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.

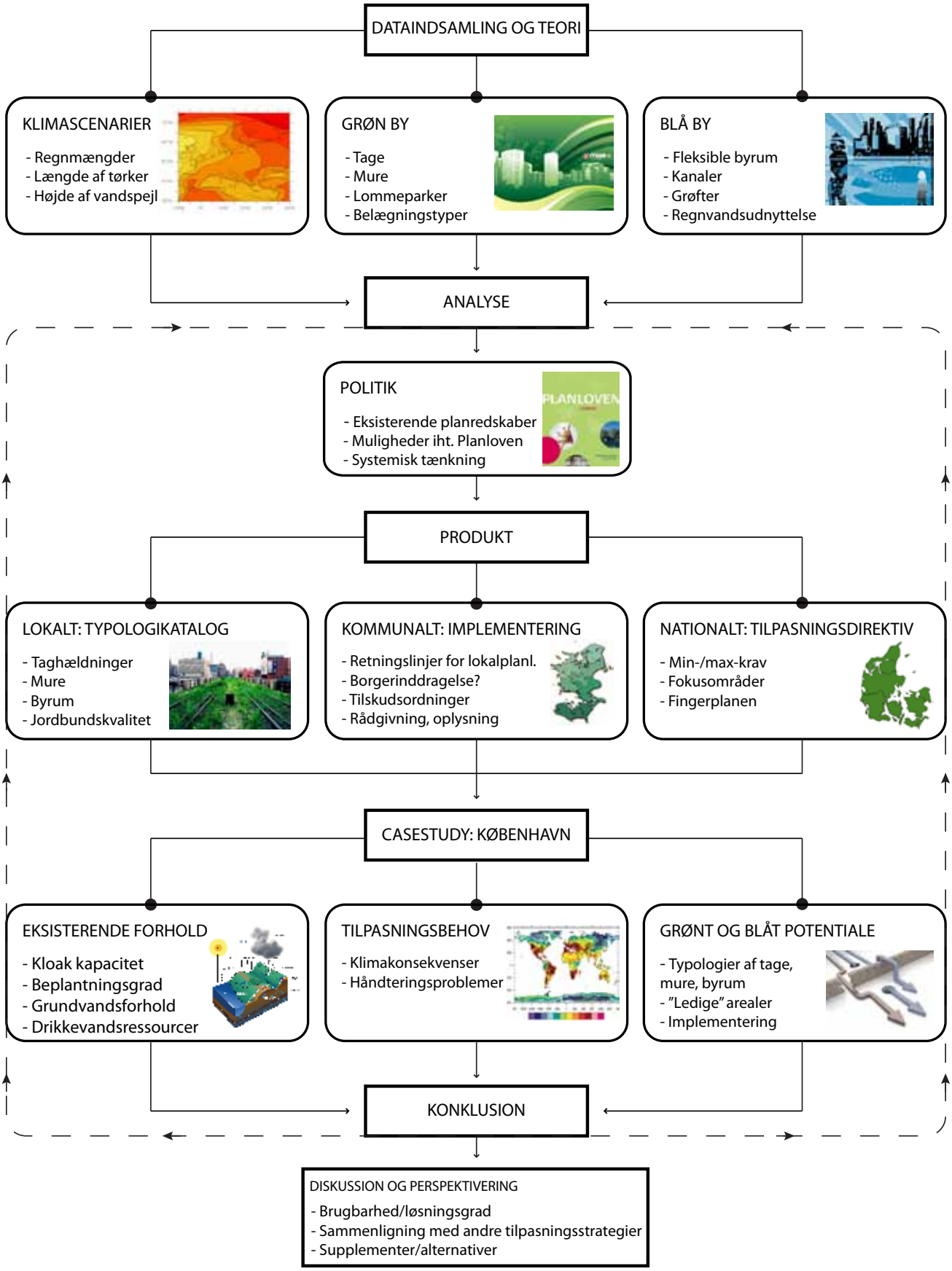
Forskningsmæssige "huller"

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….

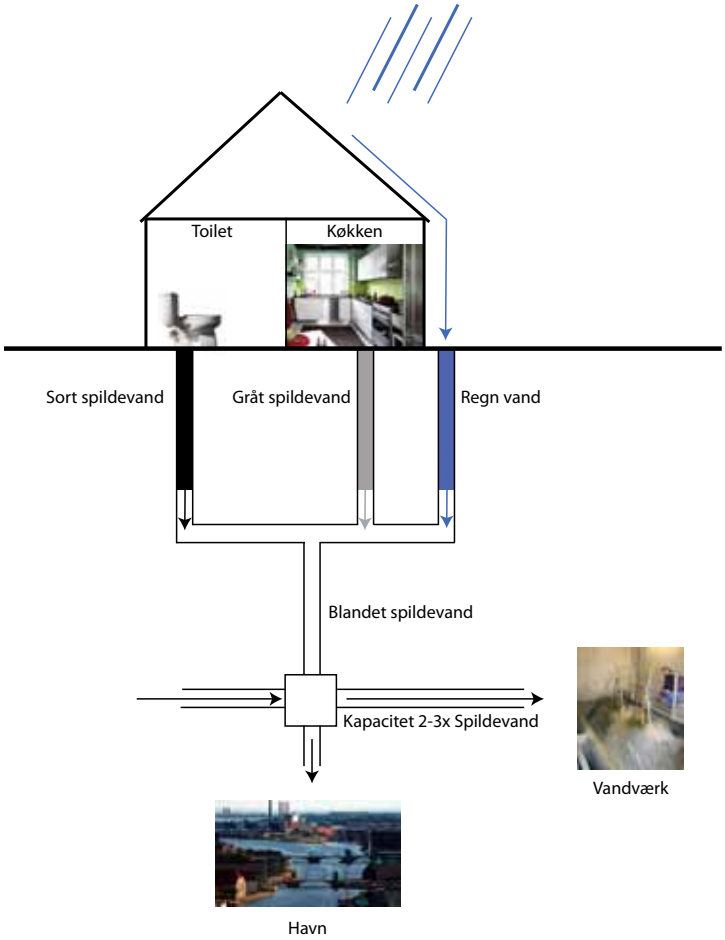
Bilag 1.5: Møde med Niels Bendt Johansen

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

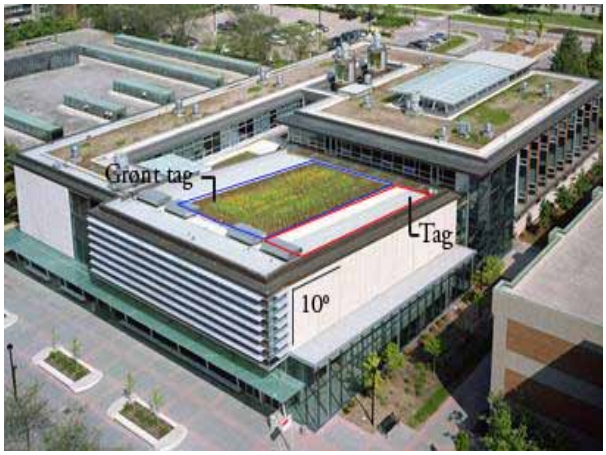
Canada er et af de steder i verden, hvor man har forsket relativt meget i effektiviteten og mulighederne ved grønne tage. Da Toronto ligger på nogenlunde samme breddegrader som Nordeuropa, står de overfor mange af de samme klimaudfordringer, såsom større og kraftigere regnperioder i vinterhalvåret. Byen 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.

