinkelsen af nedbør.

Ved siden af det grønne tag(garden) på 241 m2, lavede man ligeledes målinger på det eksisterende tag(control) på 131 m2, som reference til senere sammenligninger. Hældninger på taget var 10° og målingerne blev foretagets fra april 2003 til december 2003. Vækstmediet på det grønne tag var 140 mm og må i denne sammenhæng betragtes som et ekstensivt tag .



De to målingsområder på York University Science Center

Målingsresultater

Resultaterne fra perioden mellem april og december 2003 viste, at det grønne tag i gennemsnit kunne reducere afløbsmængden(volumen pr. areal) med ca. 55 %.

Over hele perioden var vandmængden fra hhv. referencetaget 675,8 L/m2 og fra det grønne tag 304,8 L/m2.

Målingerne viste samtidigt, at evnen til at opmagasinere vand på det grønne tag var sæsonafhængig: i forår- og sommermånederne kunne det grønne tag reducere afløbsmængden med 76 % og kun ca. halvt så meget i efterår og vinter månederne med 37 %. Dette skyldes bl.a. faldende temperaturer og deraf færre planter i vegetationslaget, mindre fordampning og højere fugtindhold i vækstmediet. I perioden fra maj til august var vandmængden fra referencetaget således 309,6 L/m2 og fra det grønne tag 75,4 L/m2, mens den i perioden fra september til november var 366,2 L/m2 fra referencetaget og 266,2 L/m2 fra det grønne tag.

Det grønne tags procentvise præstationsevne var, logisk nok, omvendt proportional med de øgede nedbørsmængder grundet stigende vandmætning i vækstmediet(jordbunden). I disse målinger opdelte man regnen i 4 forskellige grupper efter mængde: 10-19mm, 20-29mm, 30-39mm, samt over 40mm. Resultatet var, at taget kunne tilbageholde hastigheden(mængden pr. tid) med henholdsvis 85 %, 82 %, 68 %, og 46 % .

• Ved 10-19 mm nedbør: det grønne tags gennemsnitshastighed på 22.76 L/min dvs. 0.095 L/min/m2og referencetaget 70.44 L/min dvs. 0.538 L/min/m2.

• Ved 20-29 mm nedbør: grønne tags gennemsnitshastighed på 39.17 L/min dvs. 0.163 L/min/m2og referencetaget 127,17 L/min dvs. 0.97 L/min/m2.

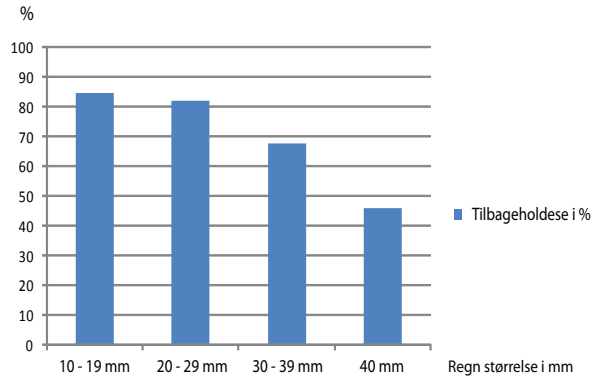
• Ved 30-39 mm nedbør: grønne tags gennemsnitshastighed på 19.46 L/min dvs. 0.08 L/min/m2og referencetaget 33,12 L/min dvs. 0.25 L/min/m2.

• >40 mm nedbør: grønne tags gennemsnitshastighed på 122.812 L/min dvs. 0.51 L/min/m2og referencetaget 124,044 L/min dvs. 0.95 L/min/m2.

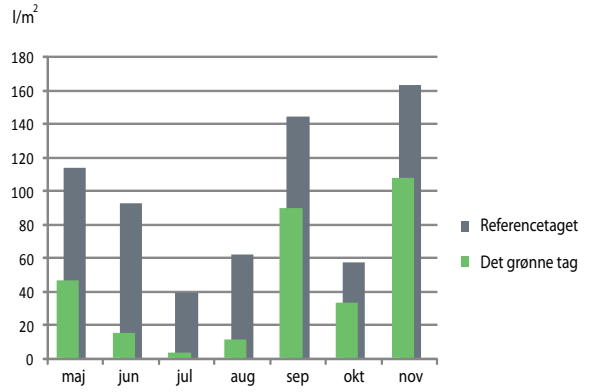
Opsummering

Undersøgelsen indikerer at grønne tage kan virke som en aktiv metode til at håndtere regnmængder i forhold til et konventionelt tag. Især i sommerperioden virker det grønne tag effektivt, mens virkningen aftager hen imod vinterhalvåret - forskellen er dog stadig betydelig om vinteren. Øgede regnmængder, fugtindhold i vækstmediet og hyppigere regn betyder at det grønne tag gradvist forringer sin evne til at håndtere vand, men uden dog at miste sine egenskaber fuldstændigt.

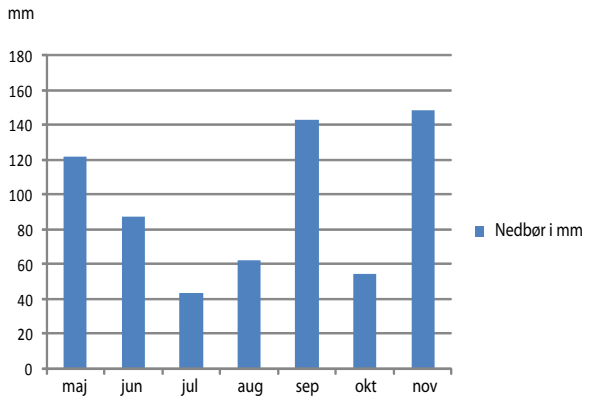
Kllde:
Glenn MacMillan, 2004. "YORK UNIVERSITY ROOFTOP GARDEN STORMWATER QUANTITY AND QUALITY PERFORMANCE MONITORING REPORT"



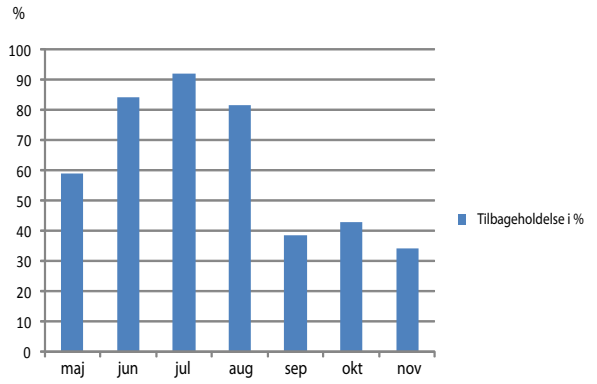
Diagrammet viser en tendens til at det grønne tag gradvist mister evnen til at håndtere regnmængder jo større nedbøren er.



Diagrammet viser forskellen i afløbsmængden mellem det grønne tag og referencetaget



Diagrammet viser nedbørs fordelingen over alle månederne



Diagrammet den procentmæssige tilbageholdes fordelt over månederne

Diagrammer fra Rapporten (Glenn MacMillan, 2004)

			Peak Flow					
			(L/min)		L/m^2			
Date	Range	Rainfall (mm)	Control	Garden	Control	Garden	Difference (L/m)^2	Peak Flow Reduction (%)
5-May-03	10-19mm	10.8	3.472	0.600	0.027	0.002	-0.024	-90.6
5-May-03		13.8	30.800	7.400	0.235	0.031	-0.204	-86.9
20-May-03		12.2	14.100	0.921	0.108	0.004	-0.104	-96.4
4-Jun-03		13.2	6.500	0.600	0.050	0.002	-0.047	-95.0
13-Jun-03		17.6	60.228	6.435	0.460	0.027	-0.433	-94.2
15-Jul-03		11.6	136.275	7.571	1.040	0.031	-1.009	-97.0
22-Jul-03		11.2	111.670	5.300	0.852	0.022	-0.830	-97.4
10-Aug-03		10.6	195.706	14.385	1.494	0.060	-1.434	-96.0
11-Aug-03		10.6	199.870	187.756	1.526	0.779	-0.747	-48.9
14-Oct-03		15.7	94.771	29.080	0.723	0.121	-0.603	-83.3
26-Oct-03		15	9.914	5.246	0.076	0.022	-0.054	-71.2
2-Nov-03		18.4	26.846	8.574	0.205	0.036	-0.169	-82.6
12-Nov-03		15.6	42.457	19.143	0.324	0.079	-0.245	-75.5
19-Nov-03		14.6	53.541	25.718	0.409	0.107	-0.302	-73.9
Average							-0.443	-84.9
8-Jun-03	20-29mm	21.6	39.857	2.604	0.304	0.011	-0.293	-96.4
29-Jun-03		26.4	196.365	76.954	1.499	0.319	-1.180	-78.7
2-Aug-03		24.4	220.247	42.837	1.681	0.178	-1.504	-89.4
3-Nov-03		22	52.203	34.288	0.398	0.142	-0.256	-64.3
Average							-0.808	-82.2
16-May-03	30-39mm	30.6	32.176	14.385	0.246	0.060	-0.186	-75.7
23-May-03		33.6	34.069	24.605	0.260	0.102	-0.158	-60.7
Average							-0.172	-68.2
27-Sep-03	≥40mm	41.6	124.044	122.812	0.947	0.510	-0.437	-46.2

		Total Rainfall (mm)	Rainfall Volume (L)		Runoff Volume (L)		Runoff L/m^2		% Diff. Rainfall Volume vs. Runoff Volume		% Diff. Garden vs. Control Runoff (L/m^2)
	Month		Garden	Control	Garden	Control	Garden	Control	Garden	Control	
Spring / Summer	May	121.8	29353.8	15590.4	11202.1	14933.7	46.5	114	61.8	4.2	59.2
	June	87.8	21159.8	11238.4	3489	12175.1	14.5	92.9	83.5	-8.3	84.4
	July	44.2	10652.2	5657.6	749.3	5263.2	3.1	40.2	93.0	7.0	92.3
	August	62.6	15086.6	8127.4	2711.9	8192	11.3	62.5	82.0	-0.8	81.9
	Total	316.4	76252.4	40613.8	18152.3	40564	75.4	309.6	76.2	0.1	75.6
Fall	September	143.6	34607.6	18811.6	21435.6	18977.3	88.9	144.9	38.1	-0.9	38.6
	October	55	13255	7205	7950.5	7567.9	33	57.8	40.0	-5.0	42.9
	November	148.8	35860.8	19492.8	25906.5	21414.9	107.5	163.5	27.8	-9.9	34.3
	Total	347.4	83723.4	45509.4	55292.6	47960.1	229.4	366.2	34.0	-5.4	37.4
	Total	663.8	159975.8	86123.2	73444.9	88524.1	304.8	675.8	54.1	-2.8	54.9

REFERENCEPROJEKT

Portland: Vækstmediets rolle

Baggrund

Intentionen med studiet af Portland-projektet er at fremhæve, hvor stor betydning vækstmediet på et grønt tag har under mere ekstreme klimaforhold såsom længerevarende tørkeperioder og kraftfulde nedbørsmængder. Klimaforhold der ligner dem, som vi i Danmark nok går i møde.

Projektets grundlag

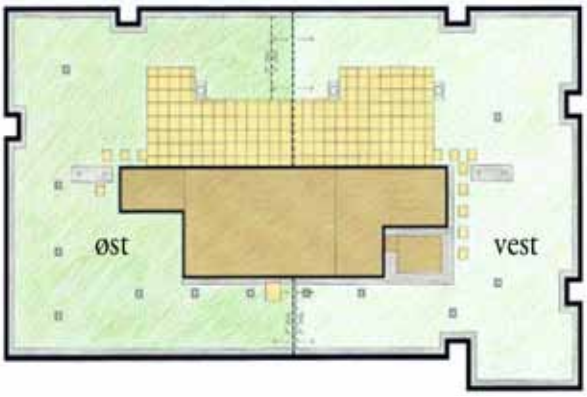
Portland er en by på godt ½ mio. indbyggere og er placeret i staten Oregon, nord for Californien. Som i så mange andre amerikanske byer har man befæstet flere og større arealer op gennem industrialiseringen. Disse befæstede arealer tager form i bygninger, veje, parkeringspladser mm. Tagene udgør alene 40 % af det samlede areal i Portland, hvilket gav de ansvarlige for kloak og infrastruktur i Portland, Bureau of Environmental Services(BES) god grund til at undersøge potentialerne for implementering af grønne tage.

I tråd med IPCC's første rapporter om kommende klimaforandringer i starten af 90'erne, blev det vedtaget for BES i Portland, at den vigtigste prioritet var at afsøge og finde nye alternativer til det gamle overbelastede kloaksystem. Byudviklingen var stadigt voksende, og med udsigt til muligt stigende nedbør var man bekymret for borgernes helbred og det naturlige miljø. I Europa havde man på daværende tidspunkt allerede gode erfaringer med grønne tage og deres muligheder, men spørgsmålet var, om disse grønne tage også kunne fungere under Portlands klimatiske forhold.

Portlands ekstreme klimaforhold

Portland ligger placeret langs kysten i den nordvestlige del af USA. De klimatiske forhold i Portland er karakteriseret ved regnfulde vintre med minimale sne-perioder og lange tørre somre, som starter i juni og slutter i september. Det er ikke usædvanligt, at der er perioder på mellem 30 og 60 dage uden nedbør. Gennemsnitlig falder der 940 mm regn på årsbasis(ca. 750 i dk) hvoraf kun 80 mm falder i sommerperioden. Gennemsnittemperaturen er mellem 210 - 320C i sommer perioden og ca. 00 om vinteren.

Grundet de svære klimatiske forhold var det essentielt for BES at undersøge effektiviteten af de grønne tage under disse omstændigheder. Efter en prøve på en mindre skala model, udvalgte man i 1999 et 10-etagers boligbyggeri som forsøgs model. Se billedet nedenfor:



Bygningen hvor de to ekstensive tage blev installeret

Motiv for undersøgelsen

Forsøget gik ud på at undersøge effektivitetsniveauet for tilbageholdelse af regnvand ved to forskellige jorddybder samt overlevelsesmulighederne for grønne tage under tørkeperioder. På østsiden af taget placerede man et ekstensivt tagsystem(A) med en vækstmedie på 60 mm og på vestsiden

ligeledes et ekstensivt tagsystem(B) med et dybere vækstmedie på 110 mm tykkelse. Forsøget blev foretaget fra januar 2002 til april 2003.

Målingsresultater

Sommer

Resultaterne fra perioden Jan 2002 til april 2003 viste et tydeligt billede af de forskellige regnvandshåndterings potentialer ved forskellige dybder på vækstmediet. I sommerhalvåret (maj – oktober) hvor kun ca. 10% af den samlede årsnedbør falder, kunne tagsystem (A) tilbageholde ca. 78%, mens tagsystem (B) kunne tilbageholde 98%. Under de værste tørkeperioder med flere måneder uden regn, var man nødsaget til at vande tagene for at de ikke skulle tørre helt ud.

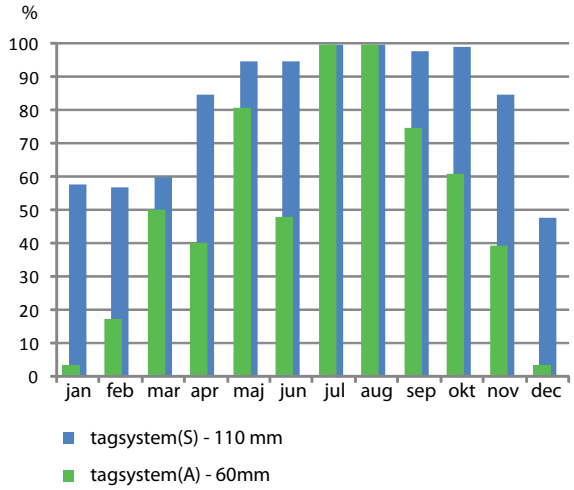
Vinter

I vinterhalvåret (november – april) kunne tagsystem (A) tilbageholde ca. 21%, og i nogle af de måneder med størst nedbør kunne tagsystem (A) ikke tilbageholde mere i forhold til et konventionelt tag. Tagsystem (B) kunne mere stabilt tilbageholde ca. 62% i vinterhalvåret.

