AT BO MED VAND

Landskabsbaseret regnvandshåndtering i Værløse By

Jonas Smit Andersen

MA4-URB7, SEPTEMBER 2010

Titelblad

Titel: At bo med vand

Afleveringsdato: 2. septemper 2010

Projekperiode : 2. juni - 2. septemper 2010

Vejleder: Lasse Anderson, Aalborg Universitet

Konsulent: Jes Volleretsen, Aalborg Universitet

Kontaktperson Orbicon Leif Hansen: Charlotte Schow Jensen

Kontaktperson Furesø Kommune: Rikke Frøding Skipper

Kvalitetssikring: Stine Sonne
Anne Lærke Jørgensen
Karl Damkjær Hansen

Oplag: 7 stk

Sidetal: 62

Institute of Architecture and Design
Urban Design
10. semester
September 2010

Synopsis

As an impact of the global climate change, the Danish weather will during the next 75 years become more extreme. This summer (2010), we have seen several episodes, where storm water has flooded the streets. This happens, because the sewerage system is not design, to manage this new heavy type of rainfall.
This report is a search of what we as urban designers can do, to mitigate the city the new weather conditions.
The keyword is “terrain based storm water treatment”
By analyzing the urban water circulation systems, and existing methods, for terrain based storm water treatment systems, a concept for integrating terrain based storm water treatment into the city, is invented. And by setting up 3 design cases, in different urban contexts, the concept is tested.

_____

Jonas Smit Andersen

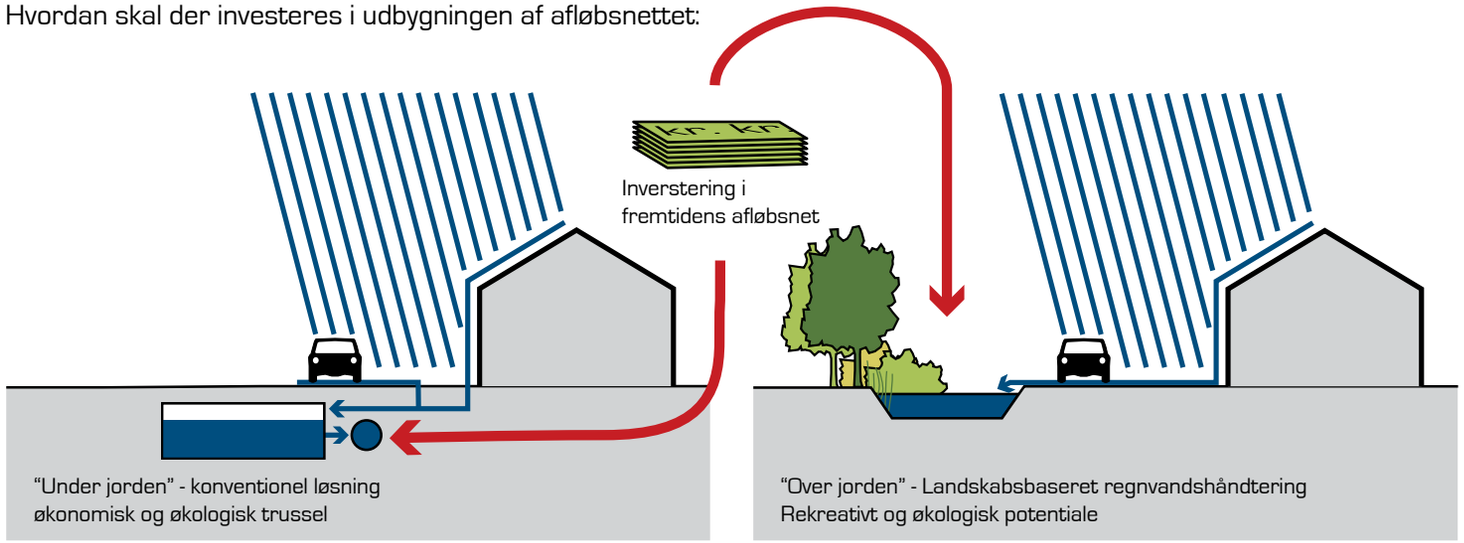
Indhold

ET NYT PARADIGME 5
Indledning 6
METODE OG KONTEKST 9
Metode 10
Kontekst 10
ANALYSE 13
Vand i byen 14
Iscenesæt vandet 16
Erfaringer fra Malmö 18
Landskabsbaseret regnvandshåndtering 20
Afledning af regnvand 21
Fordampning og nedsivning 22
Regn 23
Afstrømning 24
Opstuvning 25
Rensning 26
KONCEPT 29
Koncept 30
3 designcases 31
PRODUKT 33
Evavej - Villakvarteret 34
Skovvænget - Rækkehusbebyggelse 40
Toftebo - Karrébebyggelse 48
VURDERING 55
FORMALIA 59

ET NYT PARADIGME

Indledning

Hvordan skal der investeres i udbygningen af afløbsnettet:



Et nyt paradigme

"Regnvand skal hurtigt og effektivt bortledes fra byens overflader, via et usynligt, friktionsfrit og effektivt afløbssystem". Dette er forventningen fra både borgere og politikere til byens kloaknet. Gennem de sidste 150 år har kloakingeniørerne arbejdet efter dette paradigme, og effektivt drænet byen for overfladevand. [Winther m.fl. 2006, s. 14]. Men klimaforandringerne vil fremover vende op og ned på dette forhold. Et nyt paradigme for håndtering af byens regnvand er under udvikling i disse år. Det nye paradigme hedder:"Landskabsbaseret regnvandshåndtering", og her gælder det modsatte rationale: Regnvand skal tilbageholdes på byens overflader og kun afstrømme langsomt [Bernsen, 2009, s. 12]. Ideen til mit speciale udspringer af dette nye paradigme. Hvis landskabsbaseret regnvandshåndtering i fremtiden skal integreres i den eksisterende by, vil det medføre store ændringer i byens fysiske miljø. Med dette speciale vil jeg undersøge hvilke arkitektoniske potentialer det nye paradigme kan tilføre vores bymiljøer, - derfor specialetitlen: "At bo med vand".