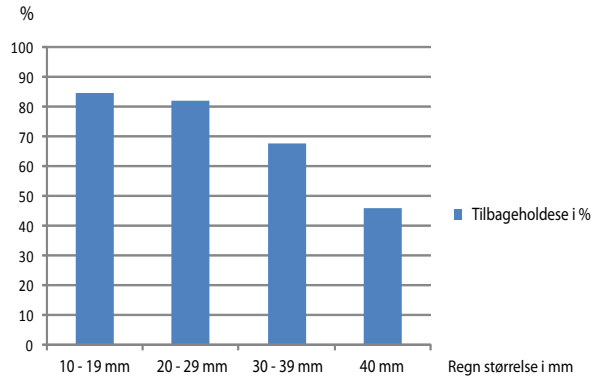
• Ved 30-39 mm nedbør: grønne tags gennemsnitshastighed på 19.46 L/min dvs. 0.08 L/min/m2og referencetaget 33,12 L/min dvs. 0.25 L/min/m2.

• >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.

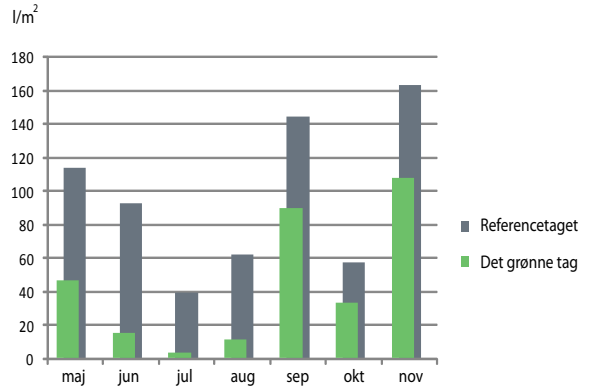
Opsummering

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.

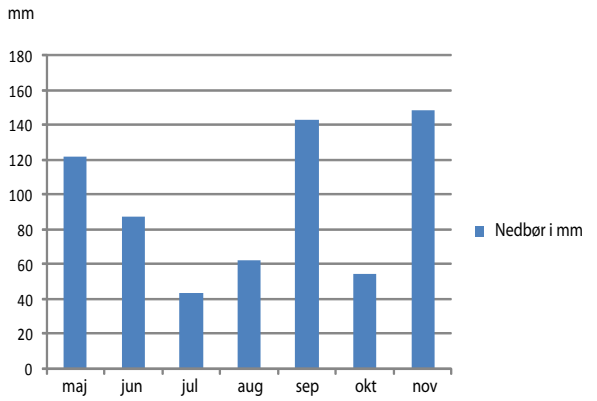
Kllde:
Glenn MacMillan, 2004. "YORK UNIVERSITY ROOFTOP GARDEN STORMWATER QUANTITY AND QUALITY PERFORMANCE MONITORING REPORT"



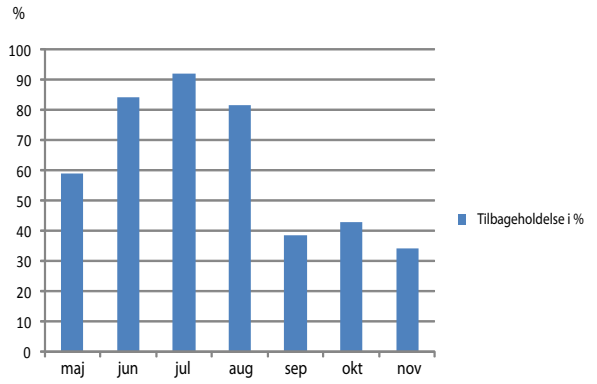
Diagrammet viser en tendens til at det grønne tag gradvist mister evnen til at håndtere regnmængder jo større nedbøren er.



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

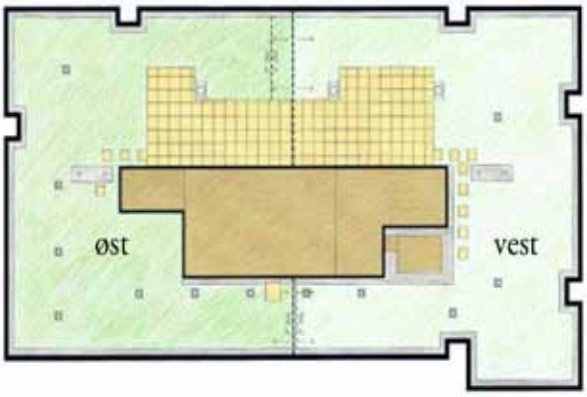
Portland er en by på godt ½ mio. indbyggere og er placeret i staten Oregon, nord for Californien. Som i så mange andre amerikanske byer har man befæstet flere og større arealer op gennem industrialiseringen. Disse befæstede arealer tager form i bygninger, veje, parkeringspladser mm. Tagene udgør alene 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.

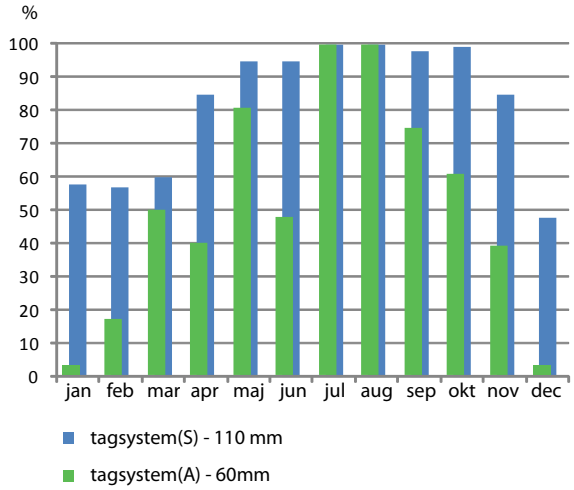
Vinter

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.

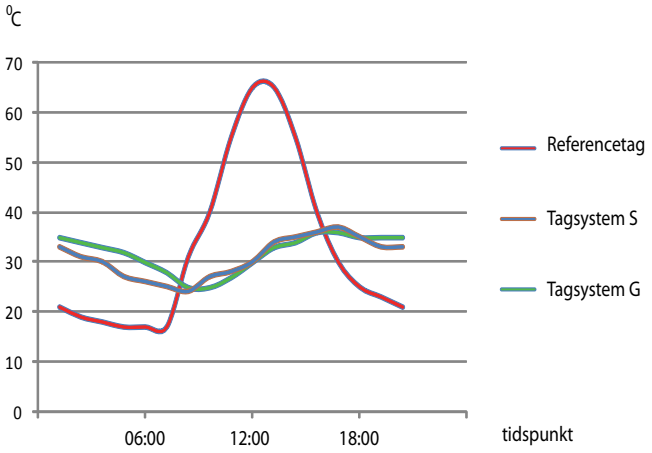
Opsummering

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.

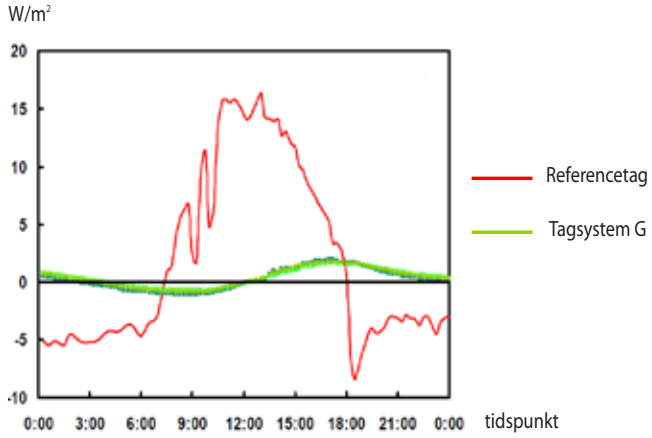
Forskellen på vækstmediet i de to ekstensive tagsystemer indikerer at jo dybere vækst medie jo bedre termiske evner. I forhold til det konventionelle reference tag, havde de ekstensive tagsystemer en minimal isolerings fordel om vinteren. I den sammenhæng var der ikke forskel på de to ekstensive tagsystemers 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.

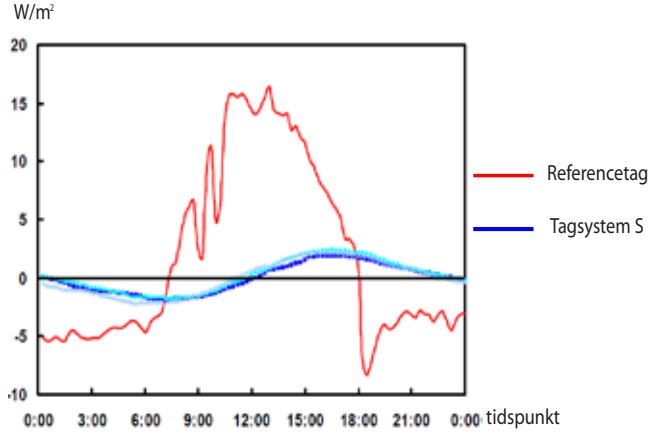
Kilde:
PERFORMANCE EVALUATION OF AN EXTENSIVE GREEN ROOF
Liu, K.; Minor, J. 2005



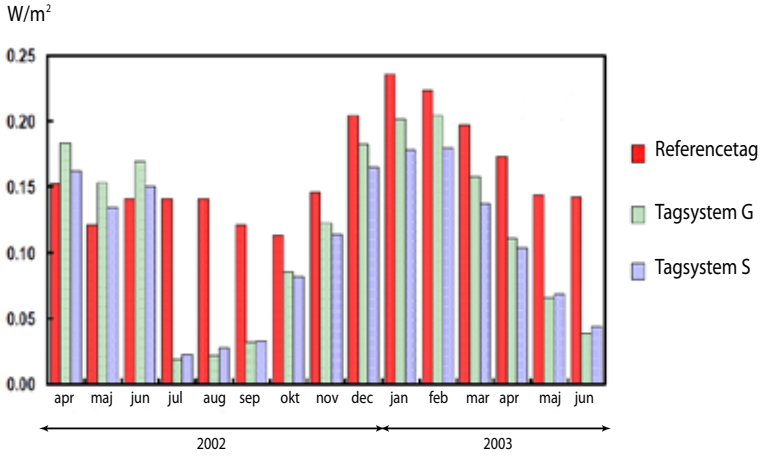
Sommer: Temperaturen på tagoversiden på de forskellige tagsystemer. Heraf ses at temperaturen på referencetaget er langt højere end to to øvrige ekstensive tage.
Illustration: Liu, K.; Minor, J.



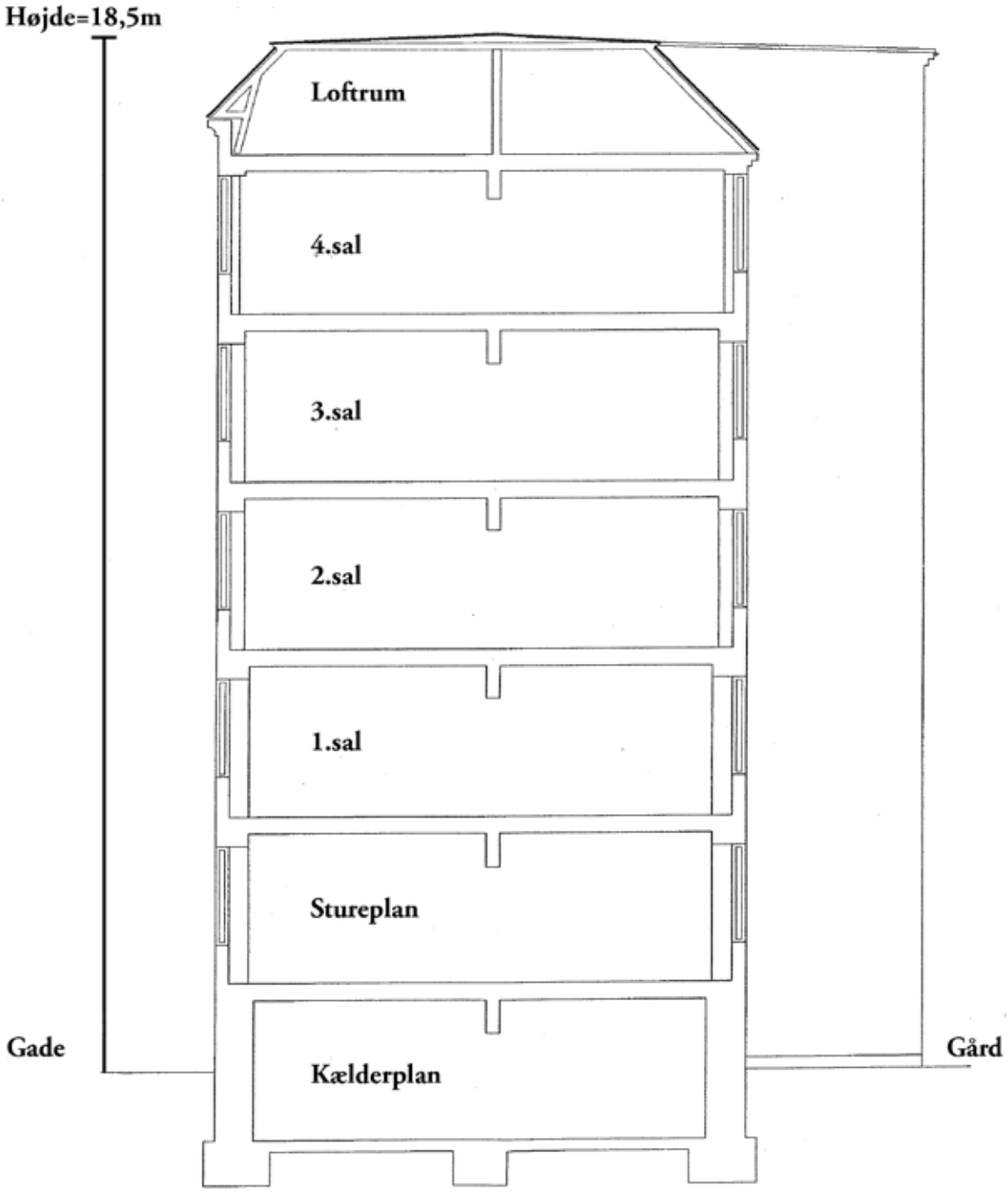
Sommer: Varmeflowet gennem taget på en typisk sommerdag. Heraf ses at flowet er meget mere stabilt på det ekstensive tag.
Illustration: Liu, K.; Minor, J.