Opsummering

Portland projektet giver en indikation af, hvor stor betydning dybden på vækstmediet har under mere ekstrem klimaforhold. Jo større dybde jo mere effektivitet og stabilitet. 60 mm i denne sammenhæng ville betragtes som værende ustabilt og utilstrækkeligt i forhold til at håndtere store regnmængder. Derimod anslås at 110 mm at have en mere konstant og fordelagtig dybde også under meget kraftig og hyppig nedbør.

Andre observationer viser at lange tørkeperioder kan øge vedligeholdelsen af det ekstensive tag.



Diagrammet viser den procentmæssige tilbageholdes fordelt over månederne for tagsystem(S) og tagsystem(A)

Kilde:

STORMWATER MONITORING TWO ECO-ROOFS IN PORTLAND, OREGON, USA

Doug Hutchinson, Peter Abrams, Ryan Retzlaff, Tom Liptan

City of Portland, Bureau of Environmental Services, 2005

REFERENCEPROJEKT

Toronto: Bygningers energiforbrug

Baggrund

Formålet med dette forgangseksempel fra Toronto, er at belyse hvilke termiske fordele der foreligger ved ekstensive tage i forhold til et konventionelt tag, samt hvilke forskelle i vækstmediet har af betydning for varmebehovet i en bygning gennem en hel sæson. Intensionen er at koble det mere formalistiske grundlag, som f.eks. Cowi's potentiale vurderinger for København, op mod nogle praktiske erfaringer som enten be- eller afkræfter antagelsen om at grønne tage kan virke som aktive isolatorer på bygningen.

Torontos forsknings grundlag

Med opland er Canadas største by Toronto, som huser 2.5 millioner indbyggere. Som flere andre storbyer i Nordamerika, har Toronto også udsigt til miljømæssige klimaudfordringer i fremtiden inklusiv forringet luft kvalitet, forøget varme-ø effekt og kommende nedbørsmængder med risiko for oversvømmelser. I den forbindelse har man i Toronto etableret et forum, National Research counsil Canada, som har til sigte at udveksle innovative ideer, informationer og vidensdele om miljømæssig bæredygtighed for byen i fremtiden. Målet er at skabe motivation og incitamenter for politisk vilje for at skærpe fokus og implementering af nye bæredygtige tiltag. En af de primære mål er at udforske de termiske og miljømæssige egenskaber ved intensive og ekstensive grønne tage i en urban kontekst.

Sted

Eksperimentet blev foretaget over en periode på 13 måneder fra maj 2002 til juni 2003, således at man kunne få udbytterigt data fra en hel sæson. Det grønne tag blev installeret på toppen af et gymnasium i et af Torontos mere industrielle kvarterer med tæt lav bebyggelse. Tagets 460 m2 blev opdelt i to sektioner, hvor to forskellige ekstensive tagsystemer blev installeret: Tagsystem-S på 70 mm vækstmedie og tagsystem-G på 100 mm vækstmedie. Til sammenligning, blev der gennem samme tidsperiode ligeledes foretaget målinger på et konventionelt reference tag i samme område.

Målingsresultater

Sommer

På en typisk varm sommerdag på ca. 300C steg maksimum temperaturen på oversiden af reference taget til 660C omkring kl. 14.00. De grønne tage reducerede den maksimale temperatur på den underliggende tagmembran og forsinkede samtidig tidspunktet for maksimal temperaturen. Det ekstensive S-system målte maksimalt 380C kl. 18.30 og det ekstensive G-system 360C kl. 19.30. Kort tid efter solopgang kl. 7.30 begyndte varmen fra solen stråler, at gå igennem det konventionelle reference tag og ind i bygningen. Maksimal Intensiteten på 15 W/m2 toppede omkring middag kl. 12 og faldt derefter drastisk og blev til et varmetab på 5 W/m2 fra kl. 18.00. De grønne tage reducerede varmegennemstrømningen for både varmetiltaget og varmetabet. Gennem de to tagsystemer toppede varmeintensiteten med 2.5 W/m2 for både varmetab og varmetiltag. Varmtiltaget indtræf kl. 14.00 og blev til varmetab ved midnat.
Temperaturen i det ekstensive S-system blev højere og steg hurtigere end det ekstensive G-system, samt at det ekstensive G-system sammenlagt havde et mindre varmetiltag- og tab.

Vinter

På en typisk vinterdag ville der ligge et snelag på <25 mm på alle tagene. Reference taget havde en konstant stabil temperatur på 00C, mens vækstmediet på de ekstensive tage var bundfrosne med en konstant stabilt temperatur på 10C. Alle tre tage havde et varmetab til omgivelserne gennem hele dagen. Reference taget tabte omkring 8-9 W/m2 konstant, mens de grønne tage begge havde et konstant tab på 6-8 w/m2. Mellem de to ekstensive tagsystemer var der ikke nogen signifikant forskel.

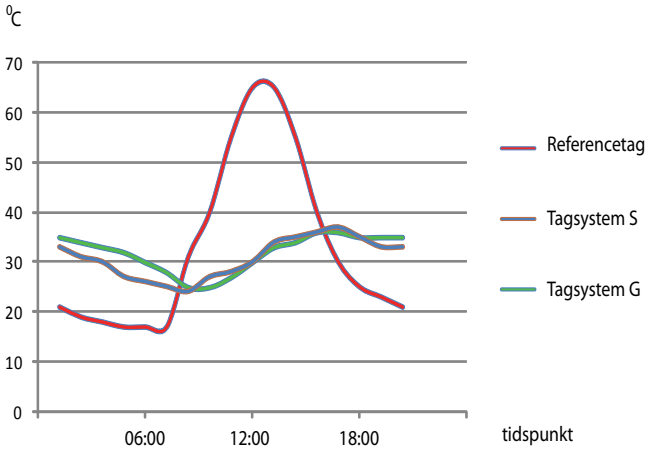
Opsummering

Set gennem hele året reducerede de ekstensive tagsystemer den gennemsnitlige varmeledning i forhold til det konventionelle tag. Om sommeren mellem 70 – 90 % og mindre om vinteren mellem 10 – 30 %. Den gennemsnitlige årlige reduktion i varmeledningen var på 57 %, hvilket sammenlagt giver et peg om at ekstensive grønne tagsystemer godt kan have en energieffektiv virkning på bygninger i forhold til konventionelle tage.

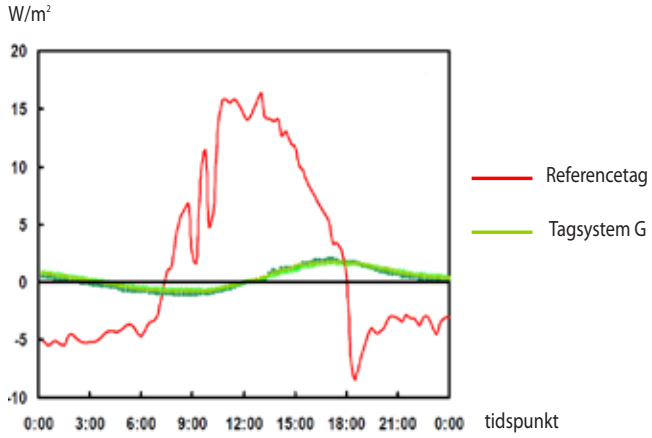
Forskellen på vækstmediet i de to ekstensive tagsystemer indikerer at jo dybere vækst medie jo bedre termiske evner. I forhold til det konventionelle reference tag, havde de ekstensive tagsystemer en minimal isolerings fordel om vinteren. I den sammenhæng var der ikke forskel på de to ekstensive tagsystemers termiske isoleringsevner – det kan skyldes den bundfrosne tilstand.

Sekundære observationer af tag membranens temperatur variationer indikerer, at grønne tage kan forlænge tagets levetid ved at reducere varmespids belastningen og forhindre solens ultraviolette stråling i at ramme taget og gøre fysisk skade.

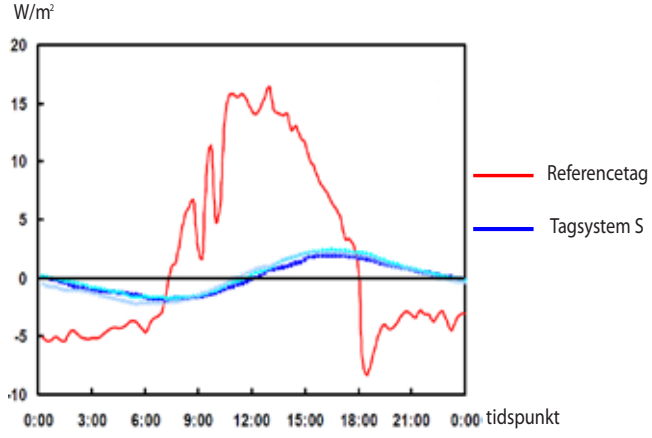
Kilde:
PERFORMANCE EVALUATION OF AN EXTENSIVE GREEN ROOF
Liu, K.; Minor, J. 2005



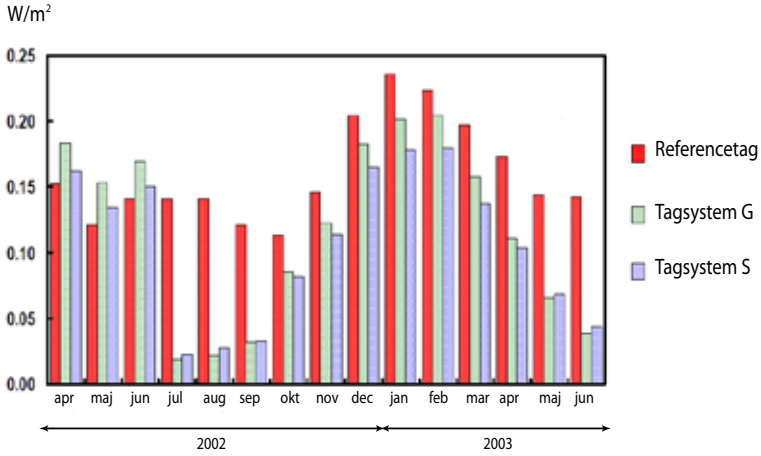
Sommer: Temperaturen på tagoversiden på de forskellige tagsystemer. Heraf ses at temperaturen på referencetaget er langt højere end to to øvrige ekstensive tage.
Illustration: Liu, K.; Minor, J.



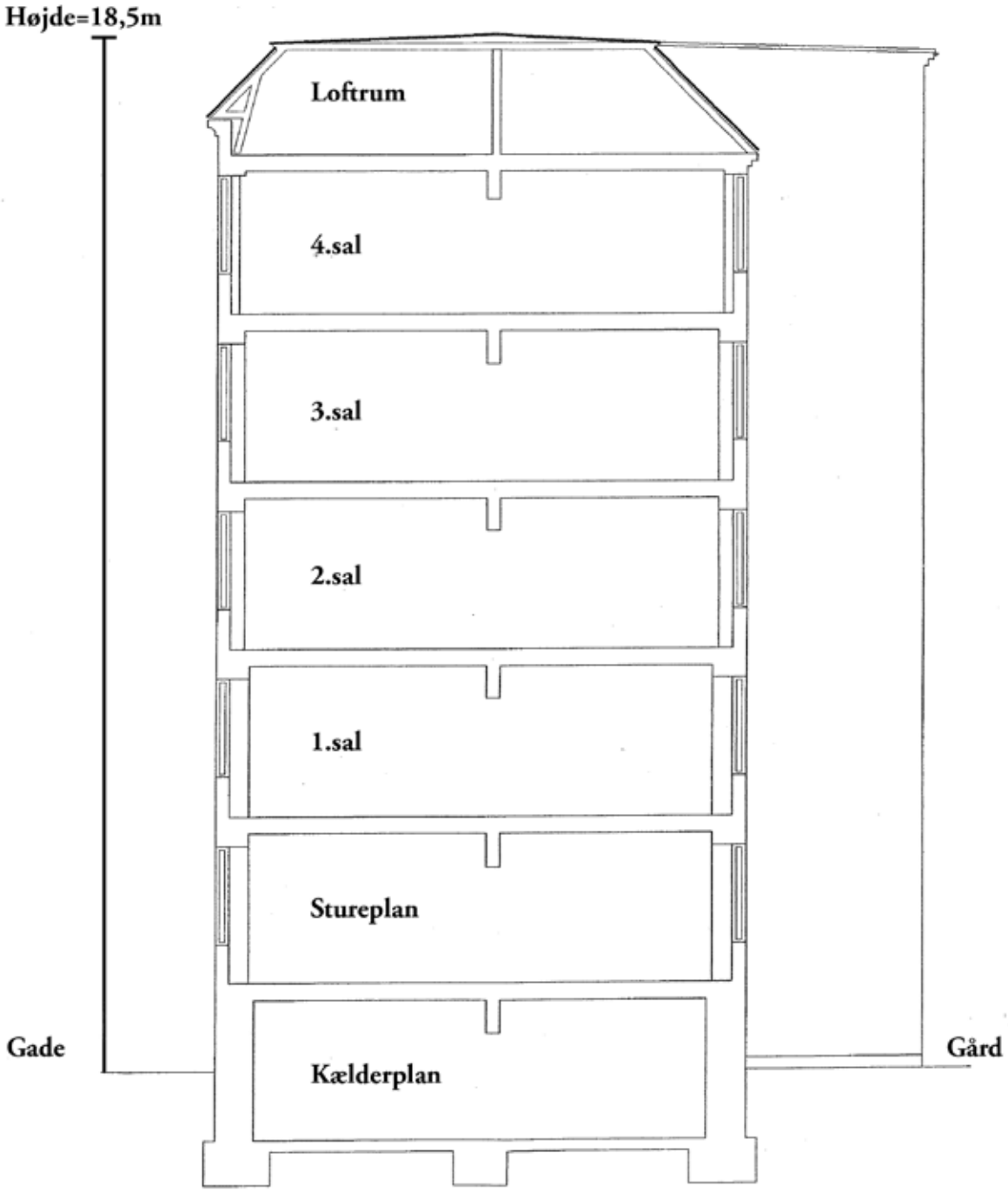
Sommer: Varmeflowet gennem taget på en typisk sommerdag. Heraf ses at flowet er meget mere stabilt på det ekstensive tag.
Illustration: Liu, K.; Minor, J.



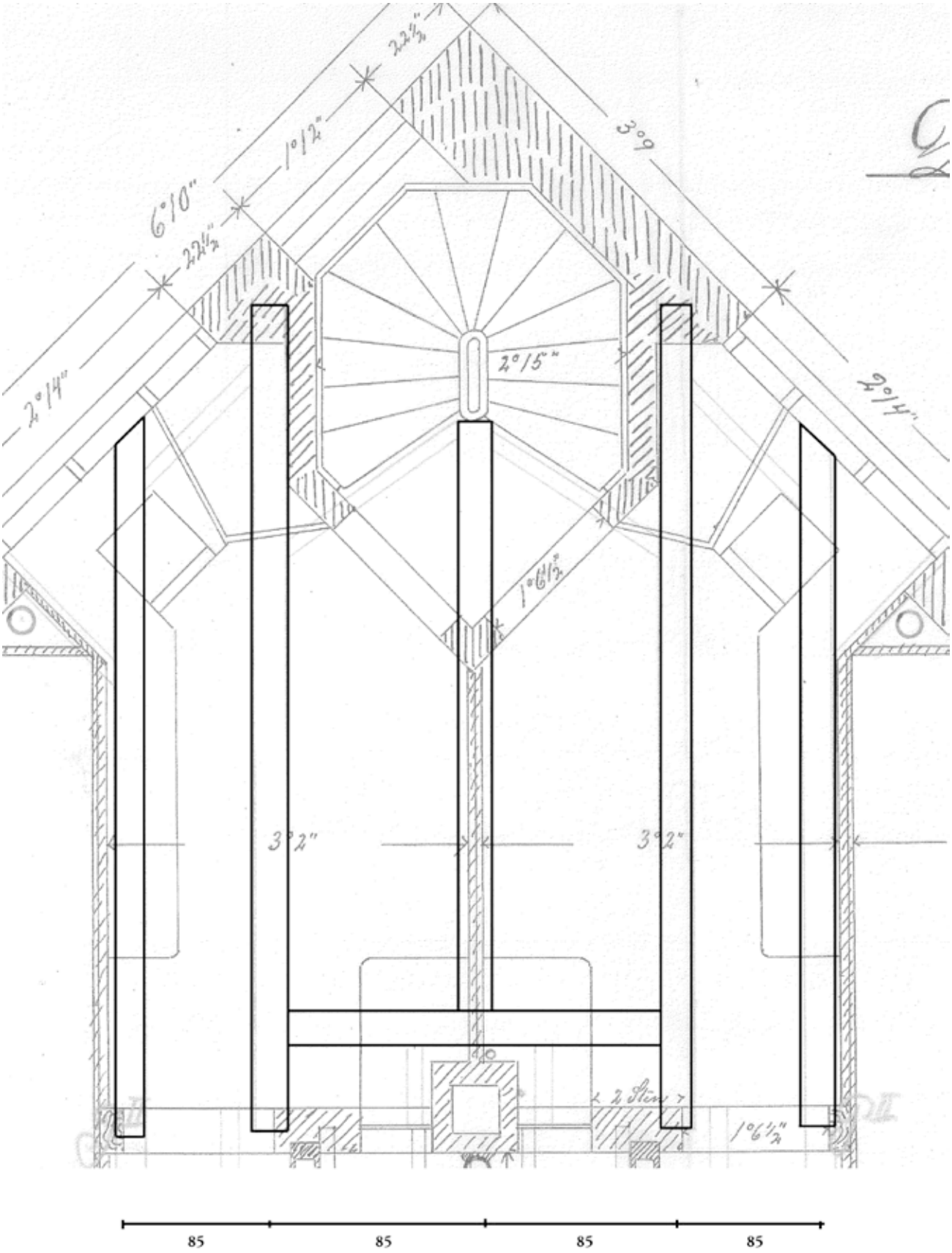
Sommer: Varmeflowet gennem taget på en typisk sommerdag. Heraf ses at flowet er meget mere stabilt på det ekstensive tag.
Illustration: Liu, K.; Minor, J.



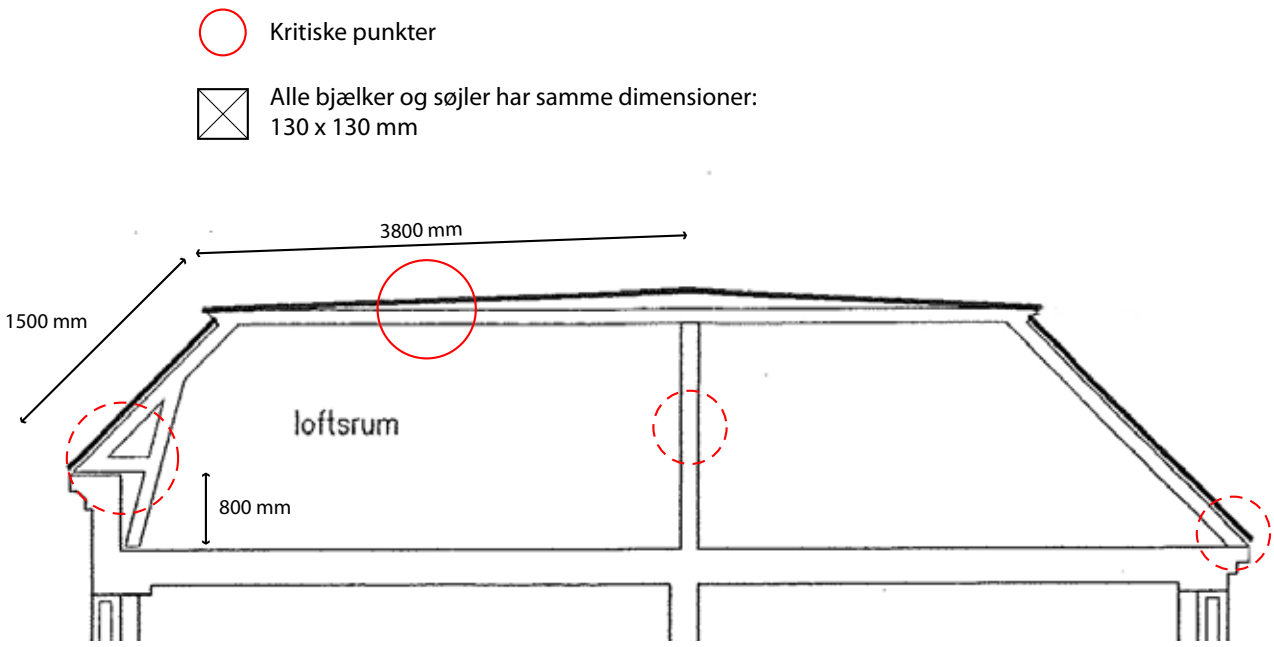
Hele året: Gennemsnitlige varmeflowet gennem hele året. Heraf ses at forskellen er størst i sommerperioden
Illustration: Liu, K.; Minor, J.



Tegning - 1.1 Snit, bygning(ikke målfast)



Tegning – 1.2 Plansnit, tag(ikke målfast)



Tegning – 1.3 Snit, tagkonstruktion

Baggrund

Formålet er at lave et overslag over bæreevnen for det eksisterende tag, for at undersøge muligheder for at pålægge ekstra vægt i form af grønne tage, uden at skulle understøtte taget yderligere. Hvor mange mm grønt tag kan der pålægges det eksisterende tag uden ekstra understøtning. Vi vælger kun at regne på den del af karreen, som vi ændrer på (dvs. taget i dette tilfælde), som også er den normale procedure i erhvervet. Det eksisterende tag, er det man kalder et klassisk Københavner tag. Ca. 30% af alle tage i København er af denne type.

Kilder

Beregninger udført i henhold til Dansk standards normer, DS409, DS 410, DS413 og teknisk ståbi (18.udgave).

Klassifikationer

Bygningens forskellige laster beregnes efter:

- Karakteristisk snelast jf. DS 410, s.79
- Karakteristisk vindlast terrænklasse 4 svarende til bymæssig bebyggelse
- Egenlaster i henhold til lastnormerne

Højde

5 etager af 3 m	= 15m
½ kælder af 3m	= 1,5m
Tagkonstruktion	= 2m
Bygningshøjde	= 18,5m

Tagets opbygning

Tagfladen overfører kræfter til træspærrene, som fører videre over dækket til den 6.etage. Træspærrene er understøttet af flere træk og trykstænger. (se evt. vedlagt tegning - 1.3)
Det eksisterende tag er et let tag og består af tagpap, krydsfiner, bræddebeklædning og spær.

Tagets egenvægt = 0,6 kN/m^2

Træspærrene

Er under normal sikkerhedsklasse og ved beregning af ældre bygninger benytter man K24 træ. Dimensionen 130mm x 130mm. Afstanden mellem spærrerne er målt til 0,85m(se evt. vedlagt tegning - 1.2), men af sikkerhedsmæssige årsager, sættes denne altid til 1m.

Ifølge teknisk ståbi K24:
130mm x 130mm:

Modstandsmoment: $W = (1/6) \times b \times h^2$

$W_{YZ} = (1/6) \times 130mm \times (130mm)^2$
$= 3,66 \times 105\ mm^3$

Inertimoment : $I = (1/12) \times b \times h^3$

$I_{YZ} = (1/12) \times 130mm \times (130mm)^3$
$= 2.38 \times 107\ mm^4$

Snelasten er den dimensionsgivende last - det betyder, at bøjningsstyrken skal bestemmes for en k-last ->
Regnemæssig bøjningsstyrke : $f_{m,d}$ = 13,2 MPa (7.2.1.2 ståbi)

Naturlaster vind og sne

Nyttelast er ikke medtaget da ophold på det eksisterende tag ikke er en mulighed.

Snelast:

Snelasten regnes som bunden variabel last. Lasten forudsættes at virke lodret og henføres til vandret projektion af tagarealet.

Sneophobning forekommer kun ved skårstenen og der hvor tagene mødes

Den karakteristiske snelast, s_{sne},- DS 410:

$$S_{sne} = c_i \times C_e \times C_t \times c_{års} \times s_{k,0}$$

Hvor:

c_i = Formfaktor for snelast afhængig af taghældning, (c_l)

C_e = Beliggenhedsfaktor, sættes på den sikre side til 1,0

C_t = Termisk faktor, sættes ved normal isolering på den sikre side til 1,0 da der ikke er isolering i det eksisterende tag

$c_{års}$ = Årstidsfaktor for sneens terrænværdi, sættes på den sikre side til 1,0

$s_{k,0}$ = Grundværdi for sneens terrænværdi, sættes til 0,9 kN/m^2

Formfaktoren c_l bestemmes ud fra taghældningen, og er lig 0,8, da taghældningen er mindre end 15° - [DS 410, s.81].

Minimal snelast på taget (uden sneophobning) bestemmes jf. formel (B.1) til:

$S_{min} = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,9 = 0,72$ Kn/m^2

Sneophobning forekommer kun ved skårstenen. Bjælker, der bliver påvirket af denne sneophobning, bliver ydermere kun påvirket af egenvægt fra den ene side dvs. 1/2*0,85. Der kan derfor regnes med to lasttilfælde:

1) Minimal snelast og maksimal lastopland.

2) Maksimal snelast og et halvt lastopland.

Sneophobning
Sneens formfaktorer er ved sneophobning:

$$C_i = c_l + c_s + c_n$$

Hvor:

c_l = Formfaktoren for snelast svarende til taget uden lægiver, c_l = 0,8

c_n = Formfaktoren for snelast forsaget af ned skridning.for taghældning < 15° sættes c_n = 0

c_s = Formfaktoren for sneophobning

c_s = $(y \times h) / s_{k,0} < 1.2$

Hvor:
y = Sneens specifikke tyngde i kN/m³ Fast sættes til y = 2 kN/m³ - [DS 410, s.86]

h = Højden på den lægivende del sættes til 0,25m

$s_{k,0}$ = Den karakteristiske terrænværdi sættes til 0,9 kN/m²

Det ses at uanset h´s størrelse bliver c_s større end 1.2
c_s= (2 kN/m³ x 0,25m)/ 0,9 kN/m²= 0,55

Da c_s er større end 1,2 sættes denne til 1,2.
Sneophobningsfaktoren er da:

C_i = 0,8 + 0,55 + 0 = 1,35

Maksimal Snelast(med sneophopning):
S_{max} = 1,35 × 1,0 × 1,0 × 1,0 × 0,9 Kn/m²

= 1.2 Kn/m²

Vindlaster
Den karakteristiske udvendige vindlast, Fw:

$$F_w = q_{max} \times c_{pe,10} \times A$$

Hvor:

q_{max} = Karakteristisk maksimal hastighedstryk N/m²

$c_{pe,10}$ = Formfaktor

A = Areal af den pågældende flade i m²

Basisvindhastigheden, v_b:

$$v_b = c_{års} \times v_{b,0}$$

Hvor:

$c_{års}$ = Årstidsfaktor for vindhastighed. cårs = 1 for permanente bygninger

$v_{b,0}$ = Grundværdi for basisvindhastigheden. $v_{b,0}$ = 24 m/s

v_b = 1 x 24 m/s = 24 m/s

Basishastighedstrykket, q_b:

$$q_b = 0{,}5 \times p \times v_b^2$$

Hvor:

p = Luftens densitet ved 10°C. p = 1,25 kg/m³

q_b = 0,5 × 1,25 kg/m³ x (24 m/s)² = 360 N/m²

Referencehøjden, ze:

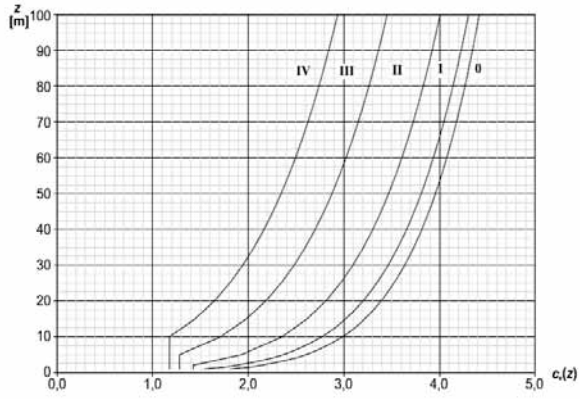
Referencehøjden, z, sættes til konstruktionens højde over terræn z_e = 18,5 m

Terrænkategori:

Idet der er tale om tæt bymæssig bebyggelse, anvendes terrænkategori IV.

z_0 = 1.0 z_{min} = 10

Exposure factor ,$c_e(z)$, kan aflæses til:



$c_e(z)$ = 1,6

Karakteristisk maksimalt hastighedstryk, q_p:

$$q_p = c_e(z) \times q_b$$

$$q_p = 1{,}6 \times 360\ N/m^2 = 576\ N/m^2$$

Vindtryk på overflader

Vindkraft på ydervægge, w_e:

$$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$$

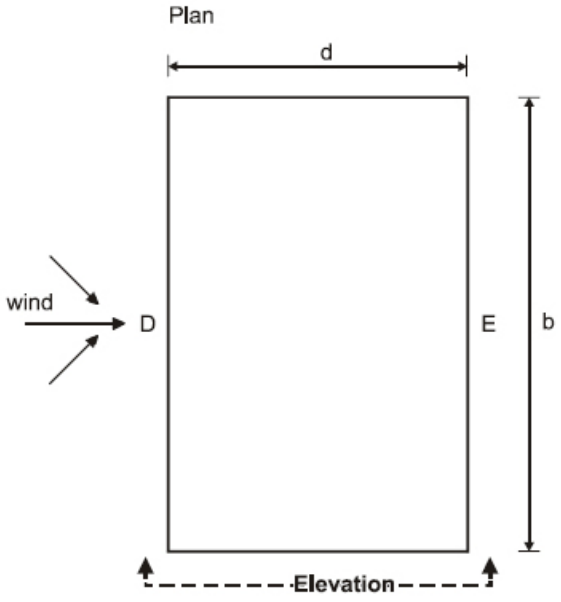
Hvor:

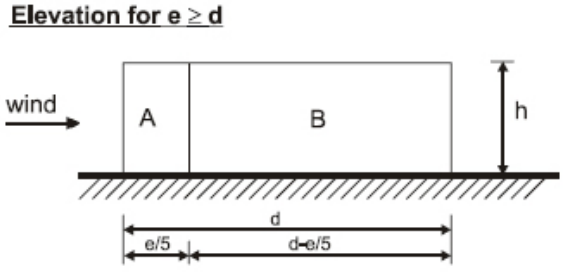
c_{pe} = ekstern tryk koefficient

Formfaktoren c_{pe}, er en faktor, der afhænger af konstruktionens geometri. Den skal både beregnes for ydervæggene samt for det vandrette tag – beregnes som fladt tag.

e = b eller 2h – den mindste er gældende

eksisterende bygning: h = 18,5m, b = 120m og d=10m



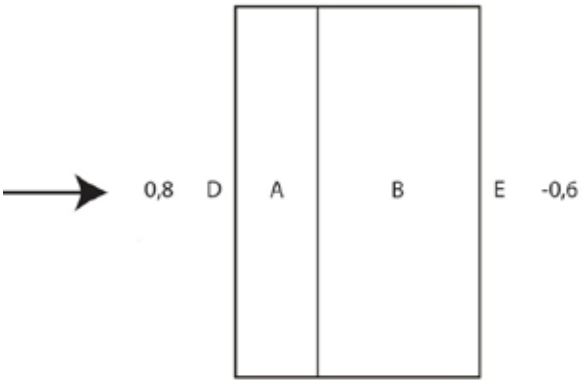


Vindtryk på overflader:

Zone	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

h/d => 18,5/10 = 1,85

Heraf ses at trykket er størst på D siden(vejsiden) vindretningen direkte på facaden.



På taget er der ikke et last bidrag fra vinden, pga. af sug. (A=-1,2, B = -0,8)
Maksimal vindlast g_{vind}:

D: 0.8 x 576 N/m2 = 460 N/m^2 => 0,5 kN/m^2

Bestemmelse af lasttilfælde på tagets flade areal

Det værste tilfælde er hvis der ikke er sug fra vinden på den vandrette tagflade (g_{vind} = 0 kN/m^2)
Den vandrette flade er derfor dimensionsgivende for taget.

Lasttilfælde: 1) Minimal snelast og maksimal lastopland.

Den regningsmæssige last iht. DS skal der ganges 1 på egenvægten og 1,5 på naturlasten.

Lastkombination: $q_d = 1{,}0 \times g_{tag} + 1{,}5 \times (g_{vind} + g_{sne,\,min})$

$q_d = 1{,}0 \times 0{,}6\ kN/m^2 + 1{,}5 \times (0\ kN/m^2 + 0{,}72\ kN/m^2) = 1{,}68\ kN/m^2$

Lasttilfælde: 2) Maksimal snelast og halvt lastopland.

$q_d = 1{,}0 \times 0{,}6\ kN/m^2 + 1{,}5 \times (0\ kN/m^2 + 1{,}2\ kN/m^2) = 2{,}4\ kN/m^2$

Linielast

$q_d = l \times q_d$

Hvor:

l = Afstanden mellem spærrene er 0,85m, men sættes altid til 1m.

Lastilfælde 1)	**= 1m x 1,68 kN/m^2 = 1,68 kN/m**
Lastilfælde 2)	= (1/2) x 1m x 2,4 kN/m^2 = 1,2 kN/m

Heraf ses at lasttilfælde 1) er den størst belastede og dermed dimensionsgivende.

Moment Ståbi 3.2.1:

$M_{max} = (1/8) \times q_d \times L^2$

Hvor:

L = længden på spærret (3,8m)

$M_{max} = (1/8) \times 1{,}68\ kN/m \times (3{,}8m)^2 = 3\ kNm$

Dimensionsgivende (spænding eller udbøjning?)

Spænding

$\sigma = (M_{max}/W_{YZ})$

$\sigma = 3$ kNm x 106/ 3,66 x 105mm^3 = 8,2 Mpa

$\sigma < f_{m,d}$ = 8,2 Mpa < 13,2 Mpa **ok!**

Udbøjning – Den øjeblikkelige deformation

Maksimal udbøjning for en simpelt understøttet bjælke Ståbi 3.2.1:

$U_{max} = (5/385) \times qL^4/EI$ for x = ½ l

q = = 1,1 kN/m^2 (den regnemæssige last for at være på sikre side)

Der påregnes ikke egenlasten, da der kun tages højde for den ekstra udbøjning, sne.

$E_{(0)}$=10,5 x 103 MPa iht. ståbien 7.2.2.1 for K24

U_{max} = (5/384) x 1,1 x 38004 / 10,5 x 103 x 2.38 x 107 = 12 mm

Maksimal udbøjning? Umax < L/200 for trækonstruktioner.

7,8mm < 3800/200 = 12mm < 19mm **ok!**

Frigivende laster:

Frigivende last: **Spænding**

$\sigma = (M_{max}/W_{YZ}) = M_{max} = \sigma \times W_{YZ}$

M_{max} = 13,2 Mpa x 3,66 x 105mm^3 = 4,83 kNm

$M_{max} = (1/8) \times q_d \times L^2 = q_d = 8 \times M_{max}/L^2$

q_d = 8 x 4,83 kNm / (3,8m)^2 = 2,68 kN/m^2

2,68 kN/m^2 – 1,68 kN/m^2 = **1,00 kN/m^2**

Frigivende last: **Udbøjning**

U_{max} = (5/384) x qL^4/EI for x = ½ l = q = 384 x E x i x U_{max}/ 5 x L^4
q = (384 x 10,5 x 103 x2,38 x 107 x 19)/(5 x 38004) = 1,74 Kn/m^2
1,74 Kn/m^2 – 1,1 Kn/m^2 = **0,64 Kn/m^2**

Heraf ses at udbøjningen har den mindste værdi, som derfor er dimensionsgivende for de frigivende laster.

10 n = 1 kg = 1 kN =100 kg dvs. med 0,64 kN/m^2 kan der maksimalt påsættes en vægtforøgelse:

64kg/m^2

Bilag 3.2: Kloakkens kapacitet, Asminderødgade

Formål

Vi er nød til at vide vandløbskapaciteten på de eksisterende rør under Asminderødgade, og hvor meget regnvand(vandløbsmængden) der kommer nu og i fremtiden, ud fra de dimensionsgivende regnintensiteter. Dette for at få et begreb om hvor mange procent der skal afledes på alternativ vis vha. byforgrønnelse, hvis man skal undgå den konventionelle løsning, som er udbygning og omdimensionering af kloakken.

Umiddelbart ville det være oplagt at regne på hele karreen, og hvor meget regnvand, der føres ned til kloakken derfra. Dette vil dog kræve omfattende data samt beregning, hvori planer for højdekvoter fra omegnen er nødvendige dvs. hele København, for at finde det nøjagtige bidrag fra det nærmeste opland. Ved at isolere en enkelt gade med de nærmeste bygninger fås en mere simpel beregning, som stadig kan være dimensionsgivende for den udvalgte karre.

Areal beregning

Det eksisterende udvalgte område til beregning af vandløbet ligger i bro kvarteret på Nørrebro mellem to klassiske karreer på Asminderødgade. Området består dels af to bebyggelser på 5 etager langs gaden, gård arealer med befæstet areal og ikke befæstet areal i form af græs, grus og bede. Området har følgende arealinddeling:

Samlet areal på udvalgte område er:

51m x 152m =	7752m^2 svarende til ca. 0,78 ha.	
Bebyggede areal (befæstet areal):	10 x (120m + 17m + 12m + 111m + 12m + 15m)	= 2870 m^2
Græs areal:	5 x (21m + 22m + 7m)	= 250 m^2
Grus:	5 x (4m x 4m)	= 80 m^2
Bede:	16 x (0,5m x 4m)	= 32 m^2
Gade/gårdareal (befæstet areal):	7752m^2 - 2870m^2 - 250m^2 – 80m^2 - 32m^2	= 4520 m^2
Samlet befæstet areal:	1-(250m^2+80m^2+32m^2)/(7752m^2)	= 95%

Andre nævneværdie arealer:

Befæstede gårdareal:	7m x 126m + 8m x 115m - 250 m^2	= 1552 m^2
Befæstet gadeareal:	4520 m^2 - 1552 m^2	= 2968 m^2
Parkeringsarealer på gaden:	6m x 30m x 4	= 720 m^2
Vertikalflader inkl. vindues+dørareal:	640m x 16,5 m	= 10560 m^2
Vertikalflader ekskl. vindues+dørareal:	640m x 16,5 m x 30%	= 7498 m^2

Beregning af vandløbskapaciteten på kloakledningen under Asminderødgade

Ved beregning af vandføringskapaciteten på Asminderødgade, opdeles området efter to strækninger:

Strækning 1: (X_1 – X_2) og Strækning 2: (X_2 – X_3).

Vandløbskapaciteten i det pågældende kloakrør under Asminderød gade beregnes ud fra følgende faktorer:

Hældning [‰], **Rørdimension** [mm] og **Rørtype** [faktor k]

Og bygger på formlen om vandføring (Spildevandskomiteen skrift 10, 1957):

V = 70 x R0,6 x I0,5

Hvor:
V = vandets hastighed
R = Ledningens hydrauliske radius
I = Vandspejlsfaldet

Til dette benyttes et skema, kaldet Colebrook, som udregner vandløbskapaciteten. De ubekendte er fundet på ledningsplanen over Asminderødgade tilsendt fra Københavns Kommune. (se illustration nederst til højre)

1) Hældning

Ledningsfaldet over den givne strækning er:

Strækning 1:(X_1-X_2): **10,9 ‰**
Strækning 2:(X_2-X_3): **10,8 ‰**

2) Rørdimension

Den indvendige rørdimension:

P 215 i ø 225

3) Rørtype

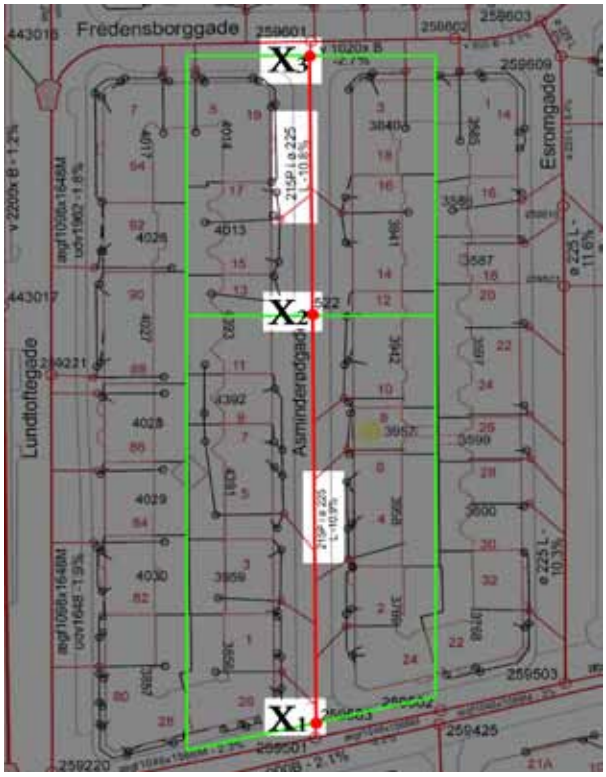
Rørtype er plast(P) i Asminrødgade

Ruhed k = 0,00025

(Vand og afløbs Ståbi, 2005)

Ledningsplan: De to strækninger på Asminderødgade markeret med grøn.

Nederst: strækning 1: (X_1 – X_2). Øverst: Strækning 2: (X_2 – X_3)



De tre faktorer indsættes i Colebrook skemaet, Vandløbskapaciteten på Asminderødgade er:

Strækning **1:(X_1-X_2) =53,1 l/s**
Strækning **2:(X_2-X_3) =52,9 l/s**

Udv. (nominel) diam. mm	Indv. diam. mm SDR 26 (PE100, PN6,3)	Indv. diam. mm SDR 17 (PE100, PN10)	Indv. diam. mm SDR 11 (PE100, PN16)	Fald ‰	Vandføring Q (l/s) SDR 26
110	101,6	96,8	90,0	**1000**	**72,3**
125	*115,4*	*110,2*	*102,2*	*10*	*9,8*
140	*129,2*	*123,4*	*114,6*	*10*	*13,2*
160	147,6	141,0	130,8	**10**	**18,8**
180	*166,2*	*158,6*	*147,2*	*10*	*25,7*
200	184,6	176,2	163,6	**10**	**34,0**
225	*215,0*	*198,2*	*184,0*	***10,9***	*53,1*
250	230,8	220,4	204,6	**10**	**61,3**
280	*258,6*	*246,8*	*229,2*	*10*	*82,7*

Fra **Colebrooks** skema: Strækning 1: (X_1 – X_2).

Udv. (nominel) diam. mm	Indv. diam. mm SDR 26 (PE100, PN6,3)	Indv. diam. mm SDR 17 (PE100, PN10)	Indv. diam. mm SDR 11 (PE100, PN16)	Fald ‰	Vandføring Q (l/s) SDR 26
110	101,6	96,8	90,0	**1000**	**72,3**
125	*115,4*	*110,2*	*102,2*	*10*	*9,8*
140	*129,2*	*123,4*	*114,6*	*10*	*13,2*
160	147,6	141,0	130,8	**10**	**18,8**
180	*166,2*	*158,6*	*147,2*	*10*	*25,7*
200	184,6	176,2	163,6	**10**	**34,0**
225	*215,0*	*198,2*	*184,0*	***10,8***	*52,9*
250	230,8	220,4	204,6	**10**	**61,3**
280	*258,6*	*246,8*	*229,2*	*10*	*82,7*

Fra **Colebrooks** skema: Strækning 2: (X_2 – X_3).

Beregning på eksisterende vandløbsmængde på Asminderødgade

Der anvendes kriterium for fælles fuldt løbende en gang hvert andet år.

Ifølge spildevandskomiteens skrift 29, er den dimensionsgivende regnintensitet: 140 l/s/ha, som svarer til en 2 års regnhændelse. Normalt regnes med regnskyl med en intensitet svarende til en varighed på 10 minutter.

Ved beregning kloakledningens eksisterende dimensionsgivende kapacitet, multipliceres det overliggende areal, som leder regnvandet til det nærmeste nedløb, X_1, X_2 eller X_3(jævnfør ledningsplan forige side) med afløbskoefficienten og den dimensionerende regn intensitet.

Eksisterende regnvandskapacitet =

$$(I_{dim}) \times (A) \times (C_p)$$

Hvor:

(I_{dim}) er den Dimensionsgivened intensitet
(A) er det afledende areal afløbskoefficient
(C_p) er afløbskoefficienten

Forskellige overflader har forskellige nedsivnings kapaciteter, afløbskoefficienter, hvilket giver en reduceret afledning til kloakledningen.

Oversigt over afløbskoefficienter C_p
(Vand og afløbs Ståbi, 2005)

Befæstede areal:	1,0
Tag areal:	1,0
Græsareal:	0,1
Grus:	0,6
Bede:	0,6

For at kunne finde de eksisterende og de fremtidige vandløbsforhold, skal vi først kende det samlede afledende areal for strækning: 1:(X_1 - X_2) og 2:(X_2 – X_3). Først findes arealfordelingen på de to strækninger:

Strækning 1:(X_1 - X_2):

Samlet areal for strækning 1:(X_1 - X_2):	7752 m² – (51m x 51m)	= 5151 m²
Arealfordeling:		
Græs:	5 x (21m + 22m)	= 215 m²
Grus:	3 x (4 m x 4 m)	= 48 m²
Bede:	11 x (0,5m x 4m) =	= 22 m²
Tag areal(befæstet):	10 x (17m + 15m + 90m + 80m)	= 2020 m²
Gade areal(befæstet):	5151 m² – 2020 m² – 22 m² – 48 m² – 215 m²	= 2848 m²

Strækning 2:(X_2 – X_3):

Samlet areal for strækning 2:(X_2 - X_3):	51m x 51m	= 2601 m²
Arealfordeling:		
Græs:	5m x 7m	= 35 m²
Grus:	2 x (4 m x 4 m)	= 32 m²
Bede:	5 x (0,5m x 4m)	= 10 m²
Tag areal(befæstet):	10 x (12m + 12m + 30m + 31m)	= 850 m²
Gade areal(befæstet):	2601 m² – 850 m² – 10 m² – 32 m² – 35 m²	= 1674 m²

Afløbsberegning:

Ud fra arealfordelingen kan vi finde befæstningsgraden:

1 - (215+48+22+35+32+10) / (5151+2601) **= 95 %**

Herved kan vi finde det afledende areal for de to strækninger.