Klimatilpasning

For Danmark betyder de globale klimaforandringer, at vi i fremtiden vil få kraftigere regn, en udvikling der allerede nu pågår [Søndergaard mf. 2006, s.8]. Men byernes nuværende afløbsnet ikke er dimensioneret til at modtage fremtidens større regnmængder. Over de seneste 10 år er der derfor sket en kraftig stigning i antallet af "regnbetingede oversvømmelser" af hele byområder. Denne udvikling vil fortsætte, hvis ikke de danske kommuner løser den store opgave, det er, at tilpasse landets afløbssystemer til fremtidens klima. En tilpasning, der kan ske på to måder: 1) Hvis udgangspunktet er "det gamle paradigme", betyder det, at samfundet de næste mange år skal investere massivt i større kloakrør og underjordiske spildevandsbassiner. 2) Men hvis investeringerne derimod gøres med udgangspunkt i paradigmet for "landskabsbaseret regnvandshåndtering", kan investeringerne ikke bare skabe ekstra afløbskapacitet, men også skabe bedre bymiljøer [Bernsen 2009, s. 12]. Landskabsbaseret regnvandshåndtering går ud på at etablere mange, decentrale regnvandsbassiner lokalt i byens overflader. Her skal fremtidens store regnstrømme tilbageholdes. Disse bassiner kan blive en ny rekreativ "vandtypologi" i byen; en typologi der begrønner byen, der via fordampning køler byen ned på varme dage, der øger byens biodiversitet og som reducerer belastningen af byens omgivende vandmiljøer, - og som først og fremmest løser de problemer vi har med oversvømmelser i dag. De regnstrømme vi i dag betragter som en økonomisk og økologisk trussel mod byen og landskabet, kan konverteres til en kæmpe ressource for bymiljøet [Bernsen, 2009, s. 13].

En ny tværfaglighed

Men inden ovenstående scenarie kan udspilles, må vi lære at arbejde med regnvandet efter det nye paradigme. Landskabsbaseret regnvandshåndtering resulterer i et fagligt skred. Indtil for få år siden var regnvandshåndtering en afgrænset faglig disciplin inden for afløbsteknik. Men med landskabsbaseret regnvandshåndtering skabes en bred

faglighed, hvor løsningerne kun kan findes i et samarbejde mellem planlæggere, afløbsteknikere, biologer, arkitekter etc. [Bernsen 2009, s. 14] Produktet af landskabsbaseret regnvandshåndtering er et "integreret design" mellem disse mange fagligheder. Specialet er skrevet i samarbejde med Furesø Kommune og rådgivningsfirmaet Orbicon - Leif Hansen. Med disse to samarbejdspartnere er der udspændt et bredt fagligt netværk om specialet.

FURESØ KOMMUNE ORBICON | LEIF HANSEN

Specialet er skrevet i samarbejde med Furesø Kommune og Orbicon Leif Hansen

Holistisk tilgang

På et punkt arbejder specialet dog ikke tværfagligt. Vores eksisterende plantradition og planjura giver meget begrænsede muligheder for at arbejde med landskabsbaseret regnvandshåndtering i større skala, fordi de er tilpasset "det gamle paradigme". At denne lovgivning vil blive ændret og tilpasset principperne i landskabbaseret regnvandshåndtering er meget sandsynligt. Derfor er specialet skrevet med et holistisk afsæt, hvor udgangspunktet er de arkitektoniske, afløbstekniske og biologiske problemstillinger, mens der ses bort fra den nuværende lovgivning og plantradition. Denne tilgang åbner muligheden for at udvikle kvalificerede løsninger, som i dag er urealistiske at implementere.

Integration

Med denne indledning har jeg defineret landskabsbaseret regnvandshåndtering som svaret på alle afløbstekniske problemstillinger. Dette er også specialets udgangspunkt. Men det mest relevante spørgsmål specialet skal besvare, er, om det nye paradigme reelt er et alternativ til vores nuværende afløbssystem. Er det muligt at "integrere" regnvandsbassiner som rekreative miljøer i byen, eller vil det reelt blive en "overlejring" af byens eksisterende funktioner? Hvis det reelt bliver en overlejring, vil borgere og politikere kræve "det gamle paradigme", de effektive usynlige løsninger tilbage. Forventningen er nemlig et afløbsnet der fungerer problemfrit [Henze, m.fl. 2004, s. 5]

Opbygning

Specialet er opdelt i fire dele. 1) Metodebekrivelse for undersøgelse af problemformuleringen. 2) Analyse af tekniske og arkitektoniske forhold ved landskabsbaseret regnvandshåndtering. 3) Stedsspecifikke design-cases i Værløse by. 4) Vurdering af specialet.

Problemformulering

Vi skal nu bryde med 150 års tradition for at bortlede vand, for nu i stedet "at bo med vand". Dette speciale skal derfor undersøge:

- Hvordan det gennem gode designløsninger gøres attraktivt "at bo" med landskabsbaseret regnvandshåndtering.

- Hvordan der gennem en holistisk tilgang "landskabsbaseret regnvandshåndtering" kan udvikles nye rationaler og løsninger for integrering af regnvandssystemer i de eksisterende bymiljøer.

- Om landskabsbaseret regnvandshåndtering, ud fra et arkitektonisk perspektiv, helt eller delvist kan erstatte den konventionelle metode for håndtering af regnvand.

METODE OG KONTEKST

Metode og kontekst

Metode

I indledningen har jeg opstillet en bred problemformulering inden for et nyt tværfagligt arbejdsfelt. Men hvordan angribes denne? En mulig tilgang beskrives indirekte i "ARKITEKTUR DK 6 09" (september 2009). Her diskuterer arkitekt Boris Brorman den teoretiske baggrund for en række af BIGs (og PLOTs) projekter. Ingen af disse projekter handler om regnvandshåndtering, men metoden, som ligger til grund for projekterne, kan give et stærkt grundlag for besvarelse af mit speciales problemformulering.

BIG's projekter kan placeres inden for den isme der kaldes "nypragmatisme". Arkitekturteoretikeren John Rajchman definerede i slutningen af 90érne dette begreb. Ved nypragmatismen formulerede han en ny metode til at opstille og angribe komplekse problemstillinger inden for arkitektur og planlægning. En metode, hvor koncepter udvikles og formuleres diagrammatisk gennem en diagnostisk analyse. Denne tilgang har vist sig særligt effektiv til at skabe nye innovative løsningsmodeller for komplekse problemstillinger – altså at bruge konfliktstof som drivkraft for inovation.
Et eksempel er BIG's projekt "Bjerget" i Ørestaden. Bygningen er tegnet gennem et simpelt diagrammatisk greb. Et greb, hvor relationen mellem boligkarréen, parkeringshuset og en stringent byplan er sammensat i en radikalt ny konstruktion. Resultatet er en ny urban boligtypologi, der bringer parcelhuskvarterets kvaliteter ind i storbyen. [Brorman, 2009 s.3]
Dette speciales problemformulering er også formuleret gennem konfliktstof. For at besvare problemformuleringen må en ny konstruktion for relationen mellem by og regnvandshåndtering opstilles. En konstruktion der hidtil har fundet sin løsning i, at regnvandshåndtering er et usynligt og friktionsfrit element under byen. Videre beskriver jeg i indledningen, hvordan denne nye konstruktion potentielt kan skabe helt nye kvaliteter i byen. Kvaliteter jeg vil udvikle som følge af konfliktstof – oversvømmelse af byen.
Specialet er opdelt i fire operationer: Analyse, koncept, produkt og vurdering. Analysen er opbygget af tre caseestudies, som undersøger relationen mellem vand og byrum. Samt en teknisk undersøgelse, hvor designparametrene ved landskabsbaret regnvandshåndtering fastlægges. Konceptet er et diagram, hvor analysens parametre opstilles i den nye konstruktion. Produktet er tre cases hvor konceptet lægges ned i forskellige byrumssituationer. Casene er derved en test af et generisk koncept. Vurderingen er en konklusion på casenes specifikke løsninger og derved også det generiske koncept og en perspektivering af dette. Til sammen skal konklusionen og perspektivering besvare problemformuleringen. Og til sidst en evaluering af specialets opbygning og tilgang til problemformuleringen.

Der er en risiko ved at bruge den nypragmatiske tilgang. Nye konstruktioner kan sammensættes uden at bunde i reelle problemstillinger. Disse konstruktioner bliver blot absurdiumer og er ikke innovative - højest ligegyldige. En innovativ ny konstruktion er funderet i en klar mission. Jeg har en mission, som jeg beskrev i indledningen. En mission, som går ud på at undersøge, hvordan byens afløbsnet i fremtiden udvikles mest optimalt for samfundet. [Brorman, 2009 s.4]

Kontekst

Selv om jeg med specialet søger generelle svar, er det alligevel nødvendigt at arbejde i en konkret fysisk kontekst. At udvikle konkrete koncepter for landskabsbaseret regnvandshåndtering kræver nemlig, at lokale forhold indregnes [Jensen, M., m.fl., 2009 s. 9].
Specialets fysiske kontekst er Værløse By. Denne kontekst

Opstuvning af vand på terræn - Værløse [Jensen, C., 2009, S. 22]

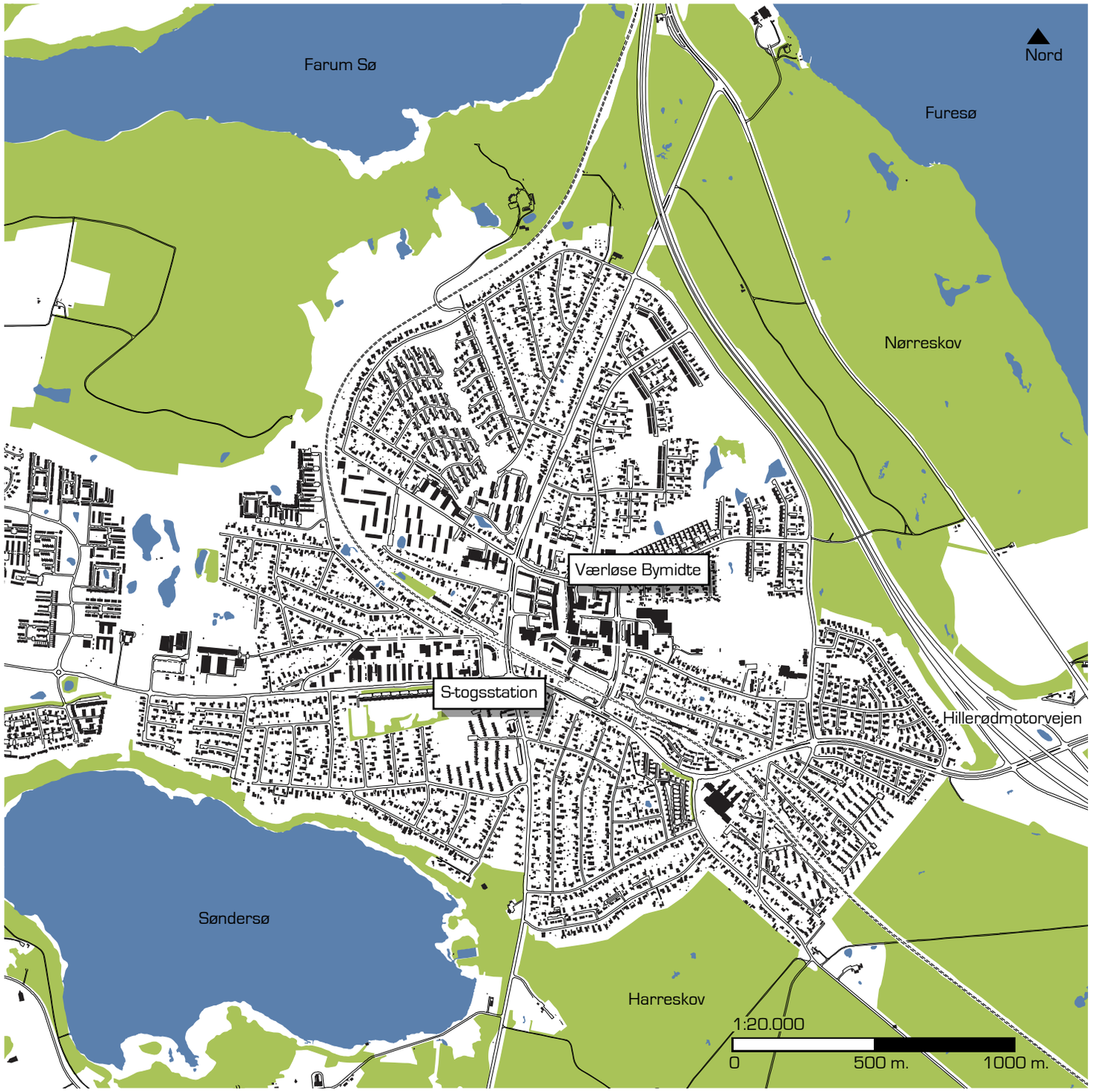
er ikke udvalgt, men givet, fordi der opstod en mulighed for samarbejde med Furesø Kommune, og dennes rådgiver, Orbicon Leif Hansen. Værløse er en fornuftig kontekst, fordi byen på flere punkter repræsenterer de afløbstekniske problemstillinger, der findes i hele landet. På den måde kan de stedsspecifikke løsninger i Værløse give den brede løsningsmodel, som problemformuleringen efterspørger.

Værløse er en by med ca.12.500 indbyggere, beliggende 17 km nord for København. Værløse består primært af villakvarterer, mindre områder med boligblokke, og et centerområde med butikker og serviceerhverv. Hillerødmotorvejen løber lige øst om Værløse, og ved bymidten er en S-togsstation. Omkring Værløse ligger søerne Søndersø, Furesø og Farum Sø, samt Nørreskov og Harreskov.