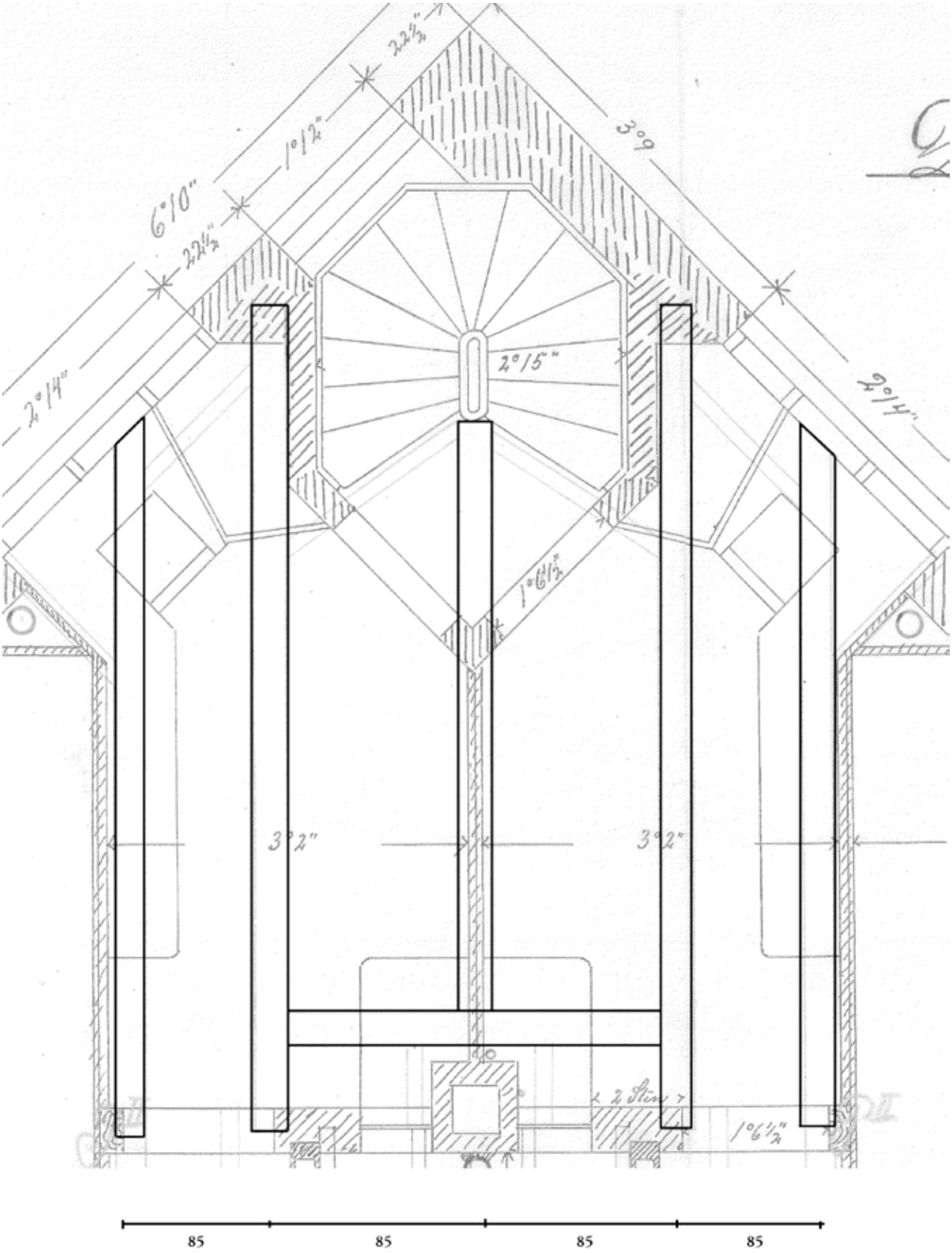
Sommer: Varmeflowet gennem taget på en typisk sommerdag. Heraf ses at flowet er meget mere stabilt på det ekstensive tag.
Illustration: Liu, K.; Minor, J.



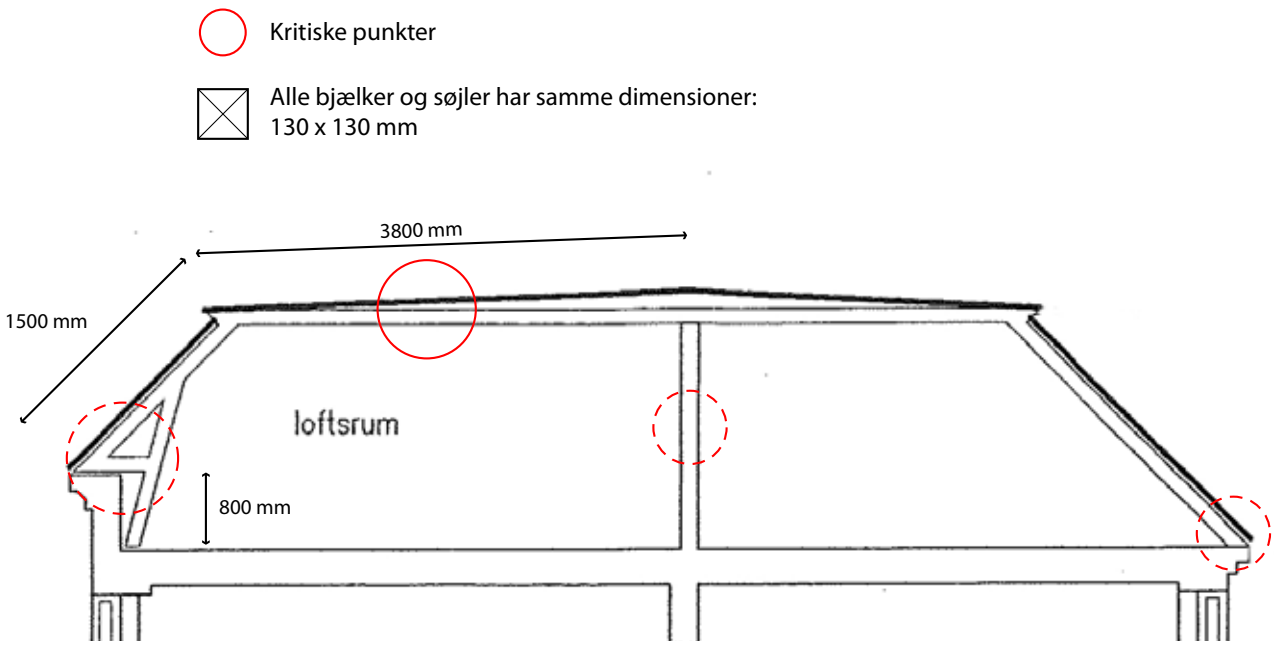
Hele året: Gennemsnitlige varmeflowet gennem hele året. Heraf ses at forskellen er størst i sommerperioden
Illustration: Liu, K.; Minor, J.



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:

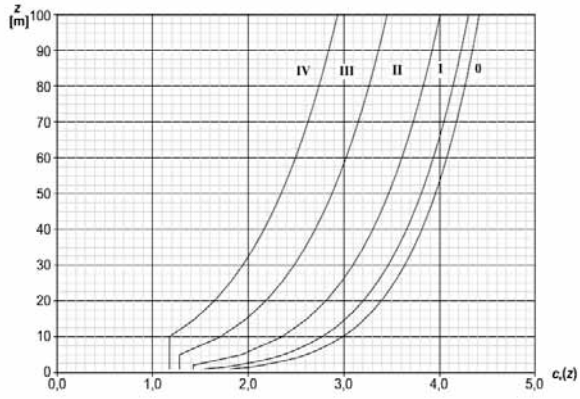
Referencehøjden, z, sættes til konstruktionens højde over terræn z_e = 18,5 m

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:

$$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$$

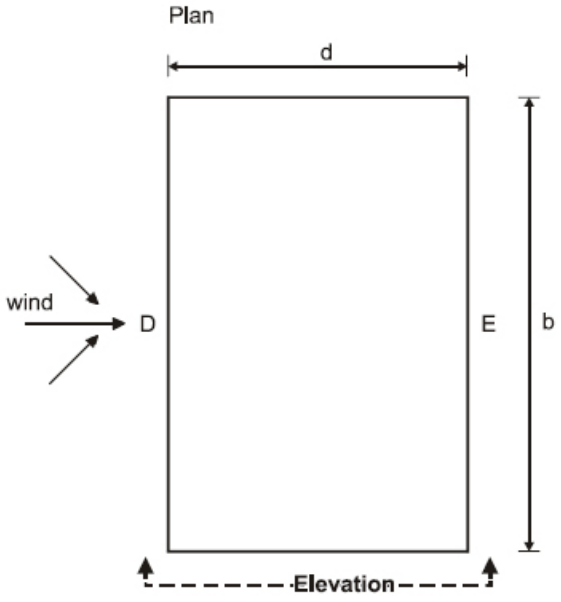
Hvor:

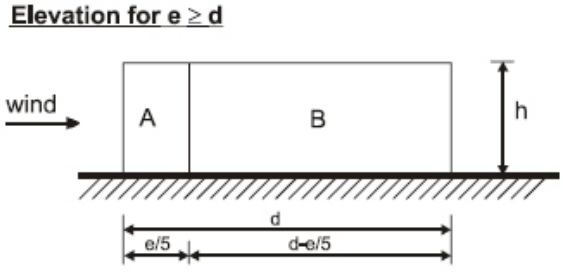
c_{pe} = ekstern tryk koefficient

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



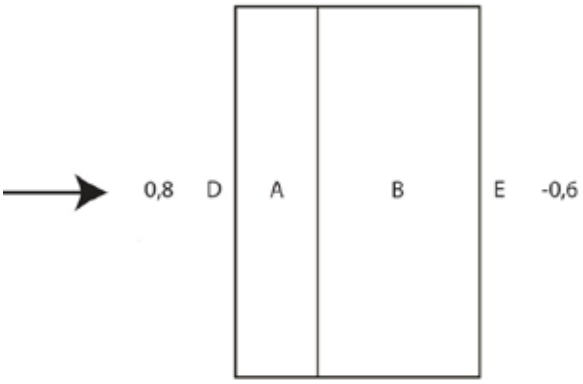


Vindtryk på overflader:

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

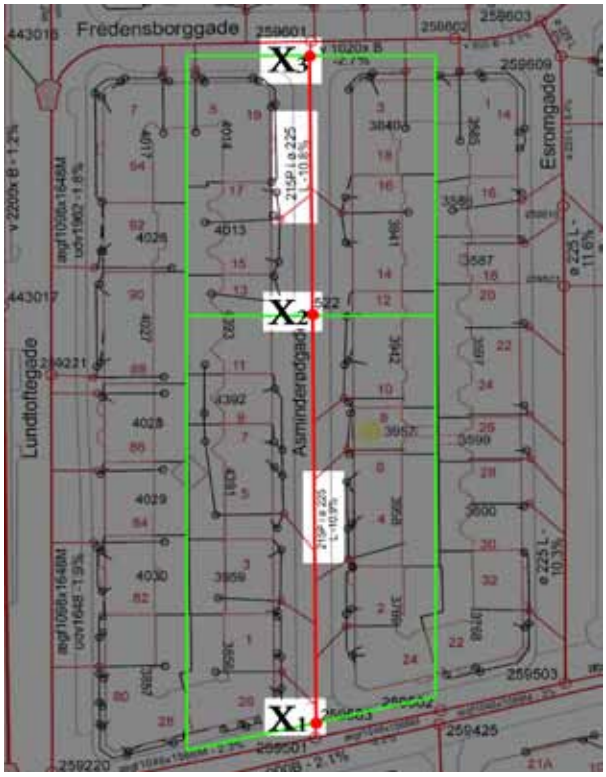
Rørtype er plast(P) i Asminrødgade

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.

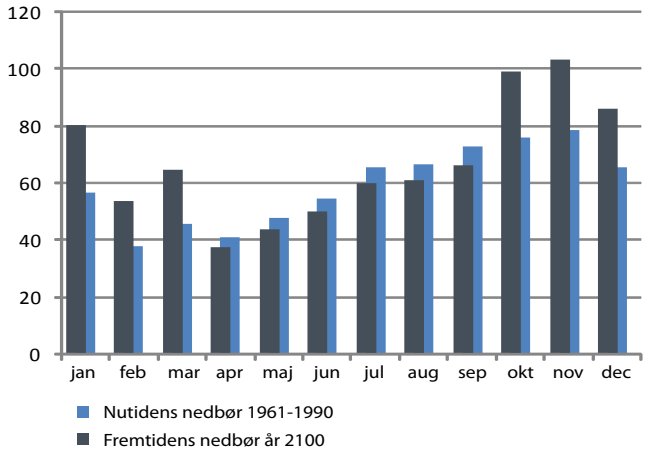
Beplantning	Tykkelse af vækstlag mm	Afløbskoefficient
Mos og stenurt	20 - 40	0,60
Mos, stenurt og andre mindre planter	60 - 100	0,50
Græs og mindre planter	150 - 200	0,40
Græsplæne og større planter / mindre træer	> 500 mm	0,10

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**

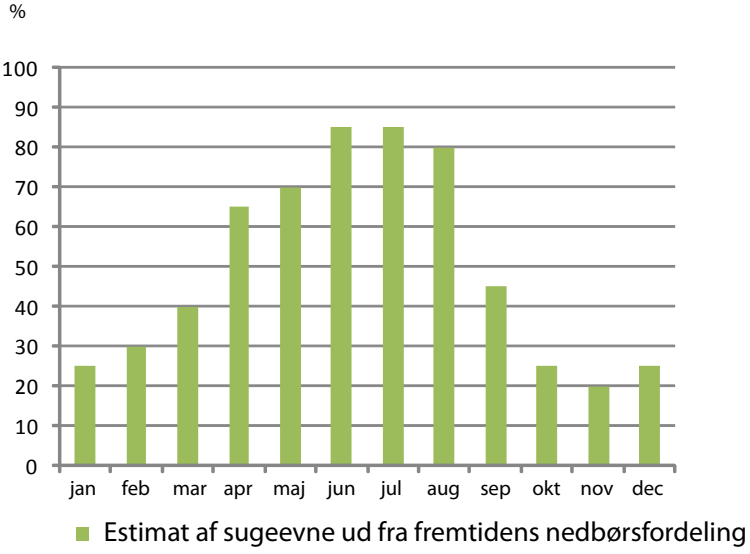
Strækning 2: ($X_2 - X_3$).

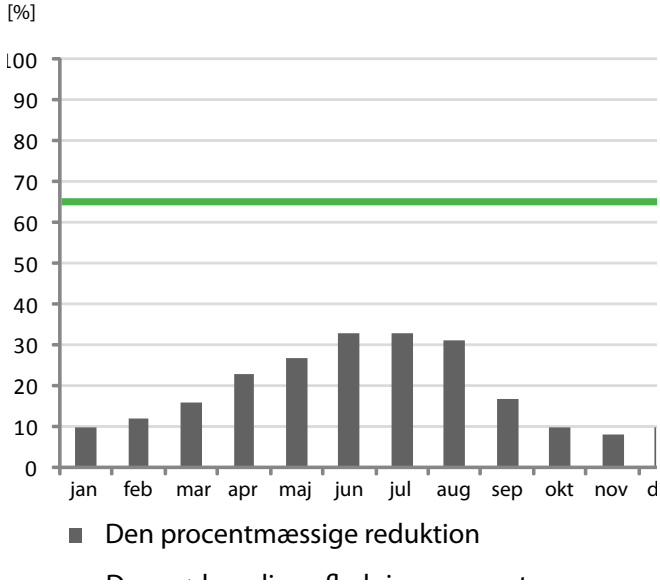
Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	35	0,1	4	
grus	32	0,6	19	
bede	10	0,6	6	
Grønt tag	**850**	**0,5**	**425**	
tagareal	0	1,0	0	
befæstet areal	1674	1,0	1674	
Sum	2601		2128	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**119**	**19,2**

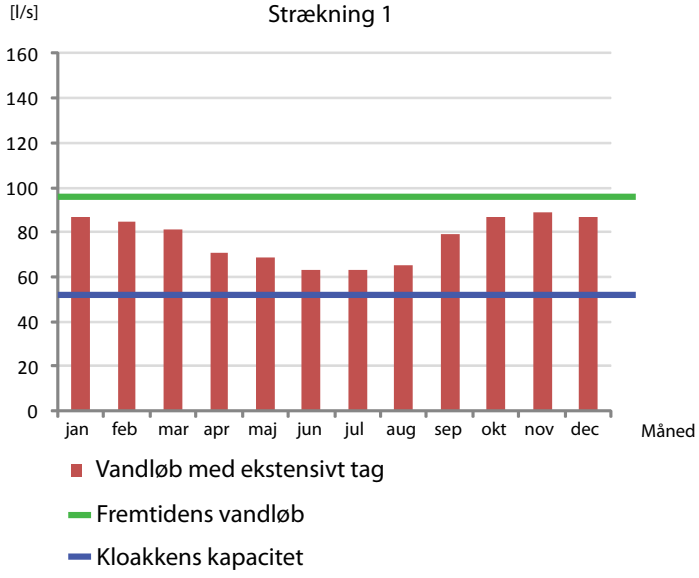
Scenarie 2: Begrønning ud fra tagets bæreevne

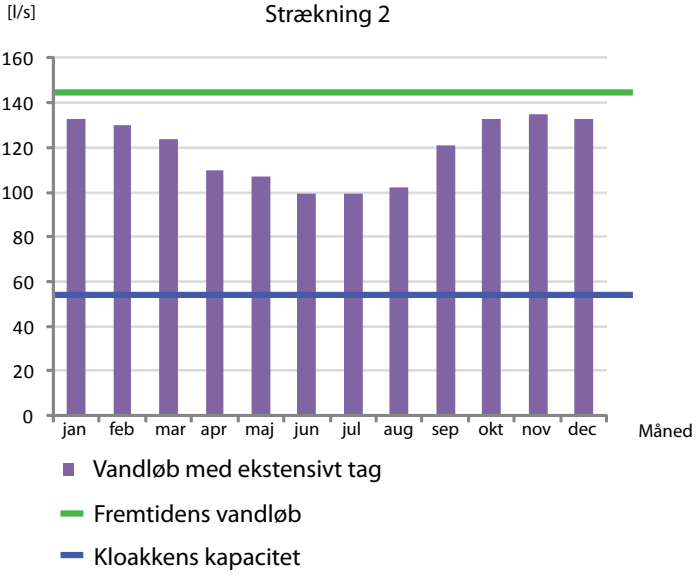
Ifølge vores estimat fås følgende varierende resultater henover sæson:

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

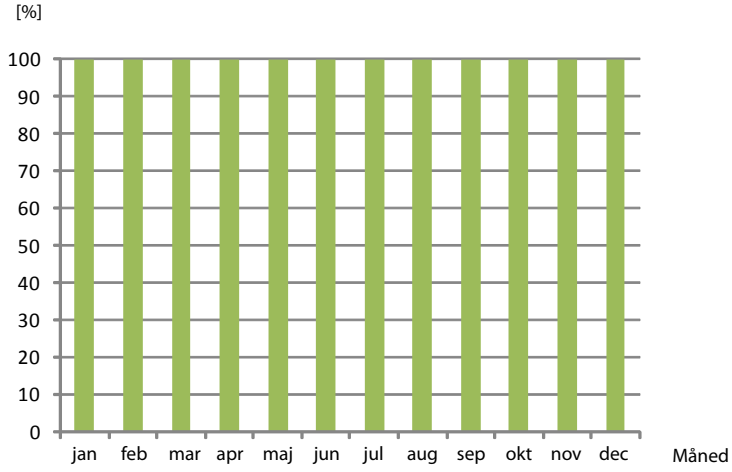
Heraf ses at den årlige tilbageholdelse er: =38,3 %

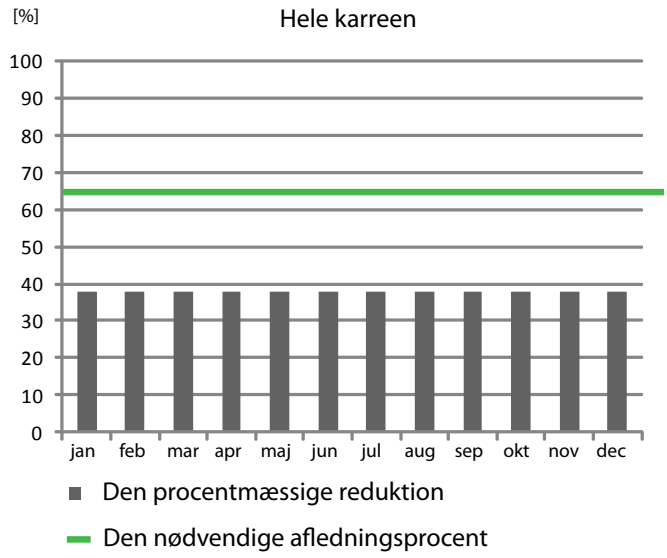
Strækning 2: ($X_2 - X_3$).

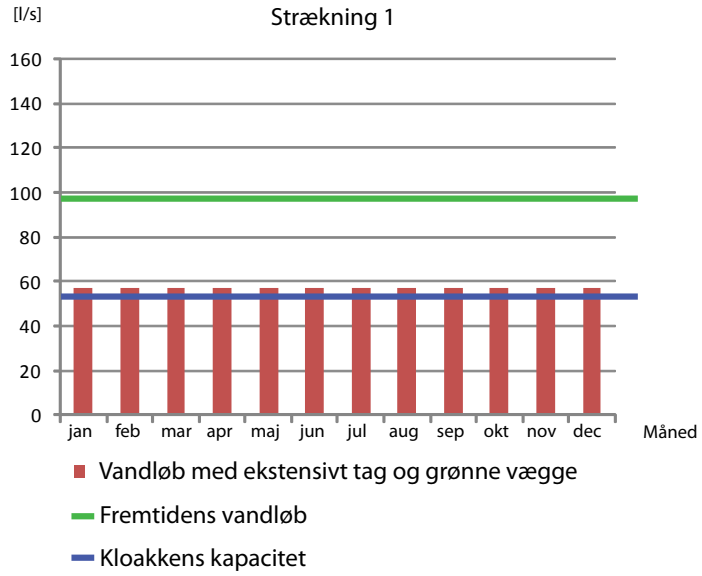
Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	35	0,1	4	
grus	32	0,6	19	
bede	10	0,6	6	
Grønt tag og væg	**850**	**0**	**0**	
tagareal	0	1,0	0	
befæstet areal	1674	1,0	1674	
Sum	2601		1703	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**90**	**38,3**

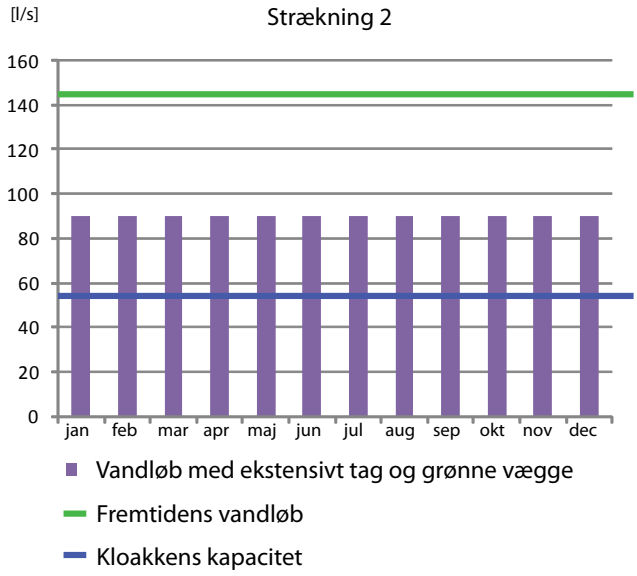
I scenrie 3 er der ingen estimater da vi går udfra at alt regnvandet der lander på bygningens tag, bliver opsuget gennem det ekstensive tag og de vertikale vægge.

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**

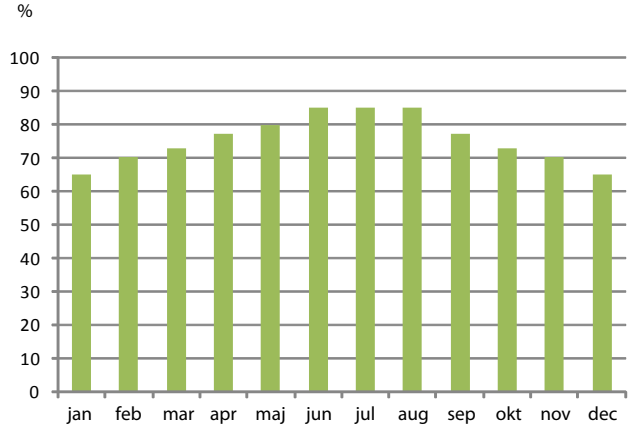
Strækning 2: ($X_2 - X_3$).

Heraf ses at den årlige tilbageholdelse er: **=32 %**

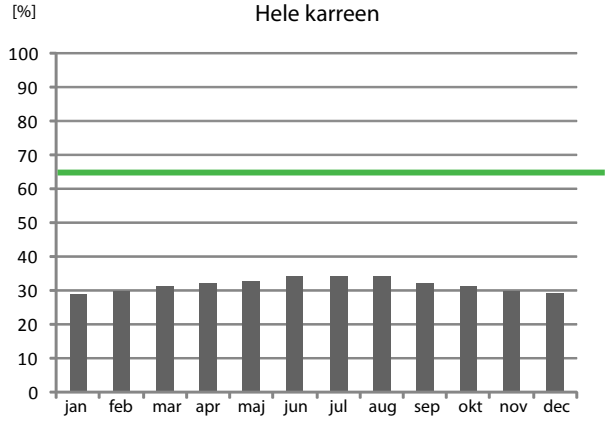
Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	35	0,1	4	
grus	32	0,6	19	
bede	10	0,6	6	
Grønt tag og væg	**595**	**0,25**	**149**	
tagareal	0	1,0	0	
befæstet areal	1674	1,0	1674	
Sum	2601		1851	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**100**	**32**

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

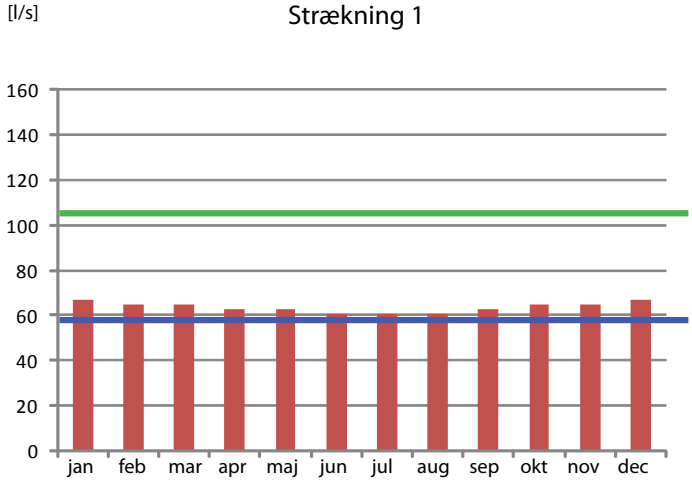


Estimat af sugeevne ud fra fremtidens nedbørsfordeling af et semi-intensivt tag med ca. 1/3 begrønning af væggene



Den procentmæssige reduktion

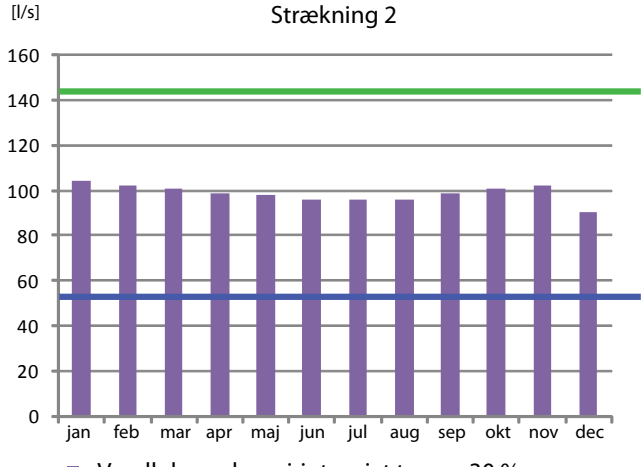
Den nødvendige afledningsprocent



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**

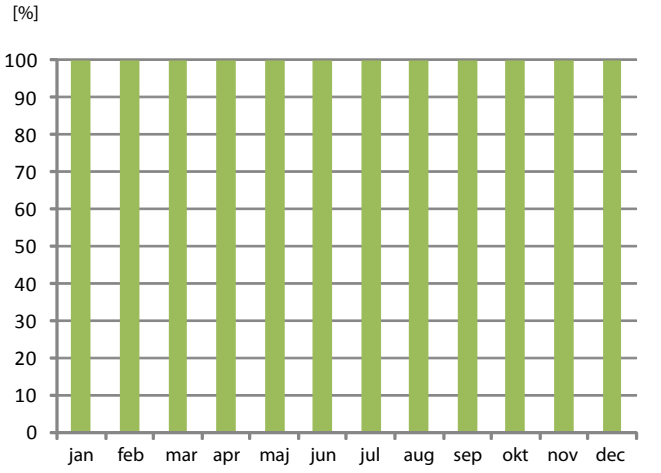
Strækning 2: ($X_2 - X_3$).

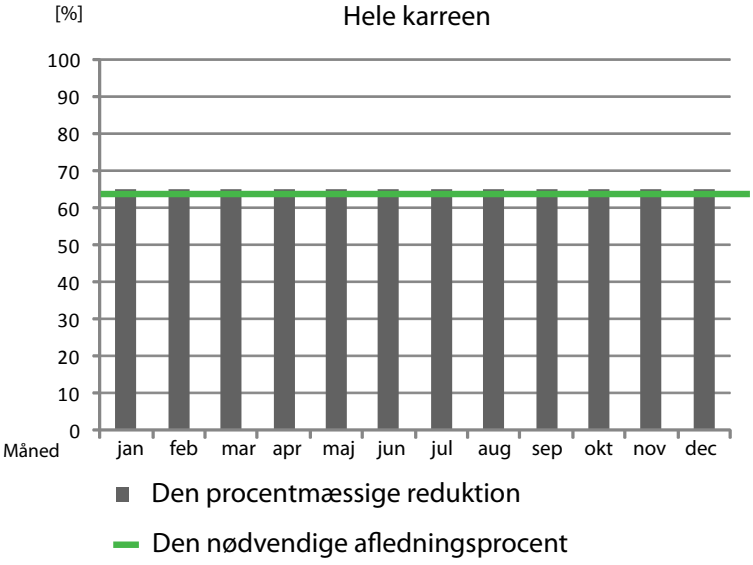
Heraf ses at den årlige tilbageholdelse er: **=65 %**

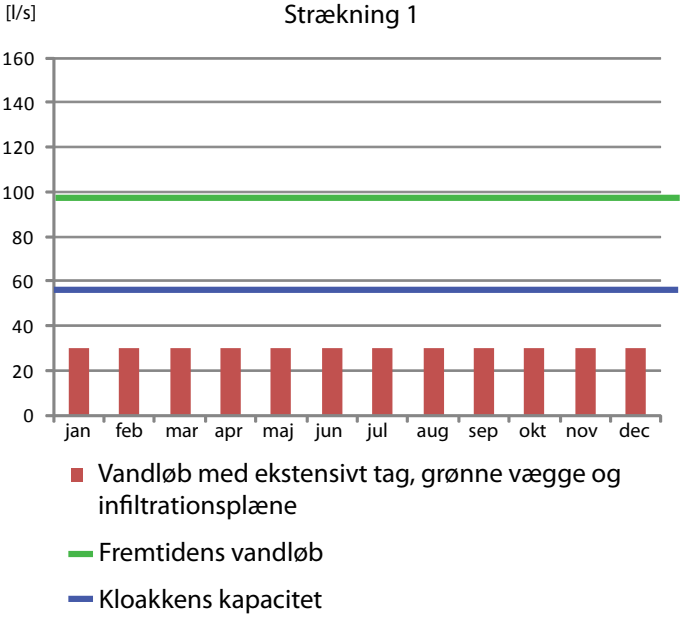
Underlag	areal - m2	afløbskoefficient (Cp)	Vandløbsareal - m2	Reduktion %
græs	35	0	0	
grus	32	0,6	19	
bede	10	0,6	6	
Grønt tag og væg	**850**	**0**	**0**	
tagareal	0	1,0	0	
gadeareal	976	1,0	976	
gårdareal	476	0,0	0	
græsamering	222	0,4	89	
Sum	2601		1090	
		l/s/ha	**l/s**	
Afledning for 2 års regn i fremtiden		196	**51**	**65**

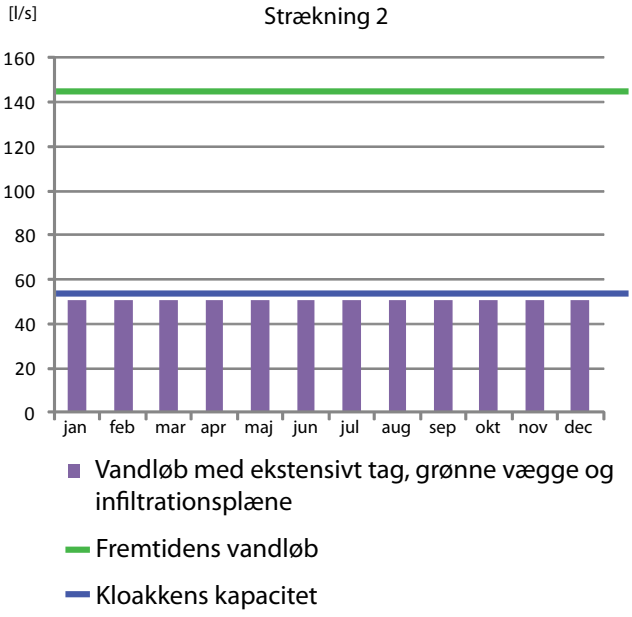
Ifølge vores estimat fås følgende resultater:

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.

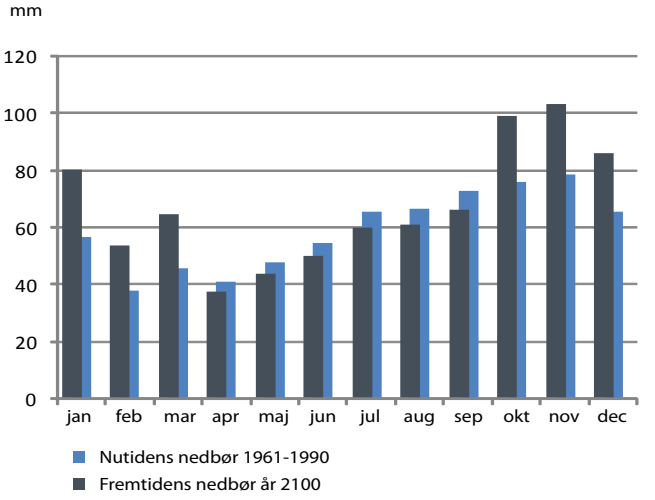
Sign-test:	Over	Over	Over	Samme	Over	Over	Over	Over	Under	Over	Under	Over

Over = 9 | Under = 2 | n = 11 | p = 0,5 | x = 9-1 = 8

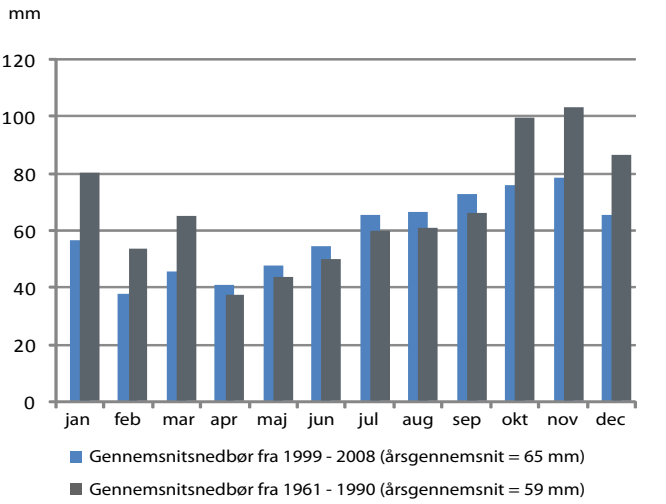
Bionomial Distribution Function = 0,9673 | 1 - 0,9673 = 0,0327 | 0,0327 < 0,05 h_0 kan forkastes dvs. der er kommet større nedbør de sidste 10 år

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.