Eksisterende vandløbsforhold

Strækning:

1:(X_1 - X_2):	(2848 m^2 x 1 + 2020 m^2 x 1 + 22 m^2 x 0,6 + 48 m^2 x 0,6 + 215 m^2 x 0,1)	=4931,5 m^2
2:(X_2 – X_3):	(1674 m^2 x 1 + 850 m^2 x 1 + 10 m^2 x 0,6 + 32 m^2 x 0,6 + 35 m^2 x 0,1)	=2552,7 m^2

Ifølge spildevandskomiteens (skrift 29) er den dimensionsgivende kapacitet 140 l/s/ha. Herved kan vi finde vandløbet for strækning **1:(X_1 - X_2):**

140l/s x (4931/1000) **= 69 l/s**

Den eksisterende kapacitet for strækningen 1:(X_1 - X_2) fandt vi til at være = **53,1 l/s**
dvs. på nuværende tidspunkt er den eksisterende rørledning på strækning 1:(X_1 - X_2) underdimensioneret.

Omregnes den eksisterende kapacitet på strækning 1:(X_1 - X_2) til regnintensistet fås:

53,1l/s / (4931/1000) =108 l/s/ha

2:(X_2 – X_3):

140l/s x (0,4931 + 0,2552) **= 105 l/s**

Den eksisterende kapacitet for strækningen 2:(X_2 – X_3) fandt vi til at være = 52,9 l/s
dvs. på nuværende tidspunkt er den eksisterende rørledning på strækning 2:(X_2 – X_3) også underdimensioneret.

Omregnes den eksisterende kapacitet på strækning 2:(X_2 – X_3) til regnintensistet fås:

52,9l/s / (4931+2552/1000) =71 l/s/ha

Fremtidens vandløbsforhold

Afskrift fra spildevandskomiteen skrift 29:

Der er gennem de senere år i Danmark gennemført en række forskellige undersøgelser med henblik på at skønne, hvilke fremtidige ekstreme regnintensiteter der kan forventes under indtryk af ændrede klimaforhold. Undersøgelserne er alle baseret på output fra regionale klimamodeller fra Danmarks Meteorologiske Institut, men såvel modellerne som metoderne til at bearbejde resultaterne har været forskellige.

Der er udført en række simuleringer med den regionale klimamodel HIRHAM4 med en spatial opløsning på ca. 12 x 12 km, hvor randbetingelserne er taget fra den globale klimamodel HadAM3H, og hvor output er gemt med en tidslig opløsning på 1 time.

Disse simuleringer vurderes at være det bedste grundlag for at skønne den fremtidige udvikling i ekstremregn i Danmark til brug for dimensionering af afløbssystemer. Samtidigt må det pointeres, at der er en væsentlig usikkerhed forbundet med en sådan simulering og at resultaterne skal benyttes med varsomhed. Simuleringerne er udført for en statusperiode (1961-90) og et fremtidsscenarie (2071-2100).

Fremtidsscenariet er baseret på IPCC's klimascenarie A2, der beskriver en høj-middel udledning af drivhusgasser i en heterogen verden med lav økonomisk integration, voksende befolkning og langsom teknologisk udvikling. På baggrund af forskellene mellem statusperiode og fremtidsscenarie kan beregnes en mest sandsynlig udvikling af ekstremregn over tid. Forholdet mellem den forventede fremtidige og den nuværende nedbørsintensitet benævnes en "klimafaktor". Klimafaktoren kan anvendes direkte i praktiske beregninger som beskrevet i Spildevandskomiteens Skrift nr. 27.

På det foreliggende grundlag kan konkluderes:

Det er ret sikkert, at Danmark vil opleve stigende nedbør generelt og at ekstreme nedbørssituationer i fremtiden vil være kraftigere end i dag. Samtidigt har økonomiske analyser af dimensioneringspraksis godtgjort, at det generelt kan betale sig at øge kapaciteten af afløbssystemet således at serviceniveauet overfor borgerne fastholdes. Det må derfor understreges, at selv om der er stor usikkerhed på resultatet af undersøgelsen er det sikkert at klimaændringer i ekstremregn i fremtiden vil få væsentlig betydning for funktionspraksis af nye og eksisterende afløbssystemer.

Klimafaktorer på 1,2, 1,3 og 1,4 for gentagelsesperioder på hhv. 2, 10 og 100 år vurderes på det foreliggende grundlag at være rimelige skøn i forhold til en planlægningshorisont på 100 år. Der er set bort fra klimafaktorens afhængigheden af varighed, da denne er vanskelig at håndtere i praksis og desuden vurderes mindre betydningsfuld end afhængigheden af gentagelsesperioden.

Matematisk udtrykkes klimafaktoren, k, på denne måde:

$$k_{T,d,\Delta t} = \frac{i_{T,d,t+\Delta t}}{i_{T,d,t}}$$

hvor

i = er den dimensionsgivende regnintensitet for gentagelsesperiode T og varighed d,

t = er nutid

Δt = er den periode scenarieusikkerheden omfatter

Klimafaktoren afhænger dermed som udgangspunkt af gentagelsesperioden, varigheden og Fremskrivningshorisonten.

Ifølge skrift 29:
Forslag til klimafaktorer ved dimensionering og analyse af afløbssystemer i henhold
til metoderne i Skrift 27 for en fremskrivningshorisont på 100 år.

	2 år	10 år	100 år
Klimafaktor	1,2	1,3	1,4

I casen benyttes faktoren 1,4 som ifølge spildevandskomiteen skrift 27 har et konfidensniveau på 97,5 %.

Dette svarer således til en dimensionerende regn på 140 l/s/ha x 1,4 = 196 l/s/ha

Fremtidens dimensionsgivende vandføring er da:

Strækning:
1:(X_1 - X_2): 69 l/s x 1,4 = **96,6 l/s**
2:(X_2 – X_3): 105 l/s x 1,4 =**147 l/s**

Omregning til regnintensitet:
147 l/s /(0,4931 + 0,2552)

= 196,45 l/s/ha

Dvs. at den dimensionsgivende vandføring til alternative vandhåndterings midler er:

Strækning:
1:(X_1 - X_2): 96,6 l/s – 53,1 l/s = 43,5 l/s
2:(X_2 – X_3): 147 l/s – 52,9 l/s = 94,1 l/s

=> 94,1 l/s / (0,4931 + 0,2552)
= 125,75 l/s/ha
=> 125,75 l/s/ha / 196,45 l/s/ha

= 64 %

Dette betyder samlet set, at 64% af al det nedbør der falder på karreen i fremtiden skal kunne afledes på anden vis(forgrønnelse) end ved konventionel metode(kloakken) ved en 2 års regnhændelse.

Den konventionelle løsning

Vi ved at den fremtidige vandføring i de to strækninger er:

Strækning:
1:(X_1 - X_2): 69 l/s x 1,4 = **96,6 l/s**
2:(X_2 – X_3): 105 l/s x 1,4 =**147 l/s**

Den konventionelle løsning vil kræve en udskiftning af de eksisterende rør til en indvendig dimension svarende til, ved indsættelse i Colebrooks skema:

Udv. (nominel) diam. mm	Indv. diam. mm SDR 26 (PE100, PN6,3)	Indv. diam. mm SDR 17 (PE100, PN10)	Indv. diam. mm SDR 11 (PE100, PN16)	Fald ‰	Vandføring Q (l/s) SDR 26
110	101,6	96,8	90,0	1000	72,3
125	115,4	110,2	102,2	10	9,8
140	129,2	125,4	114,6	10	13,2
160	147,6	141,0	130,8	10	18,8
180	166,2	158,6	147,2	10	25,7
200	184,6	176,2	163,6	10	34,0
225	215,0	198,2	184,0	10,8	52,9
250	230,8	220,4	204,6	10	61,3
280	270,0	246,8	229,2	10,9	96,8

Colebrooks: Strækning 1: (X_1 – X_2).

mm	SDR 26 (PE100, PN6,3)	SDR 17 (PE100, PN10)	SDR 11 (PE100, PN16)		SDR 26
110	101,6	96,8	90,0	1000	72,3
125	115,4	110,2	102,2	10	9,8
140	129,2	125,4	114,6	10	13,2
160	147,6	141,0	130,8	10	18,8
180	166,2	158,6	147,2	10	25,7
200	184,6	176,2	163,6	10	34,0
225	215,0	198,2	184,0	10,8	52,9
250	230,8	220,4	204,6	10	61,3
280	270,0	246,8	229,2	10,9	96,8
315	290,8	277,6	257,8	6	86,8
355	320,0	312,8	290,4	10,8	150,7
400	369,4	352,6	327,2	8	188,6

Colebrooks: Strækning 2: (X_2 – X_3).

Strækning:

1:(X_1 - X_2): fra ø 215 til ø **270**
2:(X_2 – X_3): fra ø 215 til ø **320**

I scenarie 1 bliver der ikke foretaget nogen konvertering af befæstet areal til grønt areal. Derfor er befæstningsandelen på karreen stadig **95%**.

Scenarie 2: Begrønning ud fra tagets bæreevne

Ifølge vores statiske beregninger kan det eksisterende tag bære ca. 64kg pr. m^2. Hvilket svarer til at vi kan benytte et ekstensivt tag af typen, se illustration til højre, fra ZINCO, Tyskland på ca. 100mm dybde. Hvilket også giver en god stabilitet. (Se evt. bilag 2.2 reference projekt om vækstmediets rolle)

Vi ved fra Københavns kommune LAR katalog om grønne tage og rapporten, Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto, at på årsbasis kan et ekstensivt tag tilbageholde ca. 50 % af regnen med 100 mm vækstemedie.(se skema nedenfor)

Et hurtigt hypotetisk regnestykke på tagets maksimale sugeevne, de 21 l/m^2, set i forhold til hvor meget regn der lander på taget ved den dimensionsgivende regnintensitet på 196 l/s/ha, viser, at det ekstensive tag sagtens kan absorbere al regnen.

2870 m^2 x 21 l/m^2 > 196 l/s/ha x 10 x 60 s x 0,28 ha

= 60270 l > 39928

Men dette er dog ikke så realistisk, da det ekstensive tag umuligt kan nå at absorbere den mængde vand over så kort en tidsperiode.

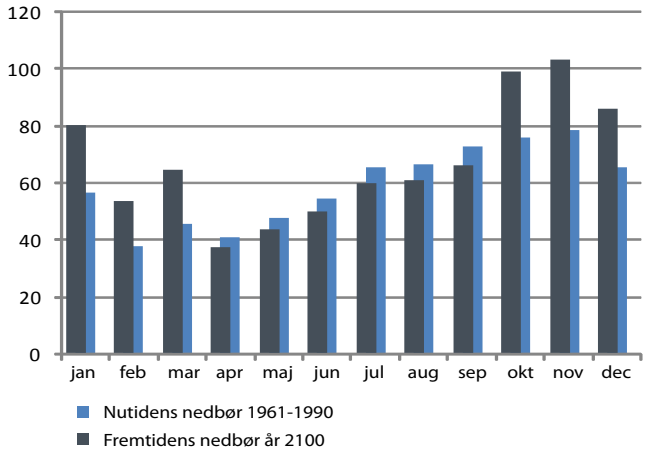
Beplantning	Tykkelse af vækstlag mm	Afløbskoefficient
Mos og stenurt	20 - 40	0,60
Mos, stenurt og andre mindre planter	60 - 100	0,50
Græs og mindre planter	150 - 200	0,40
Græsplæne og større planter / mindre træer	> 500 mm	0,10

Type of green roofs and vegetation	Depth required for growing medium (cm)	Water retention – annual average (% of total rainfall)
Extensive green roofs		
Moss-sedum	2 to 6	40 to 45 %
Sedum-moss-herbaceous plants	6 to 10	50 %
Sedum-herbaceous-grass plants	10 to 15	55 %
Grass-herbaceous plants	15 to 20	60 %

Øverst: Københavns kommune LAR katalog og nederest: Fra Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto.

Men dette vil ifølge vores analyse variere væsentligt henover hele sæsonen, som afhænger af flere faktorer, men i høj grad af størrelsen og hyppigheden på nedbøren, samt temperaturen. Derfor har vi lavet nogle varierende estimater på det ekstensive tags vandhåndteringsevner, ud fra hvordan fremtidens vejr kommer til at forme sig og ud fra hvad vi kan konkludere fra vores undersøgelse og analyse af de ekstensive tage. Fremtidens vejr ses på illustrationen til højre.(jævnfør evt. afsnittet om fremtidsscenarier)

Diagrammet viser et billede af hvordan det kommer til at tegne sig i fremtiden udfra DMI´s informationer om vejret.



I forår og sommerperioden, hvor vækstmediet er tørt, vegetationen frodig og fordampningen er høj, er de ekstensive tage meget effektive og kan tilbageholde mellem 50 % - 100 % af regnmængderne. (bilag 2.1)

I vinter og efterårsperioden, hvor de største mængder nedbør kommer og vækstmediet er fugtigere, afhænger det utrolig meget af tykkelsen på vækstmediet. Er dette for tyndt, under ca. 60mm, kan det ekstensive tag vise sig at være ustabilt. Derimod viser det, at et vækstmedie på ca. 110mm er en konstant og en mere stabil dybde. I værste tilfælde kan det ekstensive tag tilbageholde under ca. 10%(<60mm), men i kan allerhøjest komme op omkring 60%.(110mm)(bilag 2.2)

Det tag vi har udvalgt til scenarie 2, er 100 mm og kan absorbere 21 l/m^2. Ud fra dette har vi lavet følgende estimater hvor gennemsnittet over året stadig er 50%(se næste side)

Hvis der etableres ekstensive tage på hele tagarealet i kareen, ud fra bæreevnen, fås en årlig tilbageholdelse på:

=19,2%

Beregning af vandløbet foretaget i excelark:

Befæstningsgraden er:
1-(215+48+22+2020+35+32+10+850)/(5153+2601) **= 58 %**

Strækning 1: ($X_1 - X_2$).

Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	215	0,1	22	
grus	48	0,6	29	
bede	22	0,6	13	
Grønt tag	**2020**	**0,5**	**1010**	
tagareal	0	1,0	0	
befæstet areal	2848	1,0	2848	
Sum	5153		3922	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**77**	**20,5**

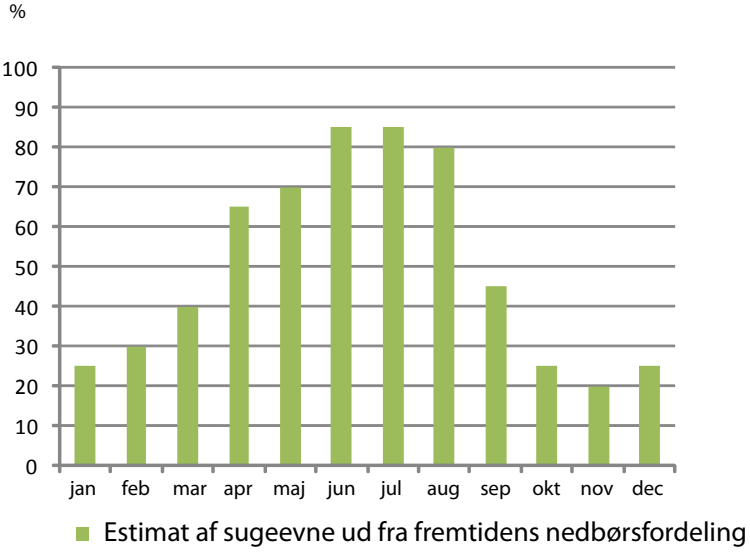
Strækning 2: ($X_2 - X_3$).

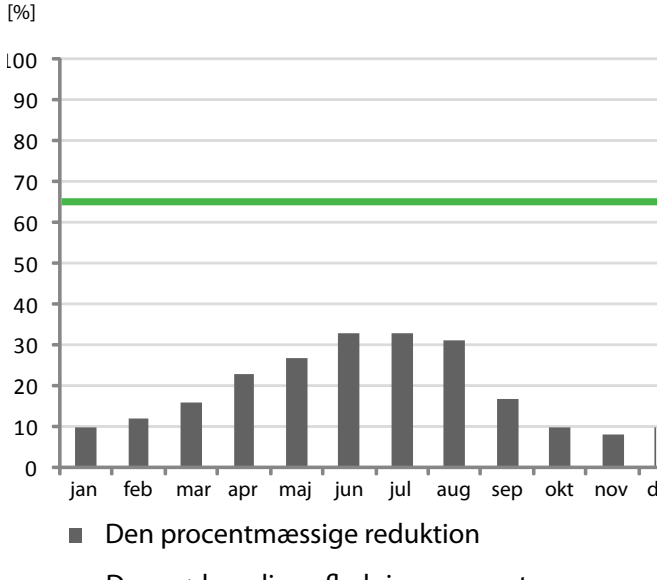
Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	35	0,1	4	
grus	32	0,6	19	
bede	10	0,6	6	
Grønt tag	**850**	**0,5**	**425**	
tagareal	0	1,0	0	
befæstet areal	1674	1,0	1674	
Sum	2601		2128	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**119**	**19,2**

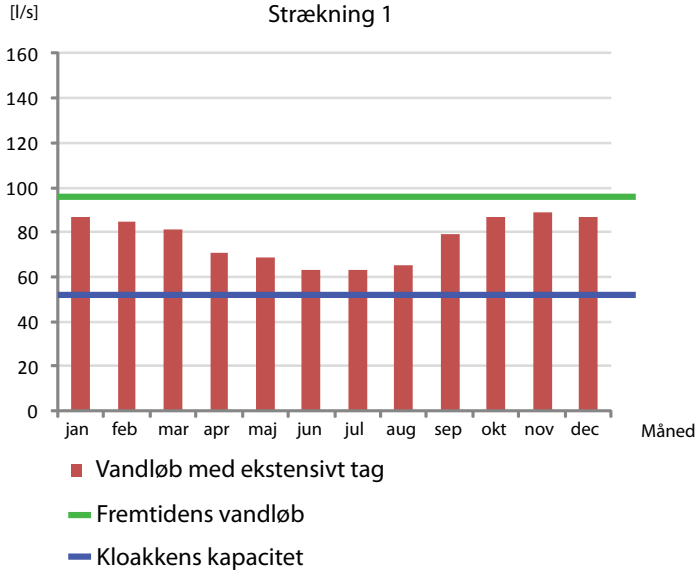
Scenarie 2: Begrønning ud fra tagets bæreevne

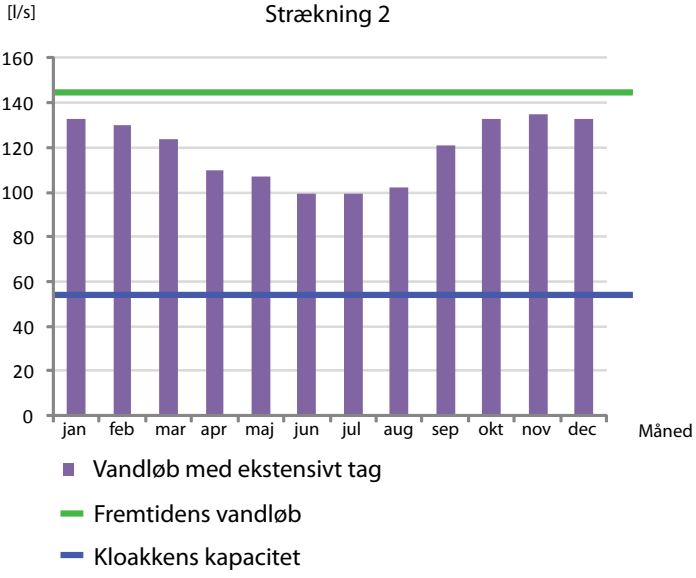
Ifølge vores estimat fås følgende varierende resultater henover sæson:

Fremtids nedbørsfordeling	mm	Årsgennemsnit [%]	Estimat [%]	X1-X2 [l/s]	X2-X3 [l/s]	Tilbageholdelse [%]
Jan	79,8		25	87	133	10
Feb	53,2		30	85	130	12
Mar	64,4		40	81	124	16
Apr	36,9		65	71	110	23
Maj	43,2		70	69	107	27
Jun	49,5		85	63	99	33
Jul	59,4		85	63	99	33
Aug	60,3		80	65	102	31
Sep	65,7		45	79	121	17
Okt	98,8		25	87	133	10
Nov	102,7		20	89	135	8
Dec	85,8		25	87	133	10
Årsgennemsnit	67	**50**	**50**	77	119	19









Scenarie 3: Begrønning ud fra fremtidigt vandhåndteringsbehov

I dette scenarium begrønnes der på alle bygningens horisontale- og vertikale flader. Hvis alt det overskydende regnvand fra taget føres ned gennem de vertikale haver vil man kunne forsinke regnvandet betydeligt. På taget benyttes et større ekstensivt tage end ved scenarie 2, som suger 60% over hele året. (jævnfør evt. skema og fra forrige scenarie). De vertikale overflader på bygningen udgør ca. 7498 m2, hvilket er næste lige så meget som arealet på hele det udvalgte område 7752 m^2. Hvis der i dette scenarie benyttes Nykildes vegetations vægge kan man regne med at de kan opsuge ca. 15 l/m^2. Udgangspunktet er, at de grønne vægge skal kunne absorbere de resterende 40% der ikke bliver opsuget af det ekstensive tag.

Den dimensionsgivende regnintensitet er 196 l/s/ha, som er givet ud fra en 10 min. periode. Tag arealet udgør 2870 m^2, som svarer til 0,2870 ha. Herved kan der regnes på det samlede antal liter regnvand der lander på taget:

196 l/s/ha x 10 x 60 s x 0,2870 ha = 33751 l

60 % absorbers af det ekstensive tag, hvilket giver:

60% af 33751 l = 13500 l

Vegetationsvæggene kan opsuge:

15 l/m^2 x 2870 m^2 = 43050 l

Men det vides fra scenarie 2, at et sedum tag(samme egenskaber som vegetations væggene) reducere sine vandhåndteringsevner henover året, i værste fald med 60 %. Derfor bør man ligeledes reducere vegetation væggenes opsugnings evne med 60%. Hvilket giver:

60% af 43050 l = 17220 l.

Herved kan det ses at vegetations væggene kan absorbere de resterende 40% regnvand fra taget:

17220 l > 13500 l

Det befæstet areal udgør stadig, som i forrige scenarium, ca. **58%** da de vertikale flader ikke indgår som en del af beregningen. Men hvis man alligevel ren hypotetisk indregner de vertikale flader som en del af hele arealet udgør det befæstede areal:

1-(215+48+22+2020+35+32+10+850+7498) / (7498+7752)

= 30%

Beregning af vandløbet foretaget i excelark:

Strækning 1: (X_1 – X_2).

Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	215	0,1	22	
grus	48	0,6	29	
bede	22	0,6	13	
Grønt tag og væg	**2020**	**0**	**0**	
tagareal	0	1,0	0	
befæstet areal	2848	1,0	2848	
Sum	5153		2912	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**57**	**41,0**

Scenarie 3: Begrønning ud fra fremtidigt vandhåndteringsbehov

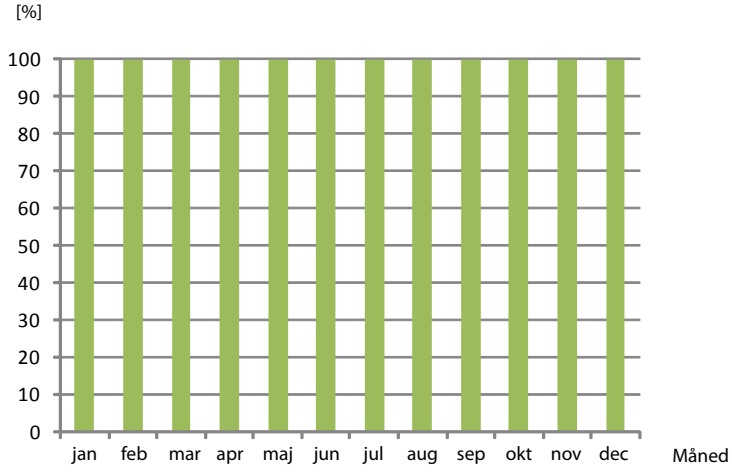
Heraf ses at den årlige tilbageholdelse er: =38,3 %

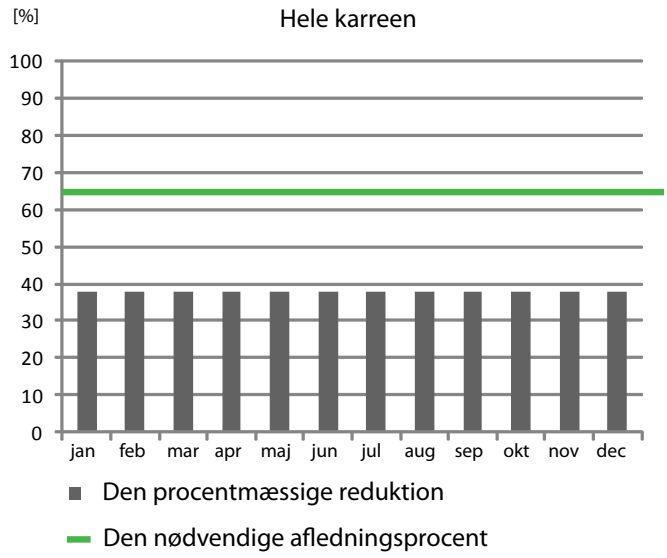
Strækning 2: ($X_2 - X_3$).

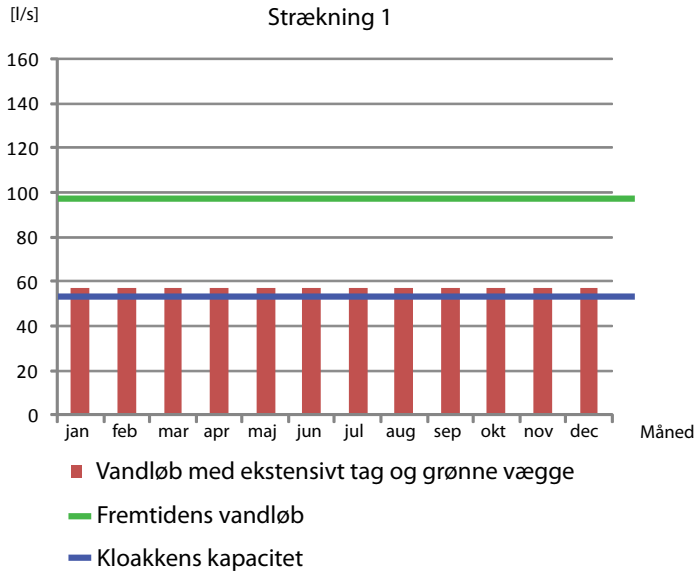
Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	35	0,1	4	
grus	32	0,6	19	
bede	10	0,6	6	
Grønt tag og væg	**850**	**0**	**0**	
tagareal	0	1,0	0	
befæstet areal	1674	1,0	1674	
Sum	2601		1703	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**90**	**38,3**

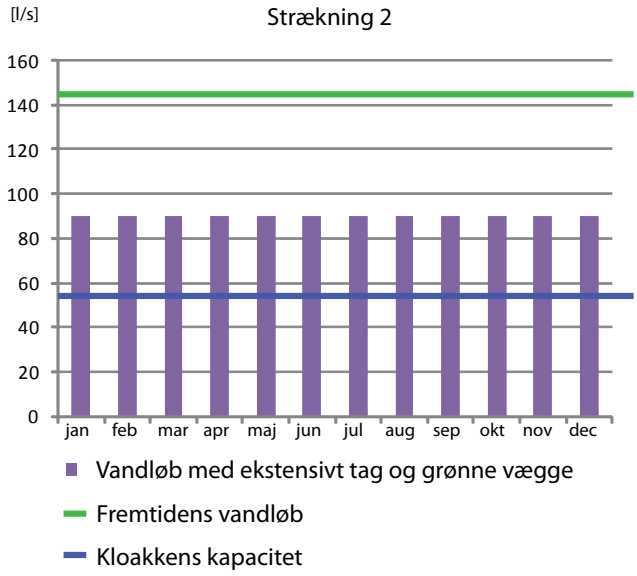
I scenrie 3 er der ingen estimater da vi går udfra at alt regnvandet der lander på bygningens tag, bliver opsuget gennem det ekstensive tag og de vertikale vægge.

Fremtids nedbørsfordeling	mm	Årsgennemsnit [%]	Estimat [%]	X1-X2 [l/s]	X2-X3 [l/s]	Tilbageholdelse [%]
Jan	79,8		100	57	90	38
Feb	53,2		100	57	90	38
Mar	64,4		100	57	90	38
Apr	36,9		100	57	90	38
Maj	43,2		100	57	90	38
Jun	49,5		100	57	90	38
Jul	59,4		100	57	90	38
Aug	60,3		100	57	90	38
Sep	65,7		100	57	90	38
Okt	98,8		100	57	90	38
Nov	102,7		100	57	90	38
Dec	85,8		100	57	90	38
Årsgennemsnit	67	**100**	**100**	57	90	38,0









Scenarie 4: Begrønning ud fra arkitektonisk udtryk

I dette scenarium opføres et semi-intensivt tag på bygningen, og på ca. 30 % af væggene påsættes Patrick Blanc vertikale haver, som dog ikke har de store suge evner, da disse i forvejen bliver automatisk vandet. Men ligesom i forrige scenarium, kan man forstille sig et system hvor det overskydende vand fra de semi-intensive tag føres hen og ned igennem de vertikale haver. Ud fra dette vurderes det at der hvor de vertikale haver er placeret, kommer der ikke noget vand bidrag til det fælles kloaksystem.

De semi-intensive havers vandhåndteringsevner ikke blevet dækket i særligt omfang i projektet, da fokus har været de ekstensive tage, men hvis vi tager udgangspunkt i rapporten, Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto, kan de semi-intensive haver stabilt opsuge ca. 90% hele året rundt. Direkte oversat fra rapporten:

"Vandoptagelse til semi-intensive og intensive grønne tage, vil afhænge af områdets dækning. I nogle områder vil vandoptagelsen være større end for ekstensive tage, så højt som 90% eller mere. Opbevaring procenter er baseret på en gennemsnitlig nedbør på mellem 650-800 mm.
I tørrere regioner vil opbevaringsprocentdelen være endnu højere, og i vådere regioner lidt lavere."

I Danmark regner det gennemsnitligt ifølge DMI 712 mm årligt, men i fremtiden kommer det til at regne 30% - 40% mere i fremtiden. I grove tal bliver dette et sted mellem 925 mm og knap 1000 mm. dvs. højre end de 650-800 mm, som rapporten referere til, og dermed vil det semi-ekstensive tag have en lavere vandoptagelse end de nævnte 90% i en dansk kontekst i fremtiden. I vores referenceprojekt fra Portland, hvor det regner 940 mm om året og hvor fordelingen ligner de kommende forhold i Danmark, kan vi se at et ekstensivt tag på 110mm kan håndtere 98% om sommeren og 62% om vinteren(se bilag 2.2). Et semi-intensivt tag vil have bedre vandhåndteringsevner end det omtalte ekstensive tag, da denne har dybere vækst medie. På den baggrund vurderes det at vandhåndteringsevnen for det semi-intensive tag i scenarie 4, er imellem intervallet 62% og 90% ca. 75% let varierende mellem forår/sommer og efterår/vinter.

Det befæstet areal udgør stadig, som i scenarie 2, ca. **58%** da de vertikale flader ikke indgår som en del af beregningen. Men hvis man alligevel ren hypotetisk indregner de vertikale flader som en del af hele arealet udgør det befæstede areal, som i scenarie 3:

1-(215+48+22+2020+35+32+10+850+7498x30%) / (7498+7752)

= 44%

Beregning af vandløbet foretaget i excelark:

Arealoplandet fra taget fratrækkes 30%, som er det de vertikale haver dækker, og som udgangspunkt tager det resterende regnvand fra de semi-intensive haver.

Strækning 1: ($X_1 - X_2$).

Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	215	0,1	22	
grus	48	0,6	29	
bede	22	0,6	13	
Grønt tag og væg	**1414**	**0,25**	**354**	
tagareal	0	1,0	0	
befæstet areal	2848	1,0	2848	
Sum	5153		3265	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**64**	**34**

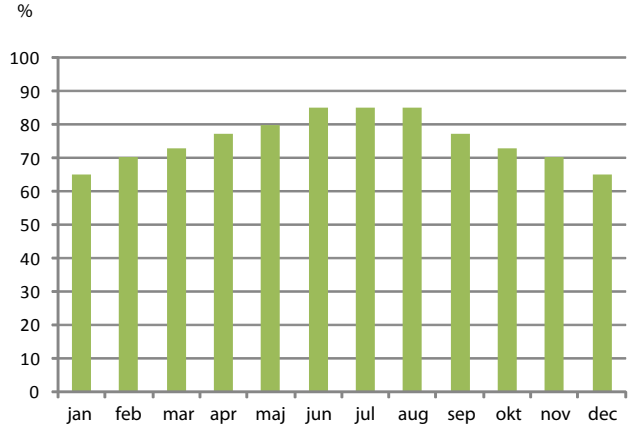
Strækning 2: ($X_2 - X_3$).

Heraf ses at den årlige tilbageholdelse er: **=32 %**

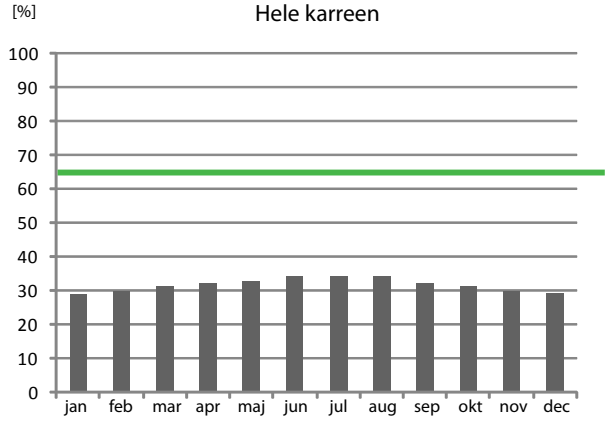
Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	35	0,1	4	
grus	32	0,6	19	
bede	10	0,6	6	
Grønt tag og væg	**595**	**0,25**	**149**	
tagareal	0	1,0	0	
befæstet areal	1674	1,0	1674	
Sum	2601		1851	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**100**	**32**

Ifølge vores estimat fås følgende varierende resultater henover sæson:

Fremtids nedbørsfordeling	mm	Årsgennemsnit [%]	Estimat [%]	X1-X2 [l/s]	X2-X3 [l/s]	Tilbageholdelse [%]
Jan	79,8		65	67	104	29
Feb	53,2		70	65	102	30
Mar	64,4		73	65	101	31
Apr	36,9		77	63	99	32
Maj	43,2		80	63	98	33
Jun	49,5		85	61	96	34
Jul	59,4		85	61	96	34
Aug	60,3		85	61	96	34
Sep	65,7		77	63	99	32
Okt	98,8		73	65	101	31
Nov	102,7		70	65	102	30
Dec	85,8		65	67	90	29
Årsgennemsnit	67	**75**	**75**	64	99	31,6

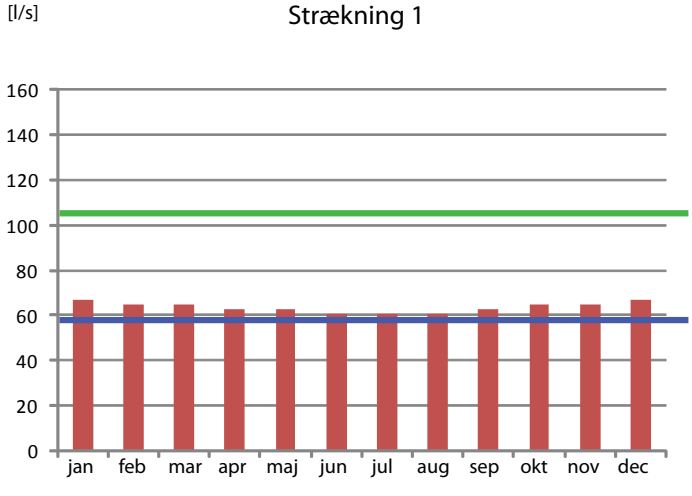


Estimat af sugeevne ud fra fremtidens nedbørsfordeling af et semi-intensivt tag med ca. 1/3 begrønning af væggene



Den procentmæssige reduktion

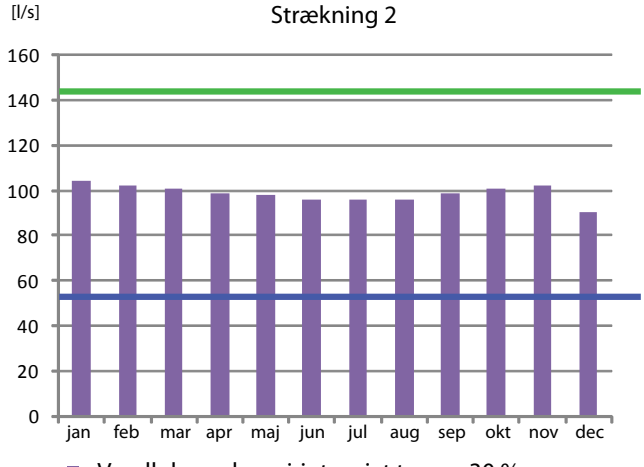
Den nødvendige afledningsprocent



Vandløb med ekstensivt tag og grønne vægge

Fremtidens vandløb

Kloakkens kapacitet



Vandløb med semi-intensivt tag og 30 % grønne vægge

Fremtidens vandløb

Kloakkens kapacitet

Scenarie 5 handler om at optimere forholdene ud fra de indsamlede erfaringer fra de forrige scenarier. I første omgang handler det om at kunne håndtere den fremtidige dimensionsgivende regnintensitet på 196 l/s/ha, som ingen af de forrige scenarier kunne håndtere. Hvis man kigger på hvor meget befæstet areal der skal konverteres til grønne arealer, kan det konkluderes at selvom alt vandet fra arealet på bygningen afledes på anden vis, end gennem det fælles kloakerede system, er det ikke nok(scenarie 3). Derfor skal der nødvendigvis inddrages supplerende teknologier i dette scenarium. Karreens samlede areal med gården udgør 4672 m^2 og det samlede areal på det udvalgte område udgør 7752 m^2. dvs. karrens samlede areal udgør 60% af det udvalgt område. Ifølge beregningerne om kloakkens kapacitet, skal der kunne afledes 64% af nedbøren, hvis man skal undgå at omdimensionere kloakken. Dette betyder i grove træk, udover hele karreens areal, at noget af den befæstede del af gadearealet også skal afledes på anden vis.

Tiltag

En udskiftning af det eksisterende tag er vurderet til at være for omkostningstungt i forhold til udbyttet – forskellen i reduktionen mellem scenarie 2 og scenarie 3 er kun 10%. Derfor benyttes maksimal ekstensiv beplantning uden at taget skal skiftes. (dvs. max. 64 kg/m^2 ifølge de statiske beregninger bilag 3.1)). Tagets areal udgør 2870 m^2. Til begrønning af bygningens vægge, benyttes en afpassede mængde vertikale haver, således at det ikke kommer til at virke for overvældende, som i scenarie 3 - rødstensfacader er en vigtig del af byens arkitekturhistorie og derfor udføres de grønne vægge mest indvendigt ca. 40% af væggenes areal og kun begrænset udvendigt ca. 20% af væggenes areal. dvs. sammenlagt 30% af de vertikale flader bliver begrønnet. 30% af væggens overfladeareal udgør ca. 2250 m^2. Patrick Blancs vertikale haver er æstetisk meget flotte, men set i et vandhåndteringsmæssigt perspektiv er de desværre ikke så anvendelige. Her anses fibermatrixen eller Nykildes vegetations vægge som bedre egnet.

Regnvandstanke: I kælderen er der plads til regnvandsstanke(til vanding eller husholdning) i nogle rum, hvor der er lavt til loftet. Dette ville være ideelt, da de ikke rigtigt udnyttes nu, og man dermed ikke kompromitterer andre af ejendommens funktioner og behov. Men da der kun er linjefundament under bygningens bærende vægge, kan det blive nødvendigt med etablering af mindre fundamenter under regnvandstankene hvis disse er for store, men ikke under selve bygningen, hvilket er mere omfattende i set anlægsmæssigt perspektiv. Derfor benyttes kun regnvandstanke i størrelses ordenen 1 m^3 som svarer til 1000 liter. Disse kunne passende placeres strategisk rundt i hele karreen, så alle beboerne kunne få gavn af regnvandsudnyttelsen.

Infiltrations plæner: Der er et par græsplæner i gården som fint kunne gøres mere spændende ved at man omformer landskabet i forbindelse med etablering af infiltrationsplæner. Disse grønne arealer udgør 250 m^2. Da Karréen ligger ved grænsen til en jordbund af ferskvandsgytje, er der god chance for, at vandet vil kunne infiltrere ekstra effektivt ned gennem jorden, men dette skal undersøges nærmere. Det overskydende regnvand som ikke bliver opsuget af det ekstensive tag eller af de vertikale haver bliver enten ledt ned til gården, hvor det bliver filtreret ned gennem jorden via infiltrationsplænerne eller ledt ned til regnvandstankene, hvor vandet bliver opmagasineret indtil det bliver brugt til husholdningsfunktionerne, som i første omgang må antages at være udelukkende til toiletskyld, da "grønt" vand næppe vil blive benyttet til tøjvask. Et rensnings system kunne godt blive anvendeligt i denne sammenhæng.

Græsamering: På den ene side af Asminderødgade mellem grusarealerne kunne man passende udføre græsarmering i stedet, som kan opsuge og infiltrere ca. 60% (bygherrevejledning, 2005) af regnvandet. Dette areal udgør ca. 720 m^2 af det samlede befæstede areal.

Beregning af volumen på infiltrationsplænen

Antal regnvandstank
Hvor mange regnvandstanke, skal der minimum placeres i bygningens kælder, for at alt regnvand der lander på taget kan optages i bygningen?

Den dimensionsgivende regnintensitet er 196 l/s/ha, som er givet ud fra en 10 min. periode. Tagarealet udgør 2870 m^2, som svarer til 0,2870 ha. Herved kan der regnes på det samlede antal liter regnvand der lander på taget:

196 l/s/ha x 10 x 60 s x 0,2870 ha = 33750 l.

Ifølge scenarie 2, kan det ekstensive tag håndtere 50 % årligt, men i vinterperioderne helt ned til 20 % (november). Dvs. som minimum opsuger det ekstensive tag således: 20 % x 33751 l = 6750 l.

Dvs. at der stadig er 33750 l - 6750 l = 27000 l der skal kunne håndteres på anden vis.

Ifølge Nykilde kan deres vegetations vægge opsuge 15 l/m^2, og i scenarie benyttes ca. 2250 m^2 grøn væg. dvs. at de grønne vægge maksimalt kan opsuge:

15 l/m^2 x 2250 m^2 = 33750 l.
(hvilket faktisk er al den regn der lander på taget…)

Men hvis det samtidig antages at vegetations væggene varierer ligeså meget som det ekstensive tag henover sæsonen(reduktion fra 50% til 20% = et fald på 60%), kan disse som minimum også håndtere

60% af de 33750 l = 13500 l.

Den samlede optagelse fra det ekstensive tag og de grønne vægge er derved

27000 l – 13500 l = 13500 l

I kælderen rundt i karreen har vi placeret regnvandstanke af 1 m^3 svarende til 1000 l. Hvilket betyder at vi skal bruge minimum 14 regnvandstanke. Derved kan al regnvand der lander på bygningens tag optages i bygningen på en 2 årsregnhændelse i fremtiden.

Minimum størrelse på infiltrationsplæne i gården
Arealet i gården udgør 1802 m^2 hvilket svarer til 0,1802 ha. Herved kan der regnes på det samlede antal liter regnvand der lander i gården:

196 l/s/ha x 10 x 60 s x 0,1802 ha = 21168 l

De grønne arealer i gården udgør 250 m2. Gennemsnitsdybden på dette areal skal da minimum være:

21168 l./ (250 x1000) ca. = 90 mm.

for at kunne opmagasinere og infiltrere de vandmængder der kommer på karrens areal ved en 2 års regnhændelse i fremtiden.

Scenarie 5: Optimeret alternativ m. supplerende teknologier

Beregning af vandløbet foretaget i excelark:

Arealoplandet fra taget fratrækkes 30%, som er det de vertikale haver dækker, og som udgangspunkt tager det resterende regnvand fra de semi-intensive haver.

Strækning 1: ($X_1 - X_2$).

Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	215	0	0	
grus	48	0,6	29	
bede	22	0,6	13	
Grønt tag og væg	**2020**	**0**	**0**	
tagareal	0	1,0	0	
gadeareal	1274	1,0	1274	
gårdareal	1076	0,0	0	
græsamering	498	0,4	199	
Sum	5153		1515	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**30**	**69**

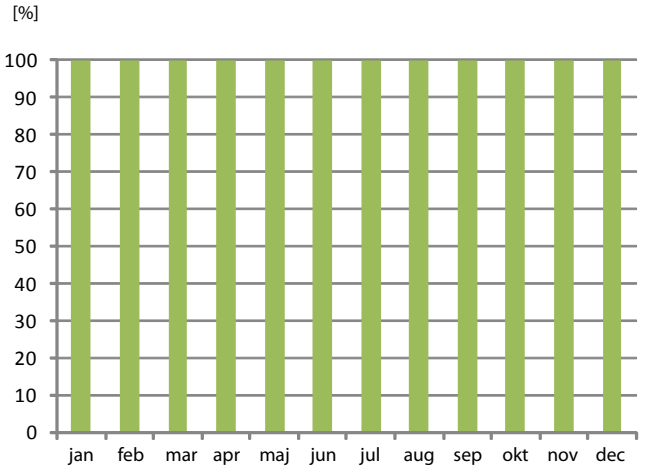
Strækning 2: ($X_2 - X_3$).

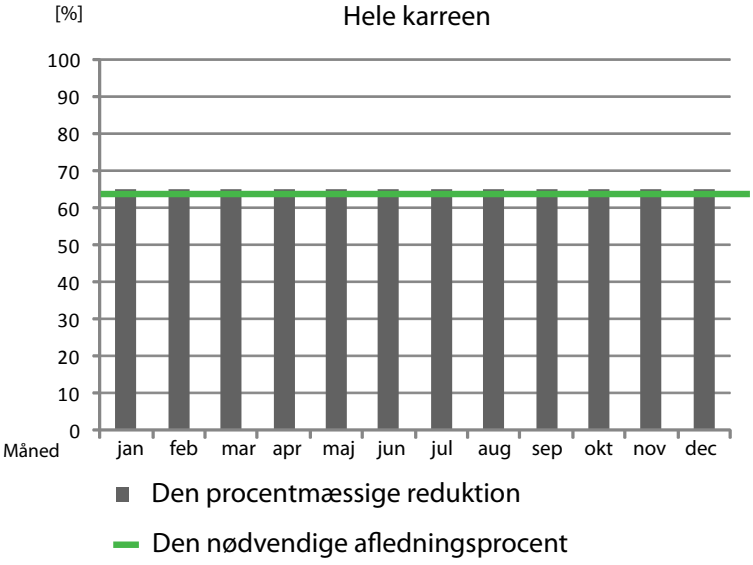
Heraf ses at den årlige tilbageholdelse er: **=65 %**

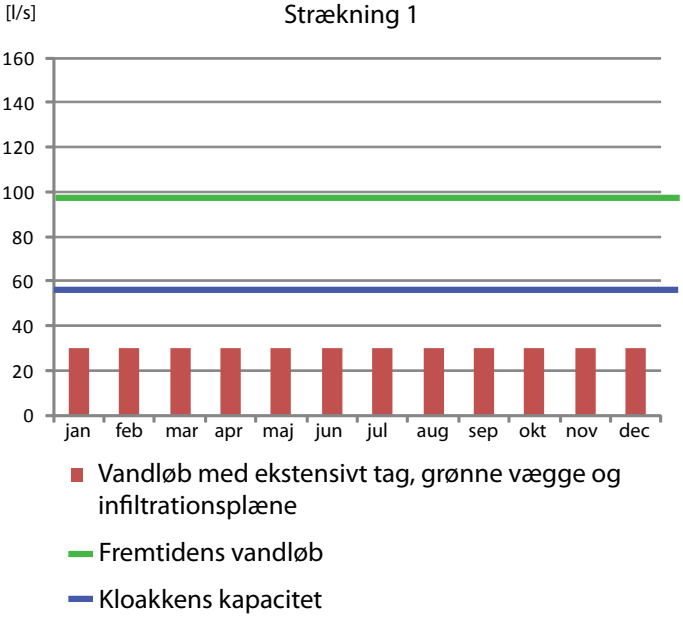
Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	35	0	0	
grus	32	0,6	19	
bede	10	0,6	6	
Grønt tag og væg	**850**	**0**	**0**	
tagareal	0	1,0	0	
gadeareal	976	1,0	976	
gårdareal	476	0,0	0	
græsamering	222	0,4	89	
Sum	2601		1090	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**51**	**65**

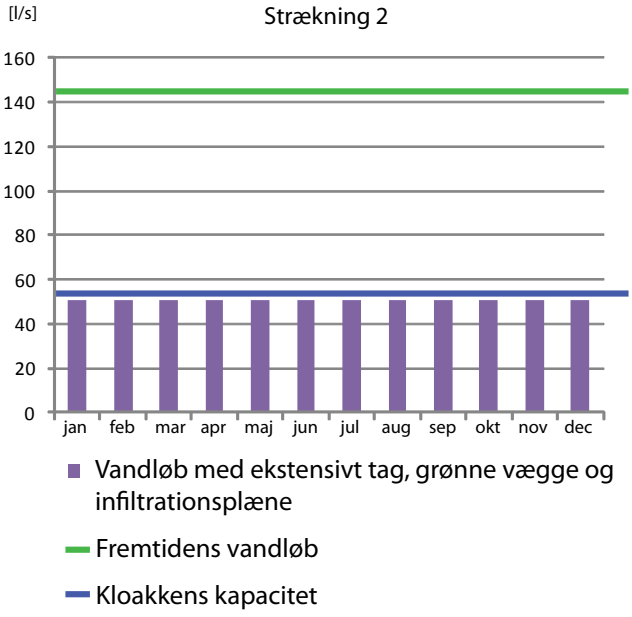
Ifølge vores estimat fås følgende resultater:

Fremtids nedbørsfordeling	mm	Årsgennemsnit [%]	Estimat [%]	X1-X2 [l/s]	X2-X3 [l/s]	Tilbageholdelse [%]
Jan	79,8		100	30	51	65
Feb	53,2		100	30	51	65
Mar	64,4		100	30	51	65
Apr	36,9		100	30	51	65
Maj	43,2		100	30	51	65
Jun	49,5		100	30	51	65
Jul	59,4		100	30	51	65
Aug	60,3		100	30	51	65
Sep	65,7		100	30	51	65
Okt	98,8		100	30	51	65
Nov	102,7		100	30	51	65
Dec	85,8		100	30	51	65
Årsgennemsnit	67	**100**	**100**	30	51	65









Andre bilag

Klimanormaler i Danmark 99 - 08, DMI

Nedbør i mm:

Årstal:	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Total:	Gennemsnit:
1999	76	55	85	39	44	120	56	88	85	84	32	136	900	75,0
2000	58	73	60	41	51	53	42	48	73	96	93	69	757	63,1
2001	45	48	40	61	32	62	47	91	134	63	59	61	743	61,9
2002	88	109	38	33	46	100	113	71	32	112	87	19	848	70,7
2003	48	12	17	58	74	80	73	41	39	57	54	71	624	52,0
2004	98	40	50	42	32	74	74	108	74	107	56	70	825	68,8
2005	63	44	42	29	61	53	96	51	28	58	70	50	645	53,8
2006	33	51	40	54	76	26	33	145	34	122	83	116	813	67,8
2007	123	80	42	9	71	124	127	60	85	33	48	66	868	72,3
2008	90	47	77	47	13	39	55	146	66	108	71	32	791	65,9
Total:	72	56	49	41	50	73	72	85	65	84	65	69	781	65
Normal 61-90:	57	38	46	41	48	55	66	67	73	76	79	66	712	59
Fremtidsfordeling :	79,8	53,2	64,4	36,9	43,2	49,5	59,4	60,3	65,7	98,8	102,7	85,8	799,7	77,1

Er der kommet større nedbør de sidste 10 år? H_0 hypotese = der er ingen forskel.

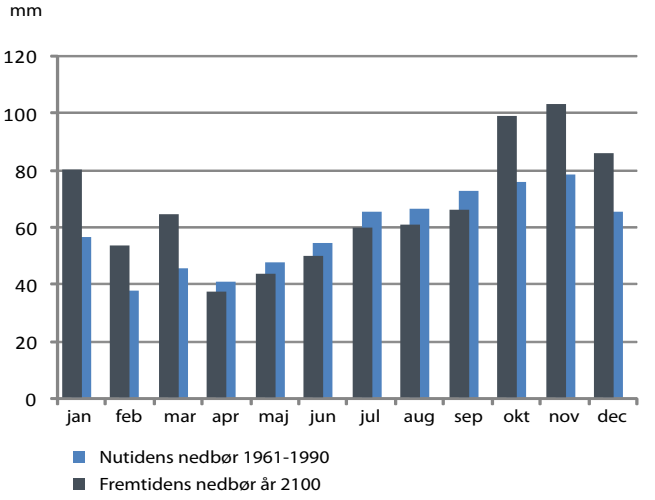
Sign-test:	Over	Over	Over	Samme	Over	Over	Over	Over	Under	Over	Under	Over

Over = 9 | Under = 2 | n = 11 | p = 0,5 | x = 9-1 = 8

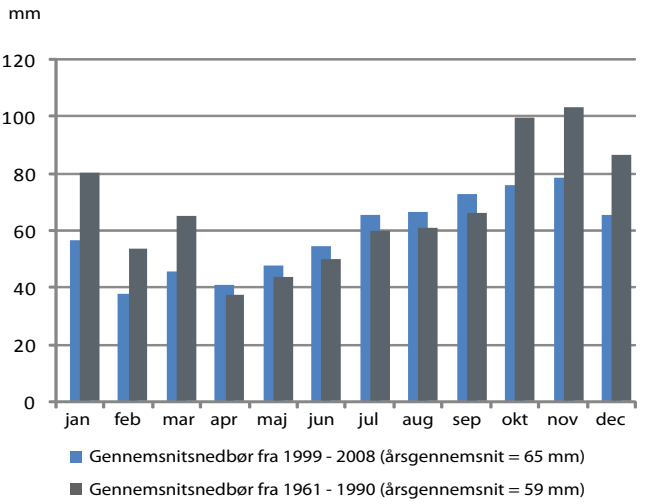
Bionomial Distribution Function = 0,9673 | 1 - 0,9673 = 0,0327 | 0,0327 < 0,05 h_0 kan forkastes dvs. der er kommet større nedbør de sidste 10 år

Middeltemperatur:

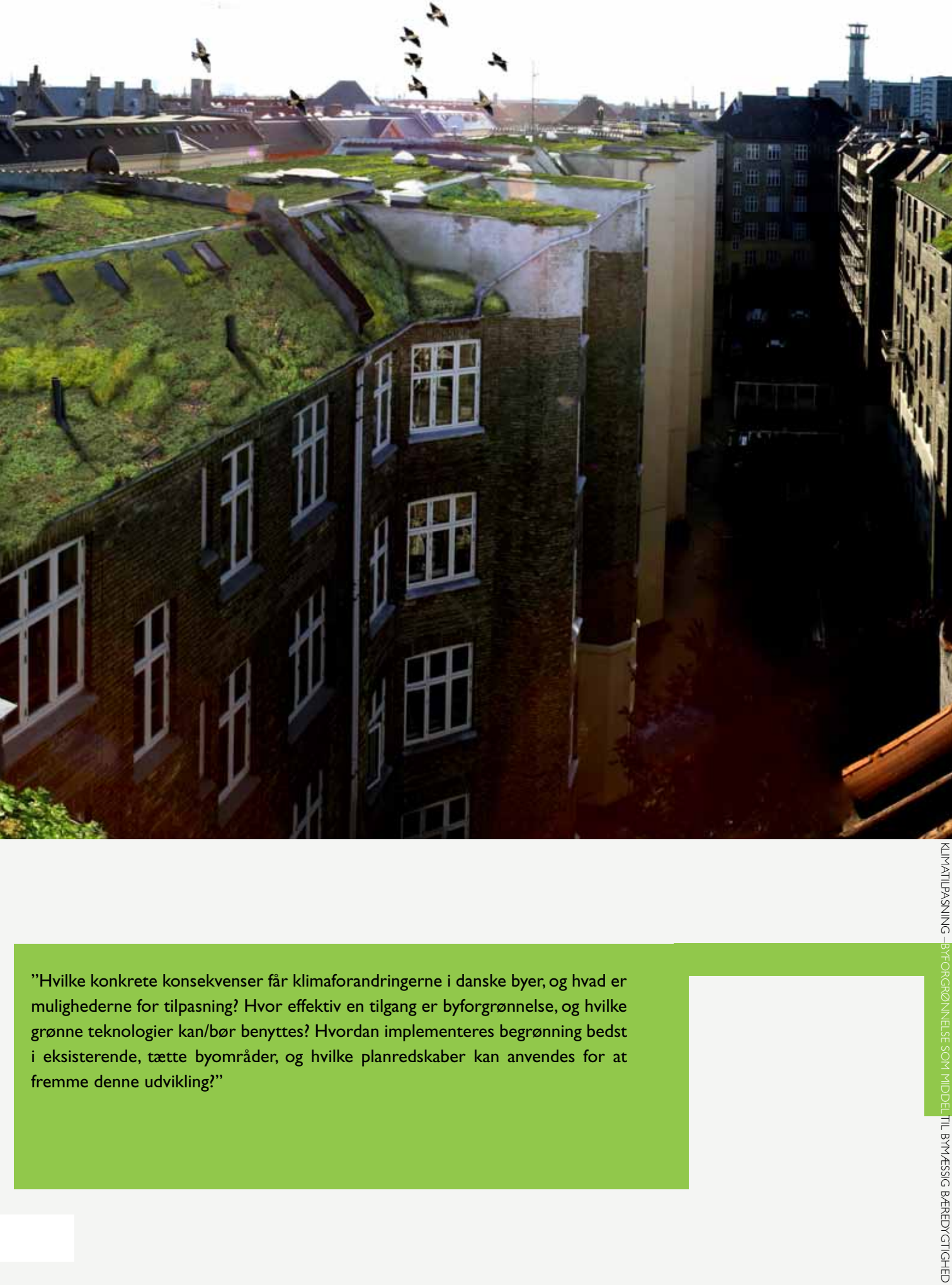
Årstal:	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Gennemsnit:
1999	2,2	0,9	3,6	7,6	10,7	13,6	17,4	16,6	16,3	9,4	5,5	2,3	8,84
2000	3,0	3,6	3,9	8,2	12,5	13,7	15,0	15,2	13,1	11,0	7,0	3,9	9,18
2001	1,8	0,5	1,1	5,6	11,4	12,8	17,5	17,0	12,6	12,1	5,2	0,6	8,18
2002	2,9	4,2	4,2	7,2	12,8	15,6	17,1	19,6	14,5	7,0	4,2	0,1	9,12
2003	0,2	-1,2	3,4	7,1	11,4	15,8	18,1	17,7	14	6,7	6,7	3,9	8,65
2004	-0,4	2,1	3,6	7,9	11,3	13,3	15,1	17,9	13,7	9,6	5,4	4,1	8,63
2005	3,6	0,2	1,5	7,7	10,8	13,9	17,2	15,5	14,4	11,0	6,2	2,7	8,73
2006	-0,9	0,6	-0,2	6,1	11,4	15,1	19,8	17,1	16,2	12,2	8,1	7,0	9,38
2007	5,0	2,2	6,1	9,2	11,5	16,0	15,7	16,8	12,9	8,7	5,0	3,7	9,40
2008	4,1	4,6	3,6	4,6	12,6	15,0	17,6	16,5	12,9	9,6	5,9	2,9	9,16
Gennmsnit:	2,15	1,77	3,08	7,12	11,64	14,48	17,05	16,99	14,06	9,73	5,92	3,12	8,93
Normal 61-90:	0	0	2,1	5,7	10,8	14,3	15,6	15,7	12,7	9,1	4,7	1,6	7,69



Figur 2.7: I dag har vi en nogenlunde jævn fordeling af regnmængderne over hele året, men i fremtiden vil der komme større udsving: hyppigere og mere langvarig nedbør om vinteren og mindre regn i sommerhalvåret.



Figur 2.8: Diagrammet viser de sidste 10 års ændringer i nedbøren i forhold til perioden 1961 - 1990. Gennemsnitsstigningen er 6 mm.



”Hvilke konkrete konsekvenser får klimaforandringerne i danske byer, og hvad er mulighederne for tilpasning? Hvor effektiv en tilgang er byforgrønnelse, og hvilke grønne teknologier kan/bør benyttes? Hvordan implementeres begrønning bedst i eksisterende, tætte byområder, og hvilke planredskaber kan anvendes for at fremme denne udvikling?”