Overløb fra opstuvningsbassin til Tipperup Å, [Jensen, C., 2009, S. 17]

Byens beliggenhed midt i dette naturområde, og de gode transportforhold til København, gør Værløse til en attraktiv bosætningsby i det storkøbenhavnske opland. [www.den-storedanske.dk 2010]

Men Værløse har også massive problemer med afløbs-systemet. I 9 % af byens boliger (med kælder i fælleskloak-erede områder) har været udsat for kælderoversvøm-melser 4 elle flere gange, over en 6-års periode. Og yderligere 17 % har været udsat for oversvømmede kæl-dre 1-3 gange i samme periode. [Jensen, C., 2009 s. 7]. I de separatkloakerede områder er der problemer med opstuvning af vand på terræn. [Jensen, C., 2009 s. 17]. Og fra fælleskloakkens områder, sker hyppigt overløb til de omgivende vandmiljøer. [Jensen, C., 2009 s.21]. Værløse By er således en relevant fysisk kontekst for ud-vikling af landskabsbaseret regnvandshåndtering.



Værløse By og omkringliggende naturområder. (Furesø Kommune)

ANALYSE

Vand i byen

Ypenburg

Det danske klima har historisk set givet os modrate nedbørsmængder, jævnt fordelt over hele året. Samtidig er her ingen store flodsystemer, hvor regnmasser fra store oplande kan samles og skabe oversvømmelser. I Danmark har det derfor altid været teknisk muligt at separere vandet og byen. Vandhåndtering er derfor ikke noget, vi har haft tradition for i vores byrum. Derfor melder et spørgsmål sig, når vand i byrum diskuteres: Har vand overhovedet noget at gøre i byen?

Holland har store klimatiske ligheder med Danmark, men også den væsentlige forskel, at flere store floder fra Centraleuropa løber gennem landet ud i Atlanterhavet. Derfor er hollandske planlæggere og arkitekter tvunget til at integrere hydrologiske forhold i deres arbejder. Byområdet Ypenburg (11.000 beboere) i udkanten af Den Haag, er et eksempel på dette. Her demonstreres et potentiale ved vand i byen.
Ypenburg er opdelt i 20 kvarterer, med hvert deres tema. Masterplanen for et af disse kvarter er tegnet af arkitektfirmaet MVRDV, og temaet for dette kvarter er vand. Frem til 1800'tallet var området nemlig en sø, som blev bortdrænet. Med den nye plan er søens vandspejl blevet genintroduceret. Dette sikrer området mod oversvømmelse. [Betsky, 2006 s.94]

Del af Ypenburg, vand og boliger er flettet sammen. Masterplan MVRDV, [Betsky, 2006 s.90]

Rækkehuse langs kanal, Claus en Kaan Architects [Betsky, 2006 s.102]

Ekslusiv bolig omgivet af vand, MVRDV [Betsky, 2006 s.110]

Udsigt over sø, boliger MVRDV [Betsky, 2006 s.110]

Vandspejlet i byen

Med MVRDVs masterplan er byen og vandet flettet sammen. Claus en Kaan Architects har tegnet et område af rækkehuse langs kanaler. Betsky, 2006 s.102].
Her bruges vandspejlet til at adskille boligernes private uderum (terrasser og balkoner), og danner et blåt halvprivat landskab imellem husene. I en dansk kontekst havde dette mellemrum bestået af baghaver med hække imellem. MVRDV har tegnet områdets yderste huse. Her er tale om eksklusive boliger omgivet af vand på tre sider. At netop de mest eksklusive boliger har den største interaktion med vand, indikerer hvordan vandspejlet af developere og boligkøbere virkelig ses som en kvalitet for boligen. [Betsky, 2006 s.110].

Når det regner i Centraleuropa, og der er højvande ved den hollandske kyst, stuves flodvand op i det flade hollandske landskab. Vandspejlet i Ypenburg kan stige op til en meter, uden at det har nogen konsekvens for området. Ypenburg er således et byområde, hvor et stort opstuvningsvolumen er integreret i boligmassen, mens det samtidig giver kvalitet og identitet til området.
Den skala af vand som skal integreres i Danmark, er langt mindre end i Ypenburg. Derfor må det være muligt i det danske bylandskab at finde områder, hvor vandspejlet kan integreres og bidrage med kvaliteter til byen.

Iscenesæt vandet

Atelier Dreiseitl

Herbert Dreiseitl er vandingeniør, men også "vandskulptør". Hans tegnestue Atelier Dreiseitl har i over 20 år arbejdet med regnvandshåndtering og vandkunst inden for planlægning og arkitektur. Tegnestuen arbejder med en klar filosofi - at vise skønheden i vand. Vandet er grundlaget for vores civilisation. I kulturer og religioner i alle dele af verden har vand haft stor symbolværdi. Fontæner, vandfald og damme har været en del af den europæiske havekultur siden middelalderen. Vandet er et link mellem byen og den omgivende natur. I dag er vi ved at genopdage disse fundamentale værdier ved vand.
På Atelier Dreiseitl starter arbejdet med regnvandshåndtering i den store skala. Her kortlægges vandets retninger, rytmer og volumener. Men herfra handler det om eksperimentelt at opdage vandets skjulte potentialer for stedet. At arbejde det ned i skala for at udvikle designløsninger, hvor vandet kan iscenesættes og skaber kvaliteter for byrummet [Dreitseitl m.fl. 2002 s. 40].

Springvandet

I "Im Park" i Bern, et centralt byområde med boliger, har Atelier Dreiseitl kombineret et system for regnvandshåndtering med et springvand. Springvandet står i det laveste af en række forbundne regnvandsbassiner: Vinden får vandsøjler til at danse, solen reflekteres i kaskaderne, mens det plaskende vand giver et roligt lydbillede i parken. Vinterfrosten forvandler skulpturen til en gigantisk isblomst. [Dreitseitl m.fl. 2002 s. 36]

Vandfaldet

Der behøves hverken være stor faldhøjde eller vandvolumen for at generere et vandfald. Billedet er fra Coffee Creek, Indiana. Vandfaldet er overløbet fra et opstuvningsbassin for regnvand i et grønt område. Vandfaldet er et resultat af bassinets lange afstømningstid, her strømmer vand længe efter at regnen er ophørt [Dreitseitl m.fl. 2002 s. 71]. En traditionel løsning havde været et dykket overløb, hvor vandets dynamik ikke er synlig.

Et landmark

Byen Immerstad ligger ved Tysklands største ferskvandssø. Byen ønskede et Landmark ved molen. Projektet har ikke noget med regnvandshåndtering at gøre. Det er med i analysen, fordi det viser den symbolske styrke,som vand bærer når det iscenesættes [Dreitseitl m.fl. 2002 s. 117].

Broen

Man kan interagere med vand uden at opholde sig i det. At kunne komme helt tæt på (måske i gummistøvler), giver mulighed for at opleve vandspejlet på en måde, som beplantede brinker ofte forhindrer. Fotoet er fra byparken i Hattersheim [Dreitseitl m.fl. 2002 s. 19].

Integration

At iscenesætte vand er at skabe en relation mellem regnvandshåndteringen, og de mennesker som bruger byrummet. Iscenesættelsen ksn eks. være vandfald, kunstige springvand, broer, eller blot være en formgivning af bassinet, der tilfører byrummet en ny landskabelig kvalitet. Iscenesættelse af vandet, er nøglen til integrationen af regnvandsbassinet i byen.

Erfaringer fra Malmö

Augustenborg

I Malmö-bydelen Augustenborg har de integreret landskabsbaseret regnvandshåndtering i den eksisterende by. Augustenborg er en karrébebyggelse fra 50'erne. Her er cirka 30 gårdrum i perioden 2002 – 2005 blevet omlagt fra fælles kloak til landskabsbaseret regnvandshåndtering, bestående af kanaler og damme. Målet har været at reducere belastningen på byens afløbsnet, og samtidig forbedre kvaliteten af områdets udearealer. Begge dele er lykkedes [www.malmö.se].

30/5-10 besøgte jeg Augustenborg. Jeg var så heldig at komme en dag med meget regn af varierende intensiteter. Jeg havde derfor mulighed for i praksis at vurdere de udviklede løsninger.

Overordnet giver den synlige regnvandshåndtering bydelen et meget positivt præg. Det er overraskende, hvordan bassiner og beplantning giver det modernistiske boligblokkvarter en ny identitet.

Frem for en gennemgang af områdets forskellige elementer, vil jeg her kun beskrive min vigtigste erfaring: "Regnvandshåndtering skal ske i flere gear"

Landskabsbaseret regnvandshåndtering, Augustenborg. Eget foto.

Afkoblet nedløbsrør, Augustenborg - god designløsning. Eget foto.

Traditionel regnvandshåndtering handler om at dimensionere et system, der kan håndtere en given ekstrembelastning. Men ved landskabsbaseret regnvandshåndtering kræves et design, som danner rammen for gode byrum under både normal- og ekstrembelastninger. Det vil sige, at designet skal fungere i tørre perioder uden vandstrømning. Under små regnhændelser med lavt vandflow. Under store hændelser, hvor der er tryk på vandet. Og under ekstremhændelser, hvor skader og gener på byen skal forhindres.

Et eksempel på en vellykket regnhåndtering i "flere gear", ses ved nedløbsrøret. Alle nedløbsrør fra tage i Augustenborg er afkoblede ved fundamentet. De ender i små fontæner med permanent vandspejl og overløb til en rende. Fontænen iscenesætter regnstrømmen fra taget. Ved små regnhændelser hørers lyden af dryppende vand, mens der dannes bølgemønstre i fontænen. Ved højere

Afløbsgrøft, Augustenborg - god designløsning. Eget foto.

Afløbsrande, Augustenborg - dårlig designløsning. Eget foto.

Lille afløbsrande, Augustenborg - dårlig designløsning. Eget foto.

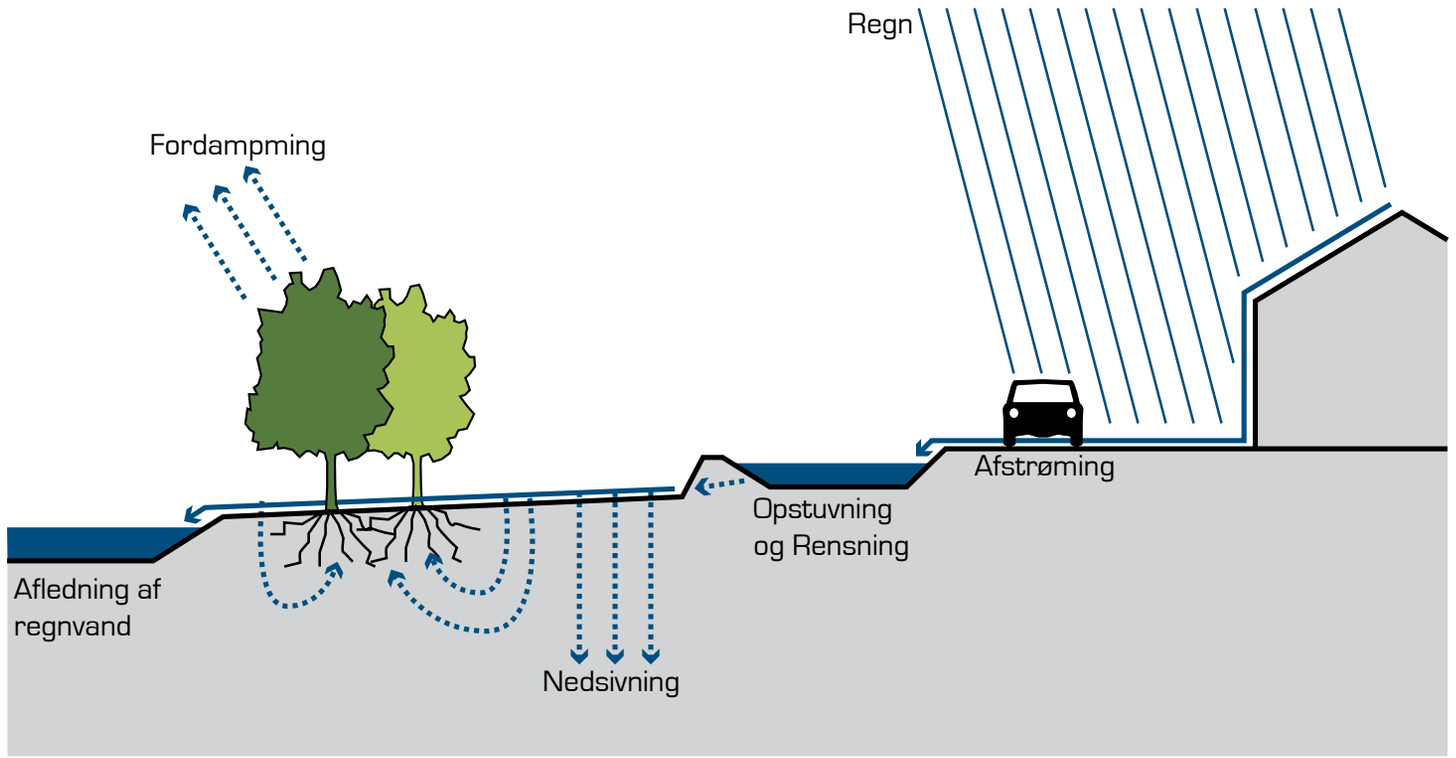
intensitet bliver fontænen til et brusende vandfald. I tørvejr står fotænerne ubemærket langs rummets vægge.

Et andet meget vellykket element er regngrøfterne. Den regn jeg oplevede, bevirkede kun en lille støm i kanalens bund, hvor der ligger hvide skærver. Skærverne sikrer, at grøftens bund ikke får en mudret karakter. De svagt skrånende kanter giver grøften en stor kapacitet til ekstremregn, men fremstår i tørvejr blot som en skrånende plæne.

Hvad der ikke funger i Augustenborg er områdets mange render. De er dimensioneret til ekstremsituationer. Under normalregne er de alt for store, og derved ikke selvrensende. I stedet bliver renderne til samlested for blade og affald, som må fjernes manuelt. Den før viste grøft løser samme opgave langt bedre, fordi den kan fungere "i flere gear".

Erfaringerne fra Augustenborg viser vigtigheden af, at landskabsbaseret regnvandshåndtering skal designes til at matche alle nedbørsscenarier og scenarier med tørvejr.

Landskabsbaseret regnvandshåndtering



Landskabsbaseret regnvandshåndtering

I specialets indledning introduceres begrebet "landskabsbaseret regnvandshåndtering". Efter i de foregående casestudies, at have undersøgt relationen mellem byen og vandet, drejes analysen nu ind i et teknisk perspektiv. Her skal de tekniske designparametre og potentialer for landskabsbaseret regnvandshåndtering i konteksten Værløse fastlægges.

Begrebet "Landskabsbaseret Regnvandshåndtering" er hentet i forskningsprojektet "Black Blue Green" (2BG), et forskningsprojekt med deltagelse fra 3 universiteter, 5 virksomheder, og 4 kommuner. Fra et miljø- og planteknisk perspektiv, handler 2BG om at undersøge bylandskabets potentialer for regnvandshåndtering [Bernsen 2009. s. 12].
Et alternativt begreb dette, som jeg i begyndelsen specialeperioden brugte, er Lokal Afledning af Regnvand" (LAR). Københavns Kommune har udarbejdet LAR–metodehåndbogen. Det er et meget omfattende katalog over metoder til håndtering af regnvand i byens rum [www.kk..dk 2010 A]. LAR er et meget udbredt begreb inden for afløbsteknik. Og selv om LAR-begrebet, ligger meget tæt på landskabsbaseret regnvandshåndtering, ser jeg en nuanceforskel. Tilgangen i LAR–metodehåndbogen tager afsæt i de realiserbare projekter. Projekter som borgere, virksomheder i Københavns Kommune, kan gå ud og gennemfører her og nu. Derfor er perspektivet i LAR–metodehåndbogen ikke et nyt paradigme. Perspektivet er en fornuftig sub-optimering af det eksisterende afløbssystem [Henze, 2004, s. 20]. Gennem Landskabsbaseret regnvandshåndtering tager jeg afsæt i flere af LAR-metodehåndbogens elementer – men mit perspektiv er at udvikle en alternativ konstruktion mellem byen og regnvandet. En konstruktion som ikke er bundet i den nuværende opbygning af afløbsnettet. Hvordan en konkret transformation fra det nuværende afløbsnet til landskabsbaseret regnvandshåndtering i praksis kan gennemføres, ligger uden for dette speciale. Her opstilles kun den nye konstruktion – et mål for en transformation af afløbsnettet.

For at give et overblik over den følgende del af analysen er opstillet ovenstående diagram. I dette opstilles dele af byens vandkredsløb, her vises de tekniske temaer, som nu skal undersøges.

Afledning af regnvand

Beskyttet natur omkring Værløse. [Furesø Kommune 2010]

Værløse ligger omgivet af de tre søer Furesø, Farum Sø og Søndersø. Furesø og Farum Sø er et sammenhængende vandområde, som afstrømmer mod øst til Øresund. Søndersø afstrømmer mod vest til Roskilde Fjord. Søerne er alle omfattet af naturbeskyttelsesloven §3, og Furesø/ Farum Sø er yderligere udlagt som EF fuglehabitatområde [Furesø Kommune 2010]. For at beskytte disse vådområder afsagde Miljøklagenævnet i 2005 bl.a. følgende kendelser:

- Nødoverløb fra bassiner må ikke overstige en gentagelsesperiode på 5 år.
- Afledningshastigheden må ikke overstige 1 l/sek. pr. ha

[Jensen, C., 2010 s.3]

Terræn og vandskel i Værløse. [Furesø Kommune 2010]

Disse kendelser gælder afstrømning af opspædet spildevand. Trods det, at specialet arbejder med regnvand, fastholdes disse krav som designparameter. En afløbshastighed på 1 l/s*ha, svarer nemlig til den naturlige regnafstrømning, fra et ruralt område under en ekstremregn [Winther m.fl. 2006, 323].

Fordi Værløse ligger på et vandskel, må byen deles i to oplande, med individuelle afledningskapaciteter.

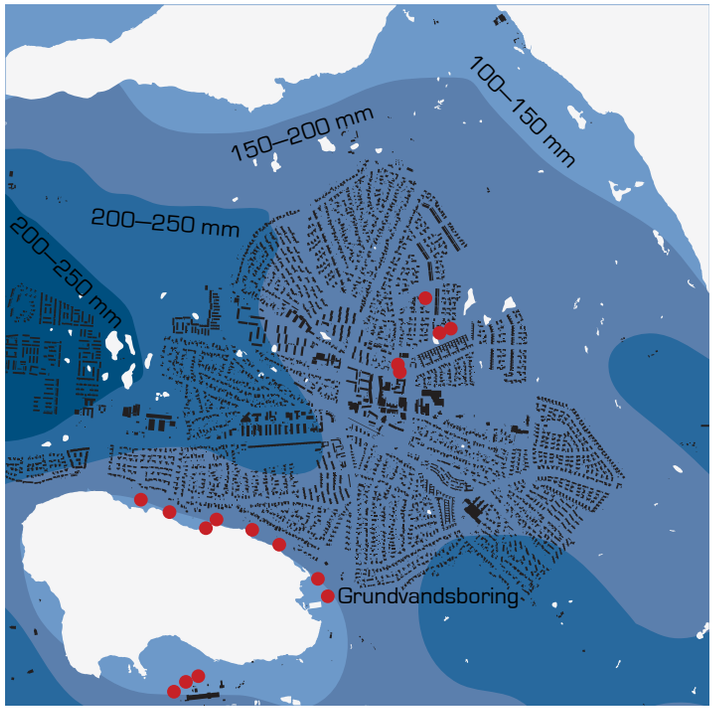
Opland nord: 157,4 ha * 1 l/s*ha = 157,4 l/s
Opland syd: 267, 3 ha * 1 l/s*ha = 267,3 l/s

Disse afløbshastigheder må kun overskrides hvert 5. år

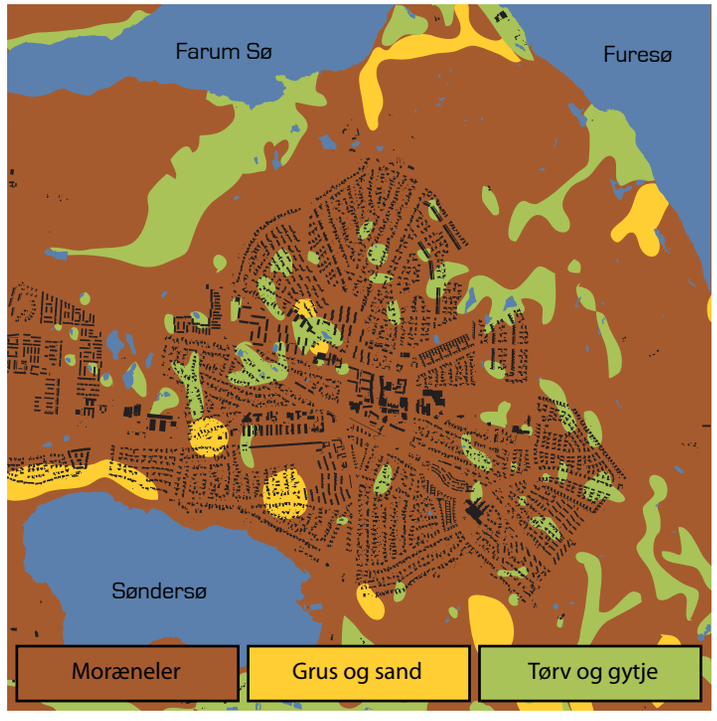
Søndesø, recipient for en stor del af opland syd. Eget foto.

Fordampning og Nedsivning

Grundvandsdannelse og fordampning i Harreskov, Værløse. Eget Foto.



Årlig grundvandsdannelse og grundvandsboringer, Værløse. [Lønborg, M. 2009 s. 15], [Furesø Kommune 2010].



Jordbundstyper i Værløse [Furesø Kommune 2010].

Fordampning

Fordampning af regnvand sker primært gennem vegetation. Planter opsuger regnvand fra jorden, og fordamper det via bladende. For kapaciteten på afløbsnettet har fordampning en meget begrænset effekt. Under en kraftig regnhændelse er den konkrete fordampning minimal. Desuden er der på årsbasis meget store forskelle i fordampningskapaciteten. Fordampning bidrager således ikke til at øge kapaciteten på afløbsnettet i betydende omfang.

Alligevel er der et kæmpe potentiale ved fordampning regnvand for byen. Fordampningsprocessen har nemlig en mærkbar kølende effekt i byrum [Spirn,1984, s. 76]. En følge af klimaforandringerne er, at temperaturen i fremtiden vil stige 2-4 grader. Samtidig vil der i fremtiden også ske en øgning i antallet af tørkeperioder i sommermånederne [Søndergaard mf. 2006, s.8]. Ved landskabsbaseret regnvandshåndtering kan afløbsnettet udformes til at "vande" byens vegetation. Fremtidens nedbør må i fremtidens intense men sjældne sommerregn ikke bare ledes bort i kloakken som i dag, men skal udnyttes til at holde byen grøn og sval.

Nedsivning

Værløse ligger oven på et kæmpe grundvandsmagasin. Københavns Energi (vandforsyningen for København) har grundvandsboringer langs Søndersø, mens Værløse Vandværk har boringer midt i selve Værløse. Og faktisk er der et underskud i grundvandsdannelsen i området. [Lønborg, M. 2009 s. 6]. Derfor giver nedsivning af overfladevand i Værløse god mening. Teknisk er dette bare svært. Værløses undergrund består af op til 20 m tykt lag af moræneler [Lønborg, M. 2009 s. 15]. Den hydrauliske ledningsevne for moræneler er ekstremt lav. Det betyder, at nedsivning af overfladevand går meget langsomt [Winther m.fl. 2006 s. 145]. Da Værløse samtidig er et område med særlige drikkevandsinteresser [Furesø Kommune], må kun renset vand nedsives. Nedsivning af grundvand i Værløse er altså et fornuftigt rationale, men kan udelukkende etableres som et alternativ til recipientafledning. Og dette vil formentlig kræve en endnu lavere afløbshastighed, end den allerede besluttede. Specialet vil ikke fokusere yderligere på dette potentiale, da det ikke er en del af den direkte regnvandshåndtering.

Regn

Regnhændelser

Når regnvejr skal defineres bruges begrebet en "regnhændelse". En regnhændelse beskrives ved regnens varighed og gennemsnitsintensitet. Regnhændelser med høj intensitet i forhold til varigheden er ekstremregn. Hyppigheden af disse ekstremregne, er den dimensionsgivende faktor for afløbssystemets design [Winther m.fl. 2006, s. 87]. Figuren neden for, giver billede af mønstret for ekstremregn i Værløse. De blå søjler illustrerer intensiteten for de 100 mest ekstremregne af 10 min. varighed, som statistisk vil falde, over en 100 års periode. Figuren er baseret på en regnrække for værløse, en statistisk bearbejdning af historiske regne jf. skrift 28. Til årsnedbøren 650 mm. [www.svk28.er.dtu.dk] [Winther m.fl. 2006, s. 83].

Samtlige 100 regne (stadig kun de blå søjler) har en intensitet 10,45 µm/s, eller der over. Det betydet at hændelser af denne eller højere styrke, statistisk vil gentages én gang per år. Den frekvens beskrives ved gentagelsesperioden T(1). 20 regne (blå søjler) har en intensitet på 16,76 µm/s eller der over. Disse regne defineres ved gentagelsesperioden T(5), og optræde statistisk set hvert 5 år. Gentagelsesperioden er et simpelt redskab, til statistisk at formulerer sandsynligheden for en given regnhændelse. Hvis begrebet gentagelsesperiode vendes om, gøres det simplere at forholde sig til: Risikoen for én T(5) regnhændelse er 20 % hvert år.

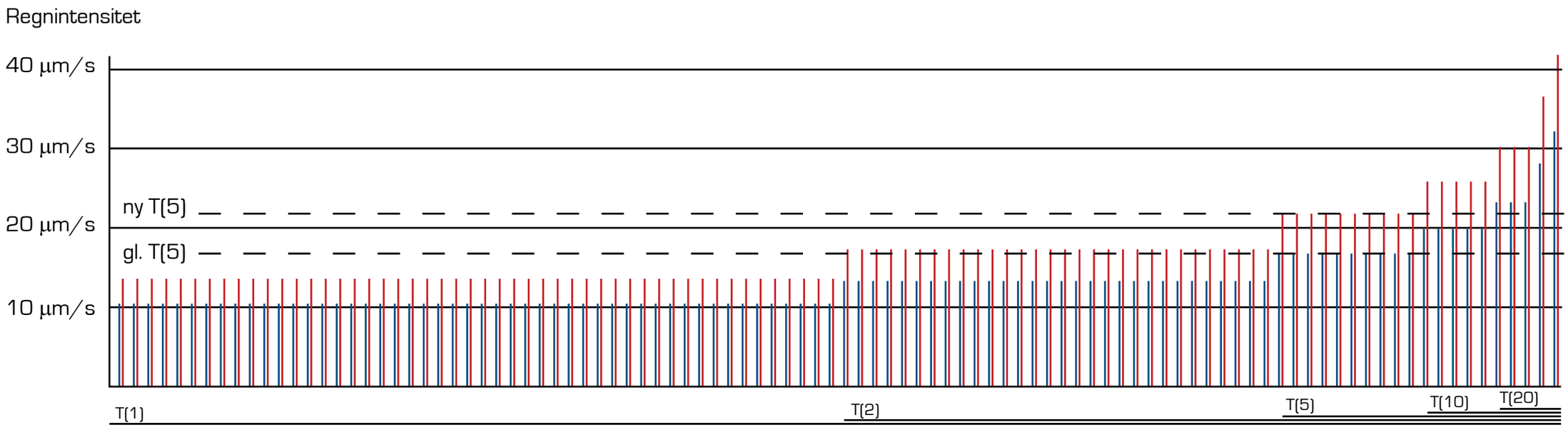
I Danmark er det dimensionsgivende praksis, at kloakker i fælleskloakerede områder først må løbe over ved en T(10) regnhændelse, mens områder med separatkloak skal må løbe over ved en T(5) regnhændelse. Forskellen skyldes at oversvømmelser i fælleskloakerede områder skaber størst skader og gener. [Winther m.fl. 2006, s. 226].

At afløbsnettet ikke er udformet til at håndtere alle regne, skyldes det at det er urentabelt bygge efter de sjældne monsterregne. Eksempelvis vil en T(50) statistisk set falde 2 gange over 100 år, og kræve kæmpe afløbskonstruktioner. [Winther m.fl. 2006, s. 228].

Klimaforandringer

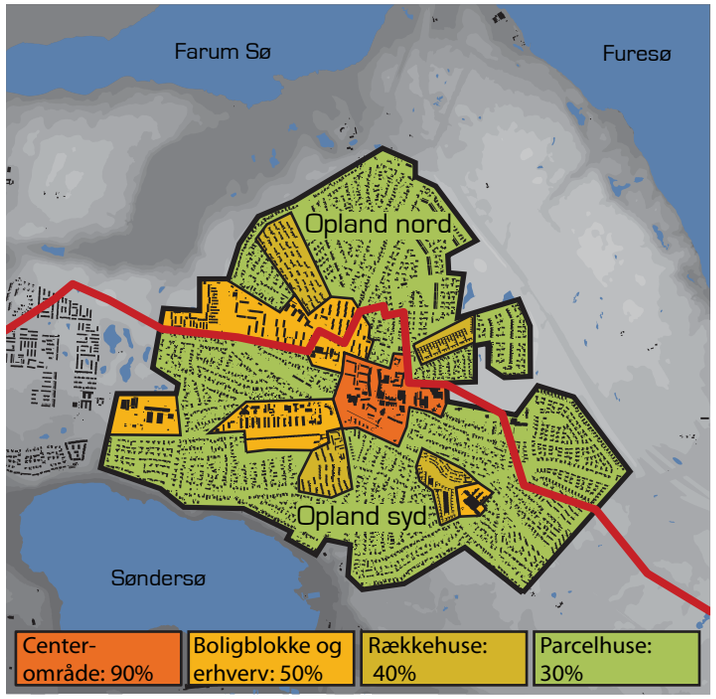
Klimaforandringerne forkaster imidlertid hele det statistiske grundlag under afløbsdimensioneringen. For at imødegå klimaforandringerne har de danske kommuner indført et indført et sikkerhedstillæg for dimensionering af nye kloakker. I Furesø Kommune er et tillæg på 30 % besluttet. Det vil i praksis sige at intensiteten for alle regne i den dimensionsgivende regnrække, skal multipliceres med faktor 1,3. [Poulsen, P, 2008 .s 4]

Figurens røde søjler viser konsekvensen af klimatillægget. Intensiteten for en ny T(5) regn, er eksempelvis højere, end ved den oprindeligt dimensionsgivende T(10) regn. Derved illustreres det hvorfor Danmark i disse år oplever en stigning i antallet af regnbetingede oversvømmelser. De eksisterende kloaknet er baseret på et forældet statistisk grundlag.



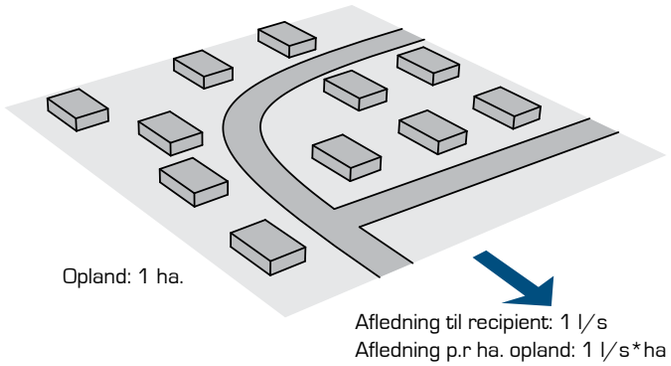
Ekstremregne af 10 min varighed gennerert ved SVK.28, for 650 mm årsnedbør. [www.svk28.er.dtu.dk] [Winther m.fl. 2006, s. 83].

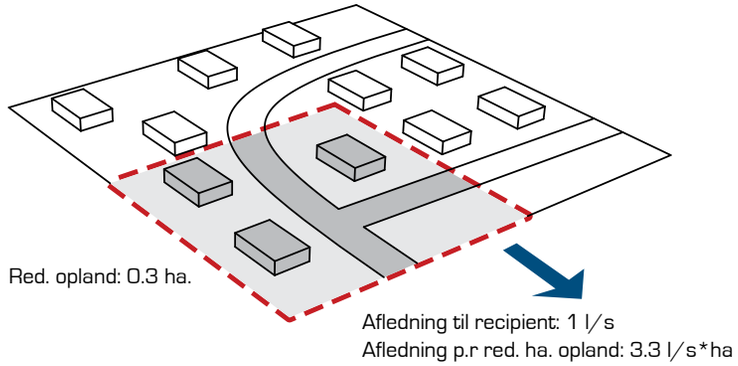
Afstrømning



Befæstelsesgrad for byområder i Værløse [Furesø Kommune] [Winther m.fl. 2006]

For dimensionering af størrelsen for et regnvandsbassin i et givet byområde, er det nødvendigt at kende områdets faktiske vandafstrømning. To faktorer spiller ind på afstrømningen: Områdets befæstelsesgrad og områdets hydrologiske reduktion.
Den nedbør som falder på befæstede arealer (tage, veje etc.), ledes til kloaknettet. Tætte bebyggelser genererer derfor en større afstrømning end åbne bebyggelser. Værløses befæstelsesgrad må derfor bestemