



SPILDEVANDSKOMITEEN

ERFARINGSUDVEKSLING I VANDMILJØTEKNIKKEN **EVA**

NR. 3 • 27. ÅRGANG • SEPTEMBER 2014



Adresseliste for udvalgsmedlemmer

Mads Uggerby (formand)

EnviDan
Vejlsøvej 23, 8600 Silkeborg
e-mail: mau@envidan.dk
Tlf. 8722 8587

Jan Scheel

Niras
Vestre Havnepromenade 9, 9100 Aalborg
e-mail: jns@niras.dk
Tlf. 3078 7560

Sanne Lund (kasserer)

MOE A/S
Buddingevej 272, 2860 Søborg
e-mail: sal@moe.dk
Tlf. 2540 0246

Kjartan Gunnarsson Ravn

Vejle Spildevand A/S
Toldbodvej 20, 7100 Vejle
E-mail: kjara@vejlespildevand.dk
Tlf. 5118 1415

Lene Bassø

Aarhus Vand A/S
Bautavej 1, 8210 Århus V
e-mail: lba@aarhusvand.dk
Tlf. 8947 1142

Kristian Vestergaard

Ingeniørhøjskolen Aarhus Universitet
Energi- og miljødesign
Inge Lehmanns Gade 10, 8000 Aarhus C
e-mail: kv@iha.dk
Tlf. 4189 3341

Niels Overgaard

Vandcenter Syd
Vandværksvej 7, 5000 Odense C
e-mail: nio@vandcenter.dk
Tlf. 6313 2326

Udgiver

Ingeniørforeningen, IDA – Spildevandskomiteen Erfaringsudveksling i Vandmiljøteknikken EVA

Hjemmeside

www.evanet.dk

E-mail

eva@evanet.dk

Dette blads redaktør

Sanne Lund, sal@moe.dk

Næste blads redaktør

Lene Bassø, lba@aarhusvand.dk

Deadline for indlæg

December 2014

Næste blad forventes udgivet

Januar 2015

Redaktion

Margrethe Nedergaard, mao@cowi.dk

Indhold

Leder	5
Indbydelse til Temadag	6
Kalender	8
Oversvømmelser og forventede årlig omkostning Anders Skovgård Olsen	9
Skybrudssikring af Amager skaber varige blågrønne værdier Ezra Rémy	12
Nyt skrift på vej fra Spildvandskomiteen Ida Bülow Gregersen og Karsten Arnbjerg-Nielsen	23





DACU 080070

BARSLUND

080070

BARSLUND **BARSLUND** **BARSLUND** **BARSLUND**

+4

ADVARSEL
Opnået indløb
ved nedgraving
af forløb

Leder

Danmark er en kystnation

Danmark er en kystnation, så derfor lytter vi ekstra godt efter, når der kommer nyt omkring havspejlsstigninger, – bl.a. fra IPCC. Der er ingen tvivl om, at mange danske kystbyer står overfor væsentlige udfordringer. Men ikke desto mindre udbygger vi i rask tempo havnearealer i mange kystbyer, – nye centrale by arealer og til tider spektakulære bygninger skyder op. Er vi bindegale, håbløse optimister eller har vi tænkt os rigtigt godt om, og taget de nødvendige forholdsregler?

Også i Aarhus er der fuld gang i at etablere en hel ny central bydel på de gamle havnearealer. Bl.a. har Ingeniørhøjskolen på Århus Universitet etableret sig i et helt nyt uddannelses- og innovationshus, – kaldet Navitas. Så nu kan nogle af fremtidens miljø- og klimaingeniører på nærmeste hold følge med i udviklingen i vandstands niveauet i Aarhus bugten, som vi fra Ingeniørhuset i København på tilsvarende vis kan følge vandstandsudviklingen ved Kalvebod Brygge. Vi krydser fingre for at dimensioneringsforudsætningerne holder. Mange har haft fornøjelsen af at besøge Ingeniørhuset, mens kun få endnu har besøgt Navitas, men du får nu muligheden d. 12/11, hvor EVA-udvalget afholder temadag i Aarhus, - se det foreløbige program her i bladet.

For tiden rumler det i undergrunden på Island, men det gør det også rundt omkring i Danmark, hvor boremaskiner ikke blot borer huller til metro, men også til store spildevandsledninger/bassiner. Bl.a. Helsingør har nu forbundet sit bycentrum med renseanlægget med en dybtliggende tunnel. I Aarhus er man tæt på at starte boremaskinerne. Så selv om "håndtering på overfladen" næsten er blevet klimaingeniørens mantra, så arbejdes der dog også i dybden. Og vi skal netop huske at tænke os godt om i hvert enkelt projekt, og ikke lade os rive med på en bølge af fascination over naboforsynings valg af løsninger. Vi skal lade os inspirere, og så skal vi vælge den "rigtige" løsning til vores eget projekt.

Vi håber at se rigtig mange på næste
EVA-temadag den 29. oktober 2014 i Aarhus

Vel mødt!

EVA-udvalget indbyder til

EVA-temadag

*Tunneller, sluser, pumper,
overløb og klimasikring*

– Aarhushistorier af de bedre ...

Den 29. oktober 2014 i Aarhus

Normalt afholdes temadage i EVA-regi i trygge rammer på Nyborg Strand, men sidste år blev dette mønster brudt, da en af temadagene blev flyttet ud og dubleret på henholdsvis DTU og Aalborg Universitet. Dette forøgede markant antallet af deltagende studerende – fremtidens ingeniører, hvilket er i tråd med et af EVA-udvalgets indsatsområder.

Nu er det atter tid til at flytte en temadag ud fra Nyborg, og denne gang bliver det til Aarhus Universitet, – nærmere betegnet til lokaliteten Navitas på havnen i Aarhus – et spritnyt uddannelses- og innovationshus, hvor bl.a. bygningsingeniøruddannelserne vil holde til fremover. Og ikke nok med at temadagen afholdes i Aarhus – også formen vil blive lidt anderledes, idet eftermiddagen vil blive anvendt til besigtigelse af en række projekter i Aarhus, så medbring passende beklædning.

For 2 år siden afholdtes en temadag i EVA-regi med titlen "Store anlægsprojekter – min er større end din". Et par af indlæggene omhandlede tunnelleringsprojekter, dels i Oslo dels i Helsingør. Nu har også Aarhus meldt sig på banen med et tunnelanlæg under byen til spildevand. Som et led i projektet etableres der også et større bassin på Marselisborg Renseanlæg og en ny udløbsledning. Anlægsprocessen er for længst gået i gang, men det er ikke uden problemer at arbejde i dybden i et kystnært område. Forhåbentligt vil en boremaskine snart kværne sig vej fra Marselisborg Renseanlæg op mod midtbyen.

Herudover er der ved udløbet af Aarhus Å ved at blive etableret en sluse og et større pumpeanlæg for at kunne beskytte midtbyen i højvandsituationer – også dette projekt påregnes at blive besigtiget på temadagen. Endelig har Aarhus Vand været projektholder på to VTU-projekter, hvorfra de foreløbige erfaringer påregnes præsenteret på temadagen.

Vel mødt i Aarhus





Sæt kryds
i kalenderen
den 29. oktober 2014
Det endelige program for temadagen
vil blive tilgængeligt når det foreligger,
såvel på IDA's hjemmeside,
som på www.evanet.dk

Urban Mediaspace Aarhus, juni 2014.
Til venstre i billedet ses udløbet af Aarhus Å, hvor der etableres
sluse og et pumpeanlæg med en kapacitet på ca. 18000 l/s.
Kilde: Urbanmediaspace.dk

Foreløbig program

- 9:30 **Ankomst til Navitas, kaffe med brød**
- 10:00 **Velkomst og indledning**
Kristian Vestergaard, EVA-udvalget
- 10:15 **Faglige indlæg i Auditoriet**
(ca. 4-5 indlæg af 20-30 minutter)
- Baggrunden for tunnelprojektet i Aarhus
 - Myndighedsbehandlingen/konsekvensvurdering af tunnelprojektet
 - Identifikation af regnvand i spildevandsledninger
 - Måling af overløb fra fællessystemer
 - Sluseprojektet ved Aarhus Å – baggrund
 - Klimasikring af havne nære arealer
- 12:30 **Frokost**
- 13:30 **Besigtigelse i grupper**
- Sluse/pumpeprojektet ved Aarhus Å
 - Bassin, udløbsledning og tunnelprojekt på Marselisborg Renseanlæg
 - Klimasikring af Aarhus Ø
- 15:45 **Kaffe/afrundning på Navitas**
Kristian Vestergaard, EVA-udvalget
- 16:00 **Tak for denne gang og kom godt hjem**

Navitas, Inge Lehmanns Gade 10, 8000 Aarhus C.
Se mere på www.navitaspark.dk



Deltagergebyr

Medlem af EVA	1300 kr.
Øvrige	1500 kr.
Ingeniører, Ikke medlem af IDA	3450 kr.
Studerende gratis	

Tilmelding

Tilmeld dig på IDAs hjemmeside
<http://ida.dk/arrangementer>
på arr. nr. 312105

Hvor du opgiver

- Arrangement nr.
- Navn, Adresse, Tlf. nr., E-mail
- Helst fødselsdato
- Oplysning om du er ingeniør eller ej.
(Arrangementet er åbent for alle)

Kalender

EVA-arrangementer

Faglige arrangementer for efterår 2014

Der henvises i øvrigt til de respektive kursusudbyderes hjemmesider for ajourføring af kursusdatoer, yderligere information samt tilmelding.

EVA arrangementer

29. okt. EVA-temadag i Aarhus

Danva arrangementer

12. nov. Udbudsregler og entreprise

18. nov. Dansk Vand Konference 2014

Ferskvandscentret

24. sep. Tilladelser til udledninger med miljøfarlige stoffer

1. okt. Håndtering af overskudsjord

22.-23. okt. Håndtering af regnafstrømning

4.-5. nov. Afløbsjura – hvad er praksis?

10.-11. nov. Spildevandsplanen

27. nov. Rensning af regnvand

1.-2. dec. Praktisk drift af pumpestationer

DHI

7.-8. okt. Mike Urban Water Distribution

14.-15. okt. Mike Flood

Teknologisk Institut

22. okt. Lokal Afledning af Regnvand – LAR

20. nov. Regnvand til tøjvask og toiletskyl (kursus afholdes i Aarhus)

28. okt. og 5. nov. Skybrudssikring af bygninger og kældre
(i henholdsvis Aarhus og København)

Oversvømmelser og forventede årlig omkostning

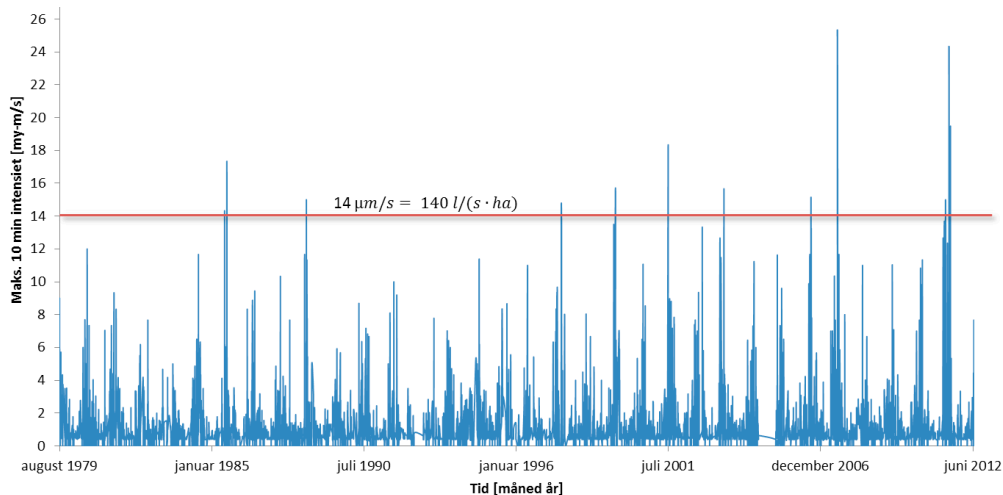


Af: Anders Skovgård Olsen, Krüger a/s

I maj måned på EVA-mødet ”Fra plan til projekt – realisering af klimatilpasning” blev deltagerne præsenteret for indholdet af det projekt, som skal sikre en god og ensartet håndtering af oversvømmelser.

Det er planen, at projektet skal resultere i et skrift fra Spildevandskomiteen som skal hjælpe kommuner og forsyninger rundt om i landet med metodeanvisninger, der gør det muligt at prioritere og bruge risikokortlægningen fra klimatilpasningsplanerne aktivt. Mange steder rundt om i landet er man allerede godt i gang med at identificere de steder i kommunen, hvor risikoen forbundet med oversvømmelser er størst. Dette arbejde skulle gerne munde ud i konkrete projekter, som kan nedbringe den samlede risiko i kommunen. Risiko er her defineret som sandsynlighed gange konsekvens. Samtidigt er det dog også vigtigt at overveje, hvor man får mest for sine penge og til hvilket niveau, i form af gentagelsesperioder, det er hensigtsmæssigt at sikre sig mod oversvømmelser. I det nye skrift lægges der derfor op til at anvende en forventet årlig omkostning som den indikator, der ses på, når vi taler om det samlede risikobillede og som anvendes ved vurdering og sammenligning af klimatilpasningstiltag.

Udgifterne i forbindelse med oversvømmelser er naturligvis ikke jævnt fordelt fra år til år, men kommer i større eller mindre portioner som f.eks. d. 2. juli 2011 i København. Denne ene hændelse havde skader på omkring 6 mia. kr. og har, sammen med oversvømmelserne i 2007 i Greve og 2010 i København, givet anledning til en række initiativer til reducere af oversvømmelsesrisiko.

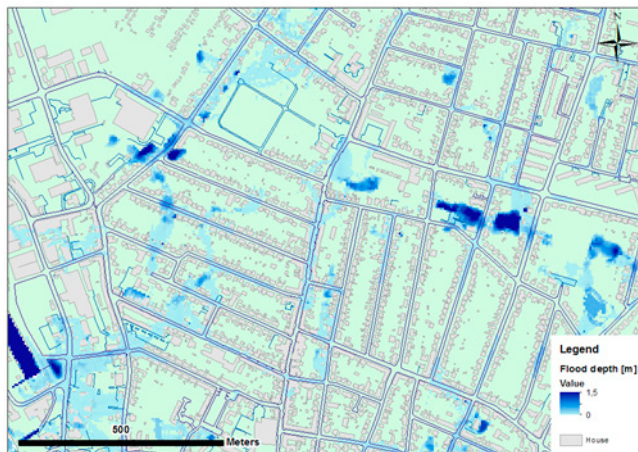


Figur 1

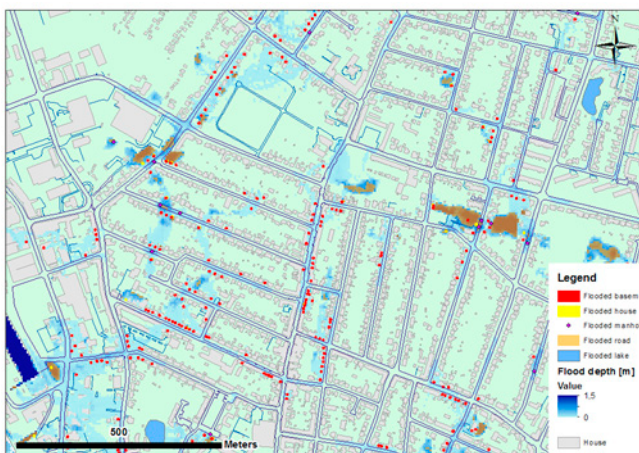
Et afløbssystem vil typisk kunne håndtere op til en vis mængde regn (rød linje). Når systemets kapacitet overskrides vil der ske oversvømmelser. Den årlige omkostning findes ved at summere omkostningerne for alle skadevoldende hændelser i perioden og herefter dele med antal år i observationsperioden.

Dette kan illustreres ud fra en historisk regnserie (Figur 1), med et eksempel hvor afløbssystemet er dimensioneret til 140 l/(s·ha). Under denne intensitet sker der alt andet lige ingen skader. Den årlige omkostning vil herefter blot være summen af skaderne fra de hændelser, som overstiger afløbssystemets kapacitet delt med længden af observationsperioden. Problemet opstår når der ses ud i fremtiden til den forventede årlige omkostning. Her er der naturligvis ikke historiske data, hvorfor der enten skal konstrueres en tidsserie (der findes statistiske værktøjer til dette) eller der skal etableres et forhold mellem skadesomkostningerne og gentagelsesperioden for regnhændelser. Sidstnævnte er beskrevet i det følgende.

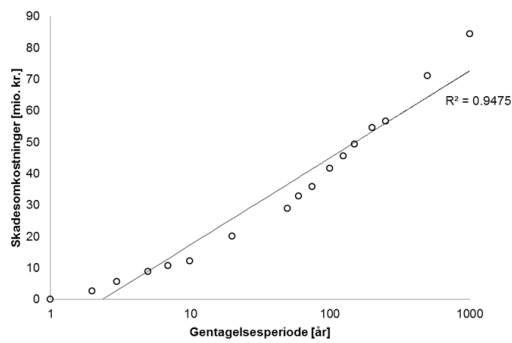
Opgørelse af skadesomkostningerne, relateret til en specifik hændelse, er forudsætningen for at estimere den forventede årlige omkostning. Findes der virkelige data fra en historisk hændelse kan disse bruges, dog er det vigtigt at være opmærksom på hvordan skaderne er opgjort. Er det udelukkende materielle skader, som tælles med? Populært sagt siger man: "what you don't count don't count". Altså, udelader man nogle typer af skadesklasser i sin opgørelse har man også sagt at disse ikke har nogen værdi i forhold til sine beregninger. Få steder har



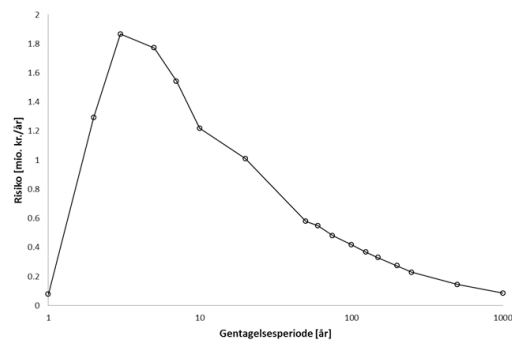
Figur 2
Oversvømmelseskortet angiver udbredelsen og vanddybden relateret til en specifik gentagelsesperiode.



Figur 3
Kombineres oversvømmelseskortet med oplysninger om skadesklasser kan der laves en optælling vha. et GIS-værktøj til at se eksempelvis hvor mange huse der vil blive ramt.



Figur 4
Sammenhængen mellem gentagelsesperioden og skadeomkostningerne kan beskrives ved en log-lineær sammenhæng. Ud fra denne linje kan skadesomkostninger fra gentagelsesperioder, der ikke er simuleret aflæses.



Figur 5
Det samlede risiko billede i et givent år. Risikoen kan også udtrykkes som funktion af sandsynligheder i stedet for gentagelsesperioder. Arealet under kurven vil i så fald være den forventede årlige omkostning.

man pålidelige data fra flere forskellige hændelser med varierende gentagelsesperioder. En metode til at komme omkring denne problemstilling er at simulere oversvømmelser ved hjælp af en hydraulisk model. Oversvømmelseskort, som er en del af vejledningen fra Naturstyrelsen omkring klimatilpasningsplaner, indeholder informationer om udbredelsen og vanddybden på terræn (Figur 2). Dette kan kombineres med informationer omkring forskellige skadeklasser ved at bruge forskellige GIS-værktøjer. (Figur 3).

Disse simuleringer kan udføres for en række gentagelsesperioder, hvilket gør det muligt at etablere en sammenhæng mellem gentagelsesperiode og skadeomkostninger. Et eksempel på dette kan ses i Figur 4. Igen er det vigtigt at understrege, som tilfældet er med de virkelige data, at de typer af skader, som ikke medtages i optællingen, ikke bidrager til den forventede årlige omkostning.

Som nævnt tidligere er det dog nødvendigt at de enkelte hændelser vægtes i forhold til deres sandsynlighed. Tager man skadesomkostningerne fra Figur 4 og ser på dem i forhold til den sandsynlighed der er for at hændelsen vil forekomme i et givent år fås sammenhængen, som ses i Figur 5.

Figur 5 viser den samlede risiko da hver hændelse er udtrykt i dets årlige bidrag til den samlede risiko. Figuren viser også at det ikke er de store hændelser, som bidrager mest til den forventede årlige omkostning. Nok er skadeomkostningerne størst for disse hændelser, men da de samtidig er meget sjældne er risikoen lav. De hændelser som bidrager mest, findes omkring de mellemstore hændelser, som har relativt store skadeomkostninger og samtidigt høj sandsynlighed for at forekomme.

En af fordelene ved at bruge en model til at beregne skadeomkostningerne er, som det altid er når modeller anvendes, at det bliver muligt at analysere mange forskellige scenarier. For eksempel hvad er effekten af klimaforandringer, herunder betydningen af hvilken klimafaktor, som anvendes? Hvor stor effekt har et klimatilpasningstiltag på det samlede risikobillede osv. Ved at anvende den samme metode sikres det også at der er et konsistent sammenligningsgrundlag mellem forskellige projekter i en kommune.

Afslutningsvis er det dog vigtigt at understrege at metoden skal ses som et beslutningsværktøj. Oftest er der en lang række overvejelser man skal gøre sig i forbindelse med klimatilpasningsprojekter, og risikokortlægningen og de samfundsøkonomiske beregninger er blot nogle af dem. Med udregningen af den forventede årlige omkostning sikres et ens sammenligningsgrundlag for forskellige scenarier og løsningsforslag og så længe metoden og beregninger er gennemskuelige kan dette være med til at gøre arbejdet mere struktureret. Dette er også formålet med det nye skrift fra Spildevandskomiteen.

Skybrudssikringen af Amager skaber varige blågrønne værdier

Skybruddene 2. Juli 2011 og 31. august 2014 sætter skub og fokus på implementeringen af skybrudsplanen for København



Af Ezra Rémy, EnviDan A/S

Den 31. august 2014 stod de københavnske gader igen under vand, og billeder af druknede biler og borgere med vand til knæene gik landet (og verden) rundt.

I forbindelse med skybruddet i København 2. juli 2011 blev store dele af byen, som det vistnok er de fleste bekendt, ramt af omfattende oversvømmelser. Den 31. august 2014 stod de københavnske gader så atter under vand, og billeder af druknede biler og borgere med vand til knæene gik landet (og verden) rundt. 2. juli 2011 og 31. august 2014 – 2 datoer, der ændrede københavnernes opfattelse af deres egen by – 2 skybrudshændelser, der statistisk burde forekomme med flere hundrede års mellemrum. Skybruddet 2011 kostede alene over 6 mia. kr. og i begge situationer stod der også menneskeliv på spil. I den efterfølgende samfundsdebat er et af de oftest stillede spørgsmål til politikerne og forvaltningen: "Hvorfor har Københavns Kommune ikke brugt tiden efter 2011 til at sikre byen mod fremtidige skybrud?", underforstået: "I har vel bare siddet og trillet tommelfingre inde på kommunen". Men grundlæggende at transformere en millionbys infrastruktur og gøre den skybrudssikker og robust over for klimaforandringerne er naturligvis en så kompleks og omfattende opgave, at det ikke lige ordnes i et snuptag. Det kræver en så stor indsats både med hensyn til forberedelse, planlægning, projektering og udførelse, at de 20 – 30 år, der er den udmeldte implementeringshorisont for skybrudsplanerne, endda kan synes lettere optimistisk – hvilket sikkert kan være svært at forklare en journalist i en presset situation, uden at det lyder som en dårlig undskyldning. Jeg vil derfor her i artiklen, hvor der er afsat lidt bedre plads end normalt, forsøge at løfte lidt af sløret og redegøre for processen og de metoder og principper, der ligger bag skybrudssikringen af København, eksemplificeret ved arbejdet med skybrudsplanen for Amager og Christianshavn.

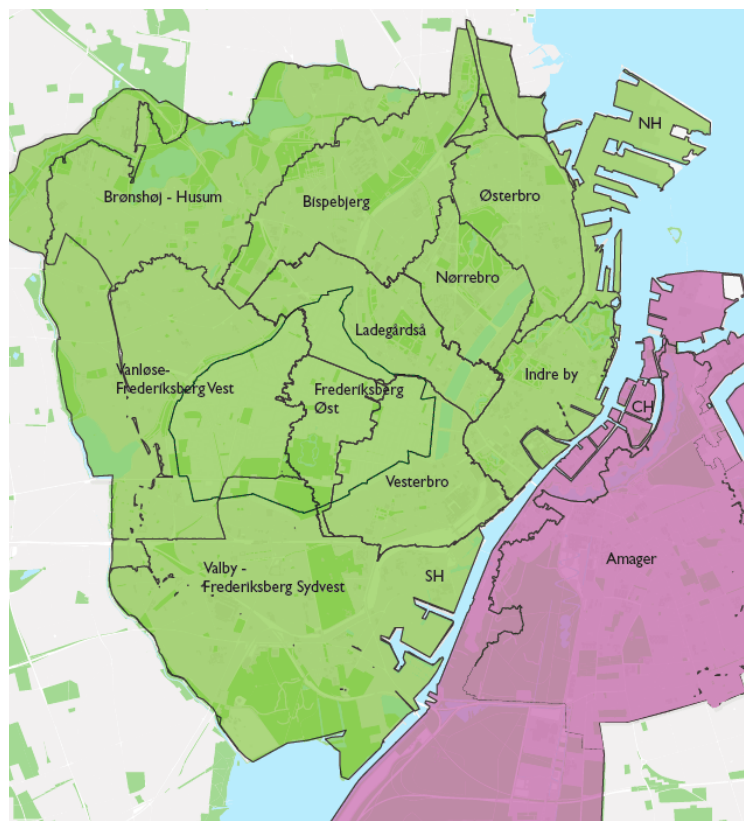
Bl.a. som følge af de alvorlige konsekvenser, som skybruddet 2011 medførte, og på grundlag af klimatilpasningsplanen fra 2011, vedtog Københavns Kommuner i 2012 en ambitiøs skybrudsplan, med det formål at gøre byen robust og modstandsdygtig i forhold til ekstreme regnhændelser, samtidig med at byens arealer og veje får et grønblåt kvalitetsløft, og byens afløbssystem klimatilpasses gennem afkoblingen af regnvand. Skybrudsplanen satte målene, niveaue og retningslinjerne for skybrudssikringen, men anviste ikke konkrete tiltag eller løsninger, der direkte kan implementeres. I 2013 blev byen derfor inddelt i 7 – 8 store sammenhængende skybrudsoplande, og forskellige rådgivere fik til opgave at konkretisere de overordnede planer på oplandsniveau. EnviDan A/S fik ansvar for at udarbejde planerne for Amager og Christianshavn – ca. 1/3 af Københavns Kommunes samlede areal (se figur 1).



Gruppe F

Løsningsforslag,
Italiensvej som grønt parkstrøg

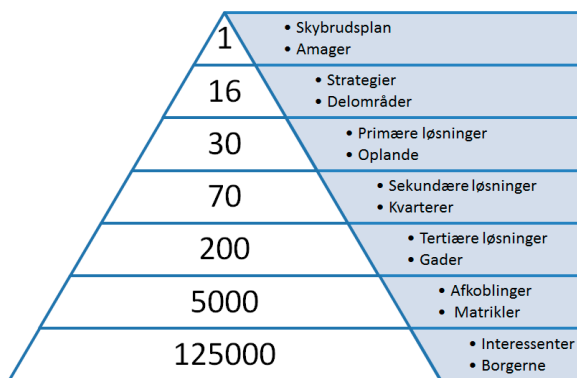
Figur 1
Skybrudsoplande



Formålet med konkretiseringen af skybrudsplanen for Amager og Christianshavn og de øvrige oplande var og er at udarbejde en sammenhængende plan for skybrudssikringen, og at dimensionere, kalkulere, beskrive og visualisere de konkrete løsninger, og dermed tydeliggøre, hvilke ændringer og forbedringer den bæredygtige omstilling til en skybrudssikret grøn og blå hovedstad vil medføre – både i skybrudssituationen og i dagligdagen. De foreslåede skybrudsløsninger skal opfylde et på daværende tidspunkt helt nyt serviceniveau, der indebærer, at der maksimalt accepteres 10 cm vand på terræn under fremtidige skybrud, defineret som en 100-års regnhændelse i år 2100. Opgaven blev løst i et tæt, dynamisk og komplekst samarbejde mellem Københavns Kommune, HOFOR og EnviDan, med landskabsarkitekterne Tredje Natur og Gruppe F som underrådgivere.

Målsætning og strategi

Indsatsen i forhold til skybrudssikring har naturligvis som sit primære mål at forebygge de omfattende skader et skybrud kan afstedkomme. Det er således den naturlige første prioritet, at løsningerne kan tilbageholde og bortlede vandet, og at dette underbygges ved beregninger i hydrauliske



Figur 2
Top down – bottom up (De angivne antal beskriver ikke den akkurate fordeling af løsningerne, men angiver størrelsesforholdene imellem de forskellige niveauer)

modeller, der inkluderer både terræn og afløbssystem. Men afgørende for implementeringen er ligeledes hvilke goder og værdier de massive investeringer, der er forbundet med indsatsen, kan tilføre bylivet bredt betraget – ikke blot som en tilfældig sidegevinst, men som en central og integreret del af planlægningen og prioriteringen af virkemidler og tiltag. Konkretiseringen af skybrudsplanen drejer sig i det perspektiv om, hvordan man finder den optimale kombination af tiltag, der både forebygger oversvømmelser og samtidig medvirker til at løfte bymiljøet i en grøn og bæredygtig retning. Udfordringen er nemlig at få mest mulig værdi for investeringerne, både hvad angår udgangspunktet – vandets kvantitet (skybrudssikringen), men også i forhold til vandets kvalitet (vandmiljø og sundhed) og vandets grønne og blå værdi (bæredygtighed, grøn vækst, livs- og byrums-kvalitet). Udgangspunktet for opgaven var derfor så vidt muligt at undgå traditionelle rør og underjordiske bassiner og i så høj grad som muligt at anvende overfladeløsninger, der, udover at have en rensende effekt, også er langt mere robuste og fleksible overfor den betragtelige usikkerhed, der er og vedblivende vil være, i forhold til de fremtidige konsekvenser af klimaforandringerne.

Konkretiseringen af skybrudsplanen for Amager og Christianshavn tog derfor udgangspunkt i følgende strategi:

- At skybrudsvandet, så langt som overhovedet muligt, håndteres ved terrænbaserede løsninger, dvs. lokal forsinkelse på terræn, afledning til havn/hav via skybrudsveje, samt kontrolleret oversvømmelse af større grønne områder.
- At de terrænbaserede løsninger så vidt muligt bidrager til at skabe merværdi i forhold til at skabe mere blå, mere bæredygtige, mere grønne og skønne bymiljøer.
- At opnå maksimal synergi mellem skybruds- og LAR- løsninger, hvilket i praksis vil sige, at der indtænkes mulighed for håndtering af hverdagsregn ved etablering af skybrudsanlæg, og at der indtænkes skybrudssikring ved etablering af LAR løsninger.

Der er på Amager og Christianshavn gode muligheder for at håndtere skybrudsvandet på terræn og dermed undgå massive investeringer i rørløsninger:

- Amager er begunstiget med store grønne områder (Kløvermarken, Amager og Kalvebod Fælled (Amager Naturpark), Sundby Idrætspark mv.).
- Der er mange steder kort afstand til havnen og kysten og dermed gode muligheder for at aflede regnvandet direkte afledning til recipienten (f.eks. Chr. Havn og Islands Brygge).
- Bortset fra den nordlige del af Amager (Amagerbro, Islands Brygge), er der generelt relativt lavere befastelsesgrader (< 50 %).
- Amager er overalt meget flad hvilket giver gode muligheder for at tilbageholde vandet hvor det falder, og ved hjælp af terrænændringer at kunne styre vandet mod hensigtsmæssige arealer.
- Der er i mange af Amagers områder et behov for at løfte byens rum og pladser, og Amager har i forhold til den øvrige del af byen relativt mange byudviklingsområder.
- Christianshavn og Ørestaden er i forvejen robuste overfor skybrud, og har i kraft af sine kanaler i forvejen en infrastruktur, der direkte tillader afledning af skybruds- og hverdagsregn.

Løsningsstrukturen

Vi valgte som overordnet udgangspunkt at anlægge en holistisk eller helhedsorienteret tilgang til opgaven. Dermed menes, at alle løsninger, tiltag og indsatsen i forhold til regnvandshåndtering, det være sig store som små, forsinkelse og afledning, traditionelle afløbstekniske og terrænbaserede løsninger betragtes som sammenhængende og indbyrdes betingede. Den holistiske tilgang betyder også, at de valgte løsninger skal være fleksible og robuste og kunne fungere under hvilken som helst regnhændelse fra hverdagsregnen til

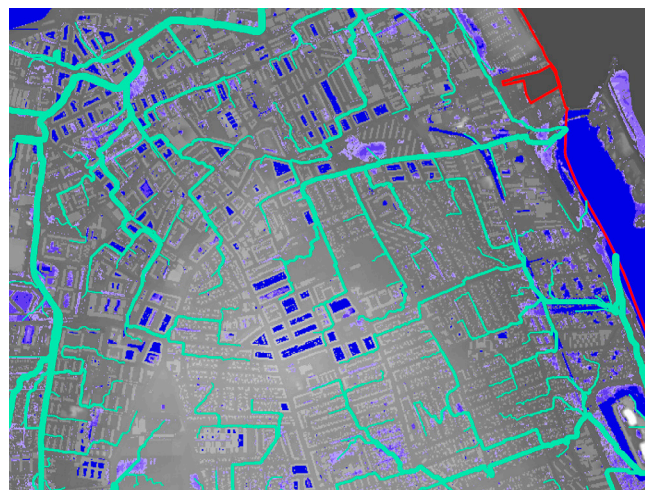
Figur. 3a
Strømningskort (COWI 2011)



det forventede fremtidige 100 års skybrud, og at regnen i princippet betragtes og styres, fra den enkelte regndråbe falder et tilfældigt sted i oplandet til regnvandet ender i recipienten, hvad enten det måtte være havet, atmosfæren eller grundvandet.

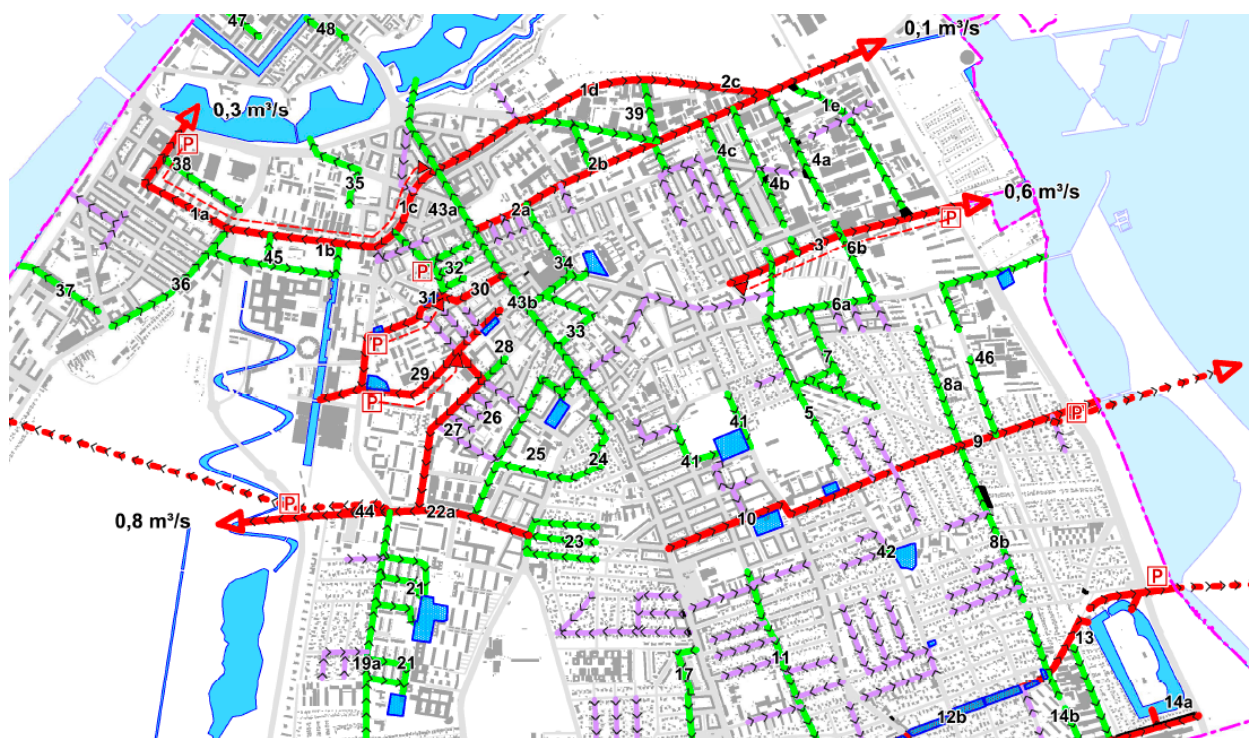
De forskellige løsninger og tilgange kan opdeles i et hierarki, der afspejler den holistiske tilgang. Se figur 2. For at løsningerne er realiserbare, er det nødvendigt med både en top-down og en bottom-up approach. Selve løsningsstrukturen etableres med udgangspunkt i skybrudsplanen, men løsningernes berettigelse og succes afhænger af, om de løser problemerne for de enkelte borgere, og om de giver merværdi i dagligdagen for disse. De enkelte løsninger kan indplaceres i hierarkiet ud fra hvor stort et område eller opland vandet håndteres, fra de største (primære) løsninger til de mindste (f.eks. afkobling af regnvandet fra en enkelt parcel). Ses der på den samlede struktur af skybrudsanlæg, er det nemlig formålstjenligt at inddelle disse i forskellige niveauer (se figur 4), svarende til at betragte vandets vej fra det falder på den enkelte matrikel (tertiære niveau), hvorefter det løber ud fra de enkelte matrikler og samles i større strømninger, der håndteres på kvarter-niveau (sekundære niveau) og herefter strømmer ud fra dette og til løsninger på det primære niveau, hvor vandet fra et helt skybrudsopland håndteres.

Den samlede overordnede løsningsstruktur afspejler således måden vandet naturligt afstrømmer (figur 3a og 3b), betinget af topografien. Strukturen kaldes dendritisk, hvilket betyder træliggende. Som det ses på figurene nedenfor ligner strukturen en træstruktur, hvor stammen deler sig i større grene, der deler sig i mindre grene, kviste osv. Denne struktur afspejles direkte i skybrudssikringens løsningsstruktur (Figur 4), og dens tre niveauer eller løsningsklasser: Primære (røde), sekundære (grønne) og terciære (lilla), svarende til tre forskellige oplandsstørrelser, som allerede beskrevet.

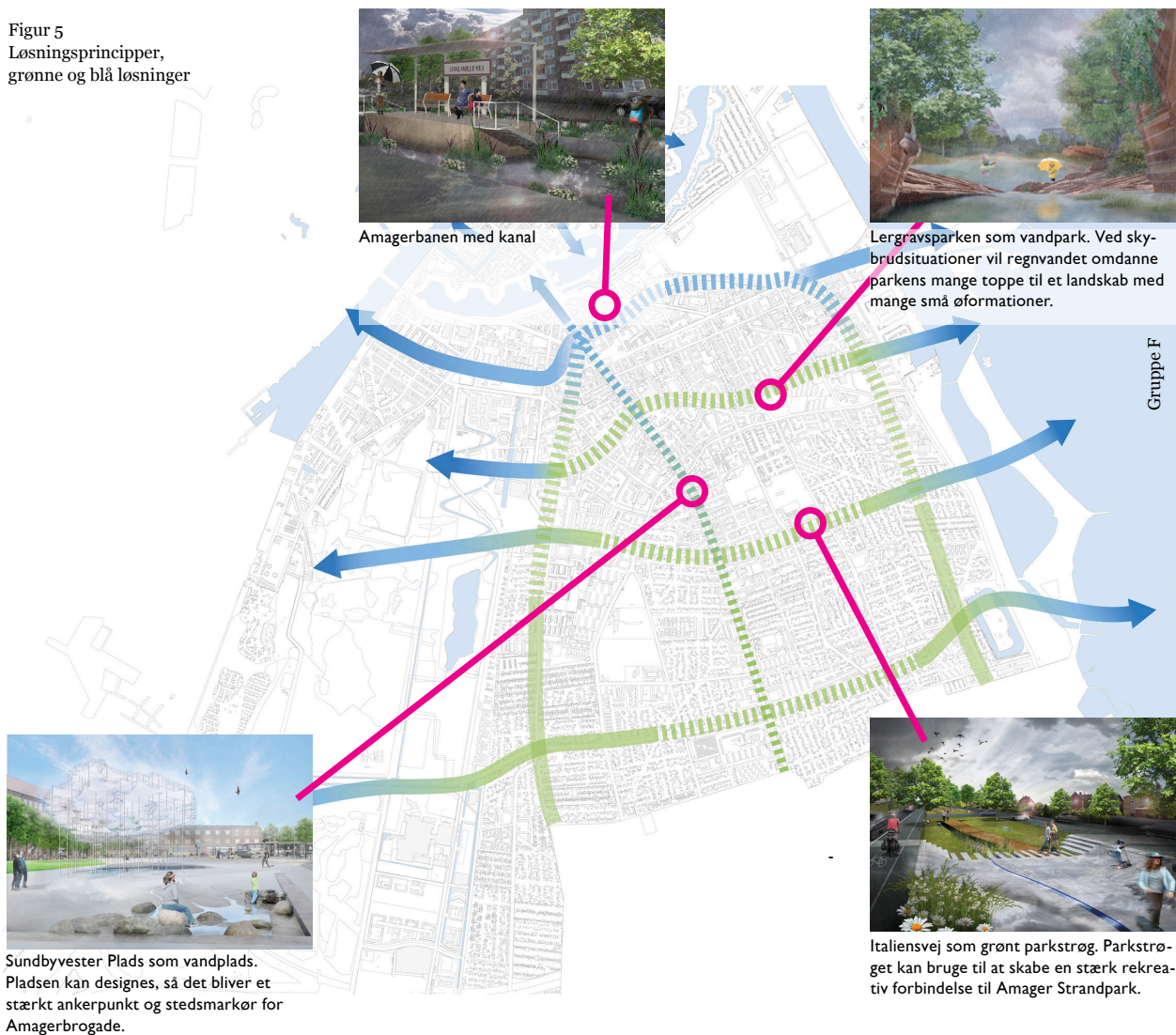


Figur 3b
Strømningskort, detalje Amager Øst

Figur 4
Primære, sekundære og terciære løsninger, skybrudssikring Amager og Christianshavn (udsnit)



Figur 5
Løsningsprincipper,
grønne og blå løsninger



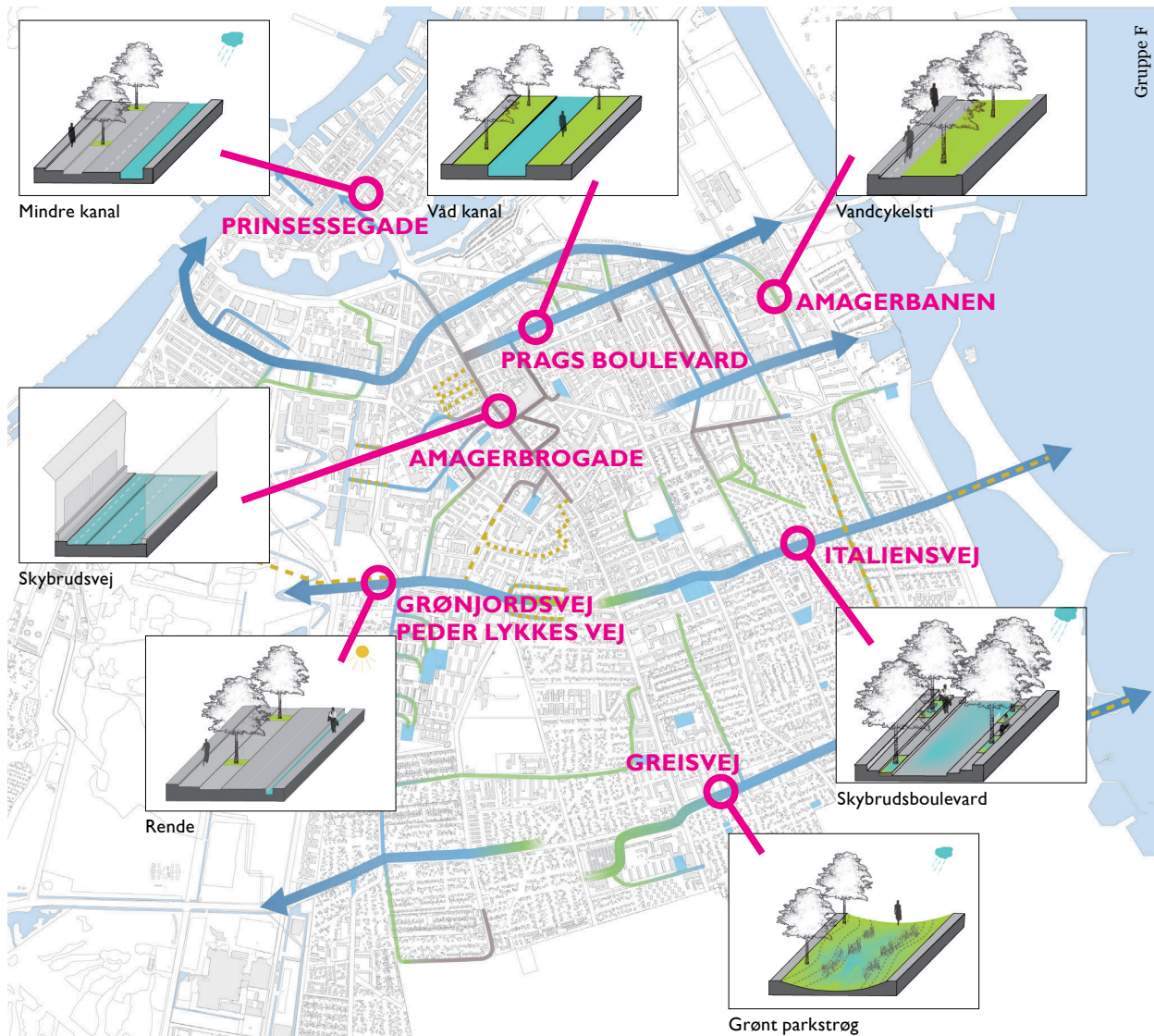
Løsningsprincipper

Der er, som nævnt, på Amager og Christianshavn gode muligheder for at håndtere skybrudsvandet på terræn og dermed undgå massive investeringer i rørløsninger. Hovedfordelen ved at basere skybrudssikringen på terrænbaserede løsninger er som sagt, at investeringerne kan give merværdi til byens borgere i den heldigvis langt overvejende del af tiden, hvor der ikke forekommer ekstremregn, og at løsningerne er mere robuste og fleksible i forhold til de mange usikkerhedsfaktorer, der er i forhold til hvilken effekt klimaforandringerne vil komme til at få i fremtiden.

Skybrudssikringen af Amager og Christianshavn er baseret på to enkle, generiske løsningsprincipper: afledning og forsinkelse af skybrudsvandmængderne (se figur 5):

1. Fastlæggelse af en skybrudsinfrastruktur for afledning af overskydende vand ved hjælp af kanaler, grønne korridorer, skybrudsveje, samt i mindre omfang rørløsninger. Denne type (blå) løsninger er særlig velegnede til de mere kyst- og havnenære områder.
2. Magasinering og forsinkelse af skybrudsvandet på udpegede acceptable oversvømmelsesområder, såsom eksisterende grønne områder, sportsanlæg, designede vandpladser og egnede vejarealer. Denne type (grønne) løsninger er særlig velegnede til det indre af Amager.

Med udgangspunkt i disse to principper blev der udarbejdet 2 forskellige planforslag: Planforslag 1 eller den blå plan, hvor afledning og synliggørelse af vandet udgør ryggraden i systemet og Planforslag 2 eller den grønne plan, der som bærende princip har forsinkelse og nedbringelse af det befæstede areal, ved etablering af grønne vandveje og opmagasineringsarealer. Dette betyder naturligvis ikke, at der ikke indgår afledning i plan 2 eller vice versa, men at der eksempelvis i plan 1 blev lagt vægt på at der anlægges kanaler, der kan benyttes som afledning i både skybruds- som hverdagssituationen, og at der i plan 2 blev lagt vægt på at så mange arealer som muligt og nødvendigt inddrages til forsinkelse. Københavns Kommune valgte i begyndelsen af 2014, at det skal være planforslag 1, der skal benyttes som grundlag for det videre arbejde med implementeringen af skybrudssikringen.



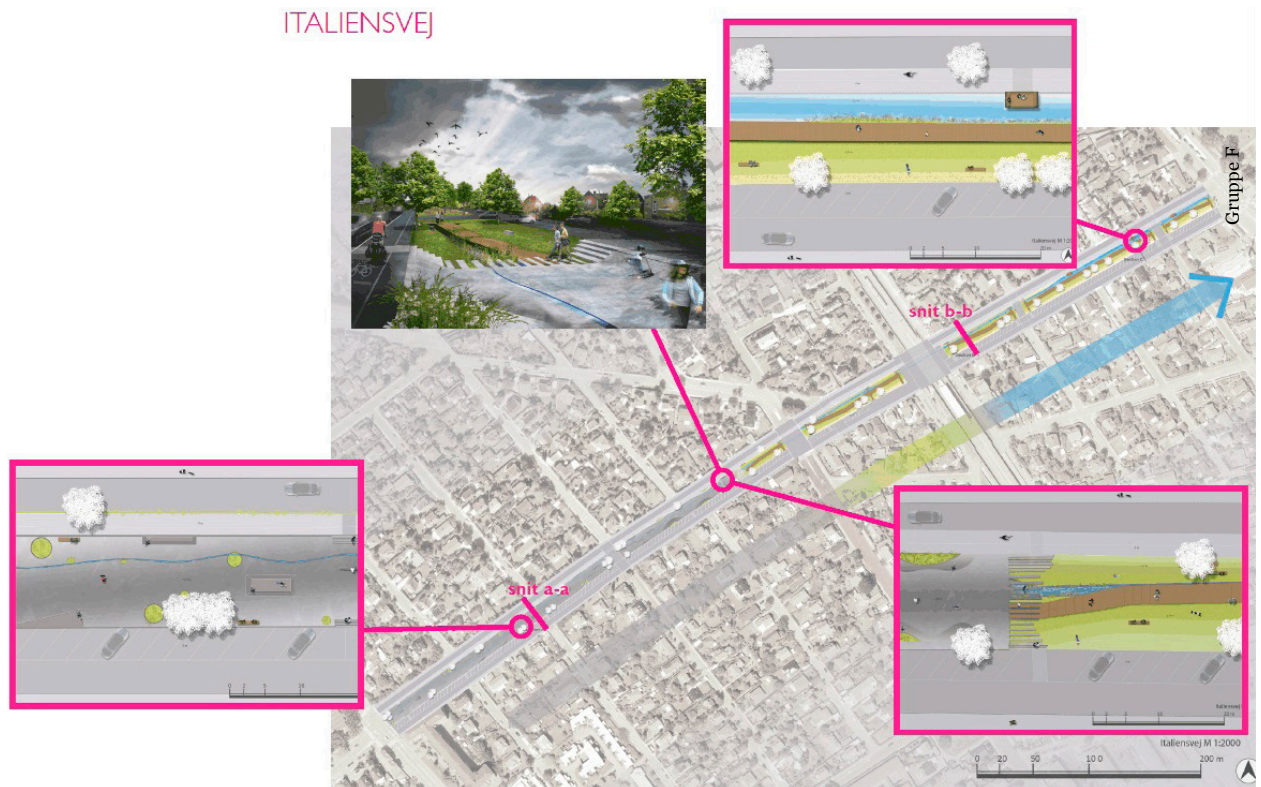
Figur 6
Blå plan

Det blå princip

Det blå princip indebærer at aflede skybrudsvandet til recipienterne, havet og havnen, via etablering af render og kanalsystemer. På grund af Amagers topografi og gadeforløb vil den blå/grønne struktur naturligt få et vest/øst-orienteret forløb. I dag er bydelens hovedforbindelser orienteret nord/syd og forbinder Amagers sydlige bydele med Christianshavn og Københavns bymidte. Vest/øst-forbindelser, som Amagerbanen, Italiensvej/Peter Lykkesvej og Greisvej/Vejlands allé (se figur 6), har alle et stort potentiale i forhold til byliv og ophold. En fremtidig blå-grøn struktur giver mulighed for at styrke denne forbindelse, og invitere naturen ind mod byen. Udformes disse forbindelser på en lokalt tilpasset måde, kan de få stor betydning for Amagers fremtidige identitet. Allerede i dag er de historiske (Christianshavn), såvel som de nye kanalstrukturer (Ørestaden) identitets- og kvalitetsskabende for området, men skybrudsinfrastrukturen kan i høj grad være med til at styrke og skærpe disse kvaliteter yderligere.

Typiske løsninger:

- Den blå/grønne korridor er typisk bredere end 4 meter, og dækker over hovedelementer som blå (permanente vandfyldte) kanaler og grønne parkstrøg. Karakteristisk for disse er at de inviterer mennesker til at opholde sig i løsningen eller på anden måde interagere med den, f.eks. spadserer i eller langs korridoren, sidde på en bænk i parken eller på kanten af en kanal.
- Blå/grønne vandveje er flere løsningstyper, herunder beplantede elementer, der kun fra tid til anden indeholder vand, som f.eks. tørre kanaler, wadier, regnbæde, samt våde elementer som mindre blå kanaler.
- Befæstede skybrudsveje er eksisterende veje, hvor vejens eget areal benyttes til opstuvning og/eller transport af vandet.

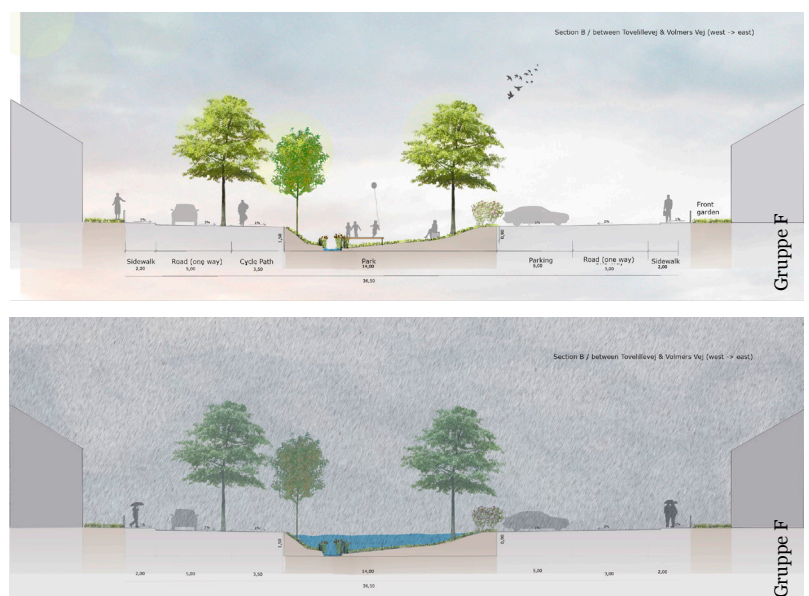


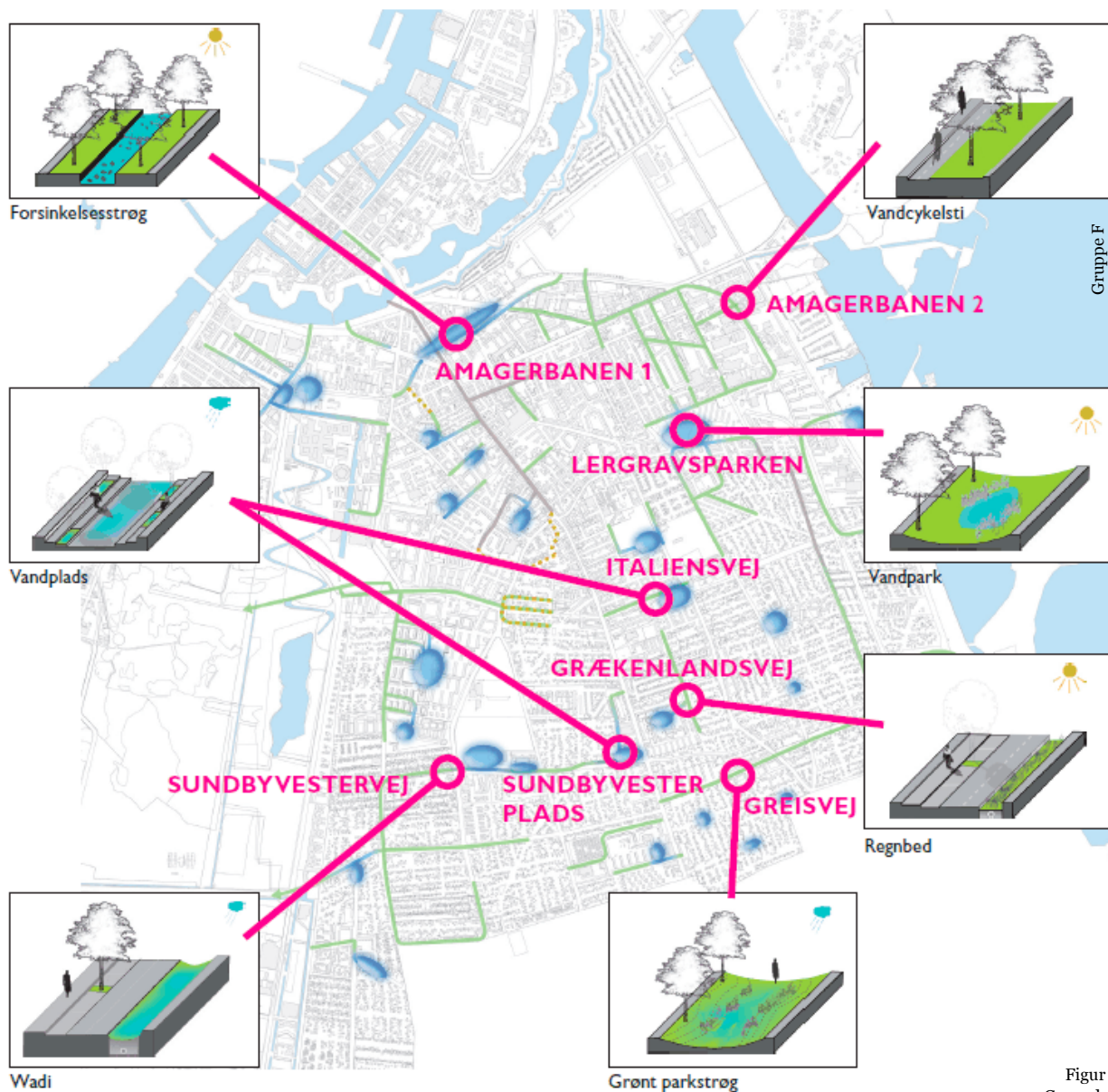
Figur 7
Italiensvej Plan

Figur 8
Italiensvej Snit

Løsningseksempel Italiensvej

Italiensvej er en af de fire typiske boulevard-lignende gader som forbinder Amager i en vest/øst orienteret retning, og dermed fører fra Amagers mere urbane center ud mod stranden. Disse brede boulevarder er oplagte til brug som skybrudskorridor, dvs. blå og grønne strøg, som både kan magasinere og transportere regnvandet i en skybrudssituation og ved hjælp af store pumper udlede det i Øresund. Skybrudsboulevarderne kan også fungere som en vigtig rygradsstruktur for afkobling af hverdagsregn via LAR-anlæg, og i samme ombæring er der stort potentiale for at styrke Amagers bymæssige sammenhæng i vest/øst orientering. En gadeomdannelse med regnvands- og skybrudshåndtering som delmål kan med andre ord medvirke til at styrke det lokale liv.





Gruppe F

Figur 9
Grøn plan

Det grønne princip

Det grønne princip indebærer etablering af en struktur for decentral opmagasinering og forsinkelse af skybrudsvandet spredt over hele området, ved at indrette en række af byens pladser, parker og øvrige offentlige arealer og veje til at være grønne, rekreative og multifunktionelle elementer i hverdagen, og forsinke og opmagasinere regnvandet i skybrudssituationen. Løsningerne vil i høj grad være spredt ud over hele bydelen og vil derfor komme langt de fleste lokalområder til gode. Den nye skybrudsinfrastrukturens rekreative elementer kan dermed være til glæde i hverdagen for mange, og ikke kun gøre gavn når ekstreme regnhændelser rammer byen.

Typiske løsninger:

- Vandpladser, der indrettes i forbindelse med eksisterende befæstede arealer i byen. Vandpladser har en anden primær funktion end håndtering af skybrudsvand. Funktionen begrænses kun af fantasien hos planlæggerne, samt behov og ønsker hos borgerne. Eksempler på multifunktion i forbindelse med befæstede vandpladser: Parkeringsplads, vandlegeplads, boldbane, skaterbane, amfiteater, markedsplads osv.
- Skybrudsparker: Indrettes i sammenhæng med eksisterende eller planlagte parker, grønne områder, søer og vådområder. Løsningerne omfatter elementer som tørre og våde bassiner/søer, arealer til kontrolleret oversvømmelse og vådområder, men kan også kombineres med diverse befæstede løsninger i parken, som f.eks. skaterbaner, boldbaner, o.l.
- Blå/grønne vandveje, som f.eks. skybrudsboulevarder, wadier og regnbede. De blå/grønne vandveje anlægges typisk i forbindelse med eksisterende veje, men løsningen bidrager til at vejen bliver et kønere og rarere sted at færdes.

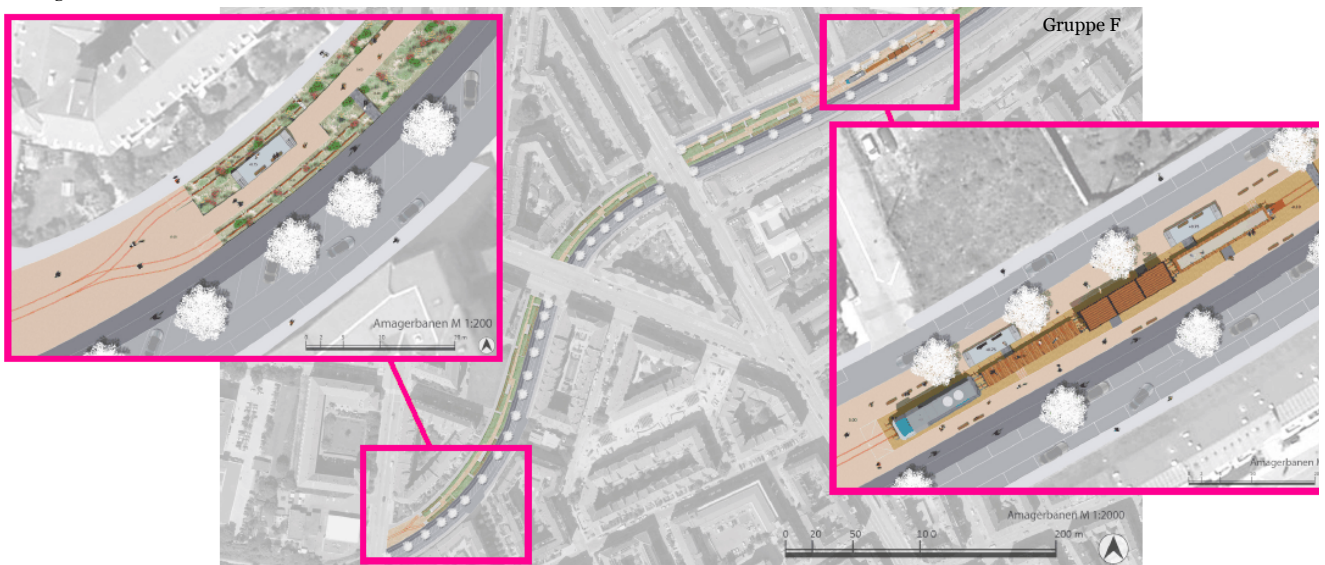
Løsningseksempel Amagerbanen

I det grønne planforslag spiller Amagerbanen en væsentlig rolle som aflednings- og opmagasineringsareal for skybrudsvand. Det påtænkte design tager udgangspunkt i arealets historie som jernbanetracé. Nedsænkede plantebede med grus og ruderal vegetation genopliver arealets udtryk på en moderne måde, og de gamle banelementer bliver sat i scene på ny. Amagerbanens tracé bliver således til en bred grøn stribe med mange forskellige tilbud, der henvender sig til unge og gamle, store og små. Nødvendigheden i at sænke arealet bliver til en leg med forskellige niveauer, der hjælper med at adskille de forskellige delområder og aktiviteter.



Figur 10
Amagerbanen Snit

Figur 11
Amagerbanen Plan





Planernes implementering

Skybrudsplanens løsninger kan implementeres med udgangspunkt i både en strategisk og en opportunistisk tilgang. En strategisk tilgang indebærer, at løsningerne implementeres direkte ud fra skybrudsplanen. Det vil sige at projekteringen og anlægsarbejdet igangsættes med udgangspunkt i de (hydrauliske) behov, der er identificeret i forbindelse med skybrudsplanlægningen. Ved en strategisk tilgang vil prioriteringen af hvilke løsnings tiltag, der implementeres først, hovedsageligt være styret af, hvor den største hydrauliske effekt opnås, altså hvor den største hydrauliske kapacitet og volumen skal findes, ligesom der prioriteres ud fra, hvor der opnås størst mulig effekt for pengene, og dermed også hvilke løsninger som afhjælper mest i forhold til de områder, der er udpeget som de mest kritiske i forhold til risikokortlægningen.

En opportunistisk tilgang indebærer, at tiltagene implementeres med udgangspunkt i, eller som følge af andre bymæssige planer, strategier, projekter eller behov, både private som offentlige. En opportunistisk tilgang vil betyde, at skybrudsplanen og det tilhørende løsningskatalog benyttes som inspiration og dimensioneringsgrundlag når andre planer, projekter og tiltag i forbindelse med bydelenes veje, parker, pladser og bebyggelser skal projekteres. Det er i forbindelse med den opportunistiske tilgang meget væsentligt, at skybrudsplanens intentioner og kriterier inddrages i udviklingen af projektet på et så tidligt tidspunkt som overhovedet muligt, hvorved det sikres at løsningen bliver så helstøbt og effektiv som muligt, og at den største synergi, kvalitet, funktionalitet og omkostningseffektivitet som muligt opnås. Ved både at arbejde strategisk og opportunistisk, bliver planerne dynamiske og fleksible, og tiltagene kan realiseres både i kraft af et behov eller ønske, der ikke i udgangspunktet har noget at gøre med skybrudssikringen, eller den kan tage udgangspunkt i et behov, der kommer fra og er identificeret og foreslået løst i forbindelse med skybrudsplanen, men ender med en løsning, der både skaber værdi for borgeren og miljøet, og forebygger skader og oversvømmelser i forbindelse med skybrud.



Figur 12
Københavns
klimatilpasnings-
og skybrudsplaner

Det videre forløb

Planerne har som nævnt ifølge Københavns Kommune en implementeringshorisont på 20 – 30 år, men store og langsigtede planer er ikke statiske størrelser, der kan eller skal følges slavisk fra ende til anden. Det er jo heller ikke på den måde byen udvikler sig. Der eksisterer et kompliceret samspil mellem det mulige, det tilfældige, det vilkårlige, det uforudsete, det strategiske og det opportunistiske. Planerne er og bør være robuste og fleksible over for de ukendte fremtidige forhold. Der skal være plads til det komplekse og ofte kaotiske samspil, som både klimaet, byen, politikken, økonomien og alle øvrige forhold, der influerer på by- og samfundsudviklingen, vil bringe med sig over de næste 30 år eller helt ind i næste århundrede. Modellerne, løsningerne og planerne bliver på den måde til dynamiske værktøjer, der løbende udvikles, revideres og opdateres i takt med, hvad der ender med at blive realiseret både i forhold til klimatilpasnings- og skybrudstiltag, men i lige så høj grad også i forhold til alle de øvrige uforudsigelige udviklinger og ændringer, der kommer til at ske i forhold til byen og dens indbyggere.

Arbejdet med planerne fremover bliver således en dynamisk proces, hvor skybrudsplanens tiltag projekteres, anlægges og drives i samspil og synergi med alle de øvrige tiltag, der skal implementeres i byens landskab fx. ud fra trafikale behov eller i forhold til opførelse af nye boliger, institutioner eller virksomheder, så vel som i forbindelse med renoveringer, byfornyelse eller områdeløft osv. Planerne og løsningerne kan på den måde også blive levende og vedkommende for alle områdets beboere og brugere, og fungere og udvikle sig videre i et samspil med borgerne, lokaludvalg, NGO'er, virksomheder og alle øvrige interessenter. Den samlede skybrudsinfrastruktur, kan således betragtes som en organisk størrelse, der vokser og udvikler sig sammen med byen, og hvis funktioner udvikler sig over tid, også ud over planperioden og kan fra den vinkel betragtes som ét muligt kort over vejen mod det endelige mål, det skybrudssikrede, grønne og blå København, hvor den klimatilpassede og bæredygtige omstilling er helt gennemført.

Nyt skrift på vej fra Spildvandskomiteen



Figur 1
Ekstrem regn,
fotograf:
Jacob Hamburger
Hansen, COWI



Af Ida Bülow Gregersen, PhD student
og Karsten Arnbjerg-Nielsen, DTU

De dimensionsgivende intensiteter har ændret sig siden den regionale model fra Skrift 28 blev udgivet i 2006.

Gennem en ny bearbejdning af data fra Spildvandskomiteens regnmålnetværk (SVK) er det blevet undersøgt hvor stor denne ændring er og om den varierer for de forskellige varigheder. Samtidig er vores viden om klimaændringerne effekt på ekstremregnen vokset sammen med det tilgængelige datamateriale på området. Flere danske forskningsprojekter har fokuseret på ændringen i dimensionsgivende regnintensiteter grundet klimaændringer og usikkerheden på denne, bl.a. ved analyse af nye klimamodelkørsler. Samlet set har denne viden nu ledt til en opdateret rekommandation for design af afløbssystemer, som udkommer i et nyt skrift fra Spildvandskomiteen i løbet af sensommeren sammen med et opdateret regneark for regional CDS regn.

I skriftet præsenteres en opdateret regional model for dimensionsgivende regnintensiteter. Denne er baseret på målinger fra SVK systemet fra 1979-2012. Som et nyt element bruges også data fra DMIs øvrige netværk af nedbørsmålere, fordi det giver en langt bedre model for variationen af ekstremernes størrelse end i Skift 28 som benyttede Region Øst og Vest. Årsmiddelnedbøren er bibeholdt som forklarende variable for den regionale variation af antallet af ekstreme hændelser. I det nye regneark skal brugeren indtaste koordinater i UTM, herudfra beregnes de to regionale variable ('Årsmiddelnedbøren' og 'Middelværdi af ekstrem døggnedbør fra DMIs klimagrid') som sammen definerer CDS regnen for området.

Regnkurve karakteristika		Ledningsdimensionering CDS karakteristika		Bassindimensionering opstrøms udløb	
Northing (WGS84 ZONE 32)	6220681	CDS-regn varighed (min)	240	Befæstet areal (ha)	5
Easting (WGS84 ZONE 32)	571099	Tidskrift (min)	1	Hydrologisk reduktionsfaktor (-)	1
Arsmiddelværdi [mm]	665	Asymmetri koefficient	0.5	Afskærende lednings kapacitet (l/s)	10
Middelværdi ekstrem døgnnedbør					
DMI Klimagrid [mm/dag]	25.5				
Gentagelsesperiode (år)	100				
Sikkerhedsfaktor (Fra Skrift 27)	1.4				

Design regnkurve					
Varighed (min)	z_r ($\mu\text{m/s}$)	$S(z_r)$ ($\mu\text{m/s}$)	f^*z_r ($\mu\text{m/s}$)	Regression ($\mu\text{m/s}$)	
1	69.11	15.09	96.76	90.68	
2	58.76	11.04	82.26	82.86	
5	43.47	5.05	60.86	66.28	
10	34.62	4.62	48.47	50.36	
30	20.52	3.60	28.72	28.96	
60	12.41	2.97	17.37	16.63	
180	5.00	1.10	7.00	7.17	
360	2.94	0.29	4.11	4.12	
720	1.62	0.27	2.27	2.34	
1440	0.94	0.15	1.32	1.33	
2880	0.55	0.09	0.77	0.75	

CDS regn	
Tid (min)	Intensitet ($\mu\text{m/s}$)
0	1.144205951
1	1.153074685
2	1.162094137
3	1.17128925
4	1.18060111
5	1.190096945
6	1.199760136
7	1.209595226
8	1.219606921
9	1.229800103
10	1.240179834
11	1.250751369
12	1.261520162
13	1.272491677
14	1.283672396
15	1.295067834
16	1.306684544

Volumen af bassin	
5874 m ³	
Effekten af koblede regn ER inkluderet (20 % ekstra volumen)	

Mellemresultater svarende til Skrift 16	
Dvs. at effekt af koblede regn IKKE er inkluderet i mellemresultaterne	
Reduceret areal (ha)	5.00
Afledstål (mu-m/s)	0.20
Varighed (h)	29.09
Vr.k (mm)	97.90

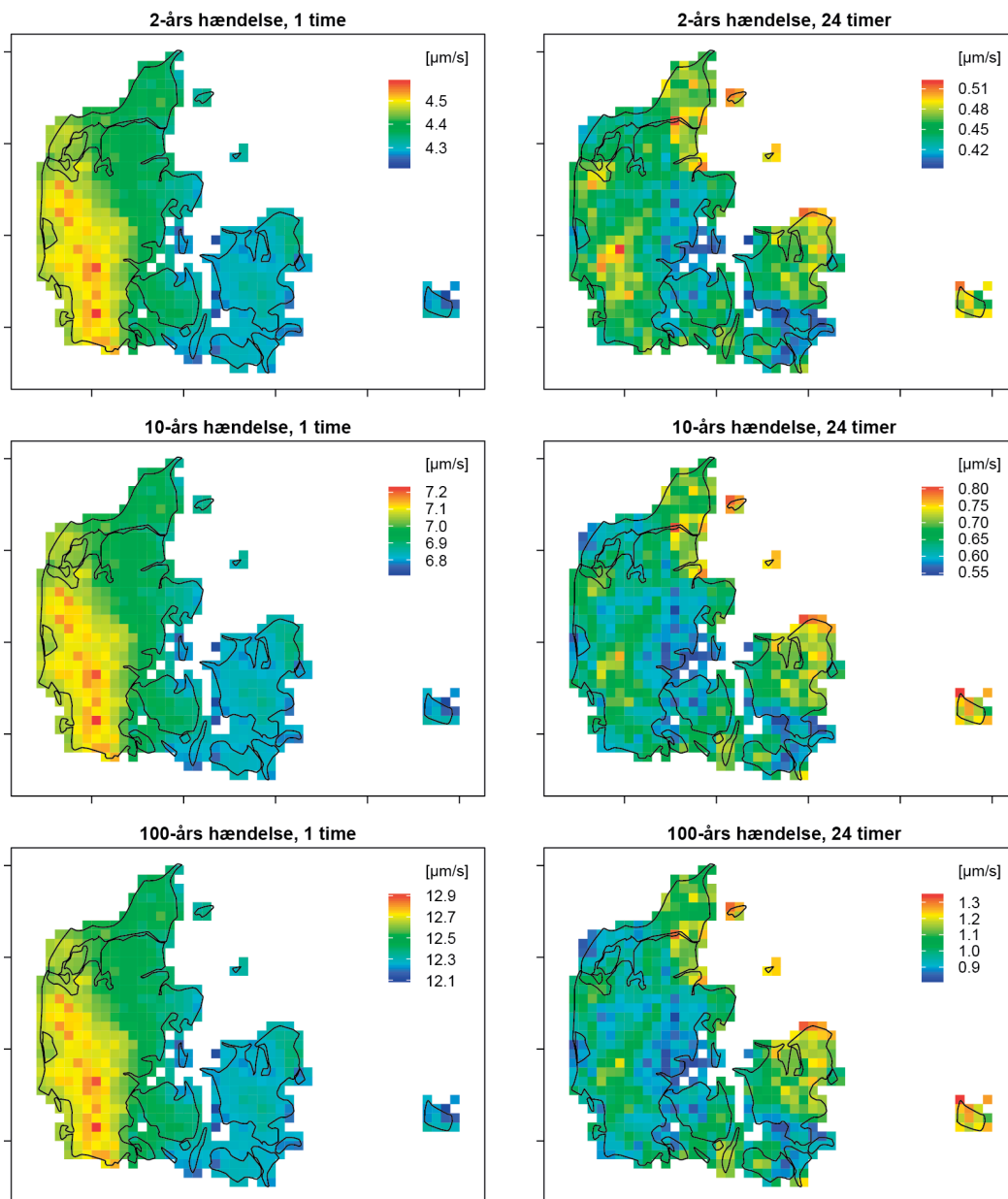
Figur 2
Screen dump af det nye regneark til regional CDS regn

Ændringen i dimensiongivende regnintensiteter, set i forhold til Skrift 28, varierer mellem -9 og 26 % for en 2-års hændelse, og skyldes både de nye år med observationer i SVK netværket og den nye regionalisering. Ændringen er størst for lange varigheder samt for områder i det nordøstlige Jylland og Sydfyn inklusive de mindre omkringliggende øer.

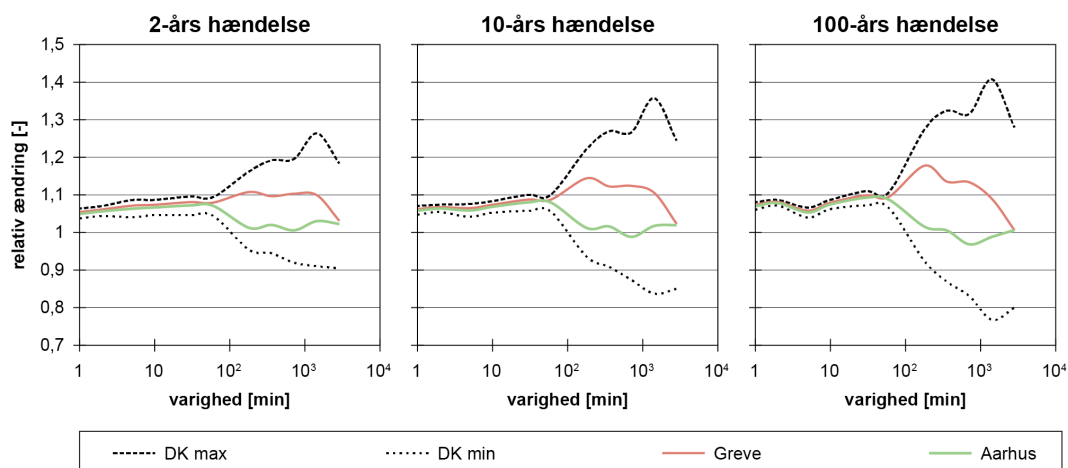
Forskningsprojekterne bag det nyt Skrift har også estimeret klimafaktorer ud fra de nyeste klimamodelkørsler med det formål at reevaluere anbefalingerne i Skrift 29 samt at kvantificere usikkerheden omkring fremtidens klima. Regn i klimamodellerne simuleres over et areal på 25 x 25 km² og adskiller sig på flere områder fra den dimensiongivende regn der måles med en regnmåler. Klimamodellernes output skal derfor nedskaleres og hertil findes flere forskellige metoder. 'Usikkerheden omkring fremtidens klima' er en vanskelig størrelse, om end de færrest er i tvivl om at det er en svær opgave at vurdere hvordan klimaet, og ekstremregnen, vil ændre sig i takt med verdens udledning af drivhusgasser. I arbejdet bag Skriftet vurderes usikkerheden ud fra variationen mellem de mange klimamodelkørsler, variationen mellem de forskellige nedskaleringsmetoderne, variationen over Danmark og variationen mellem scenarierne for den fremtidige udvikling af drivhusgasudledningen. Når alt dette tages i regning kan det stadig konkluderes, at den forventede ændring i dimensiongivende intensiteter over de næste 100 år med stor sikkerhed er positiv. Det kan endvidere konkluderes at standard klimafaktorer på 1,2, 1,3 og 1,4 for gentagelsesperioder på hhv. 2, 10 og 100 år er et rimeligt skøn for en planlægningshorisont på 100 år. Dermed er der ingen ændringer i forhold til Skift 29.

Den omtalte vurdering af usikkerhed betyder, at det som noget nyt, også er muligt at skønne et sæt høje klimafaktorer, der repræsenterer en øvre grænse givet ved 84 % fraktilen. Med disse er det muligt i praksis at teste hvilken indflydelse usikkerheden omkring fremtidens klima har på det system man designer og de beslutninger der skal tages i den forbindelse. De høje klimafaktorer er 1,45, 1,70 og 2,0 for gentagelsesperioder på hhv. 2, 10 og 100 år. Standard klimafaktorerne skal som udgangspunkt stadig benyttes ved beregninger af overholdelse af givne funktionskrav.

Det kommende skrift tjener som en faglig opdatering af Skrift 26, 27, 28 og 29. Forskningsprojekterne bag skriftet er realiseret med støttet fra Det Strategisk Forskningsråd og Vandsektorens Teknologiuudviklingsfond.



Figur 3
Figur fra Skriftet,
Dimensionsgivende
intensiteter over
Danmark estimeret
ud fra den nye
regionale model



Figur 4
Figur fra Skriftet,
Relativ ændring i
dimensionsgivende
intensiteter
(det nye skrift set i
forhold til Skrift 28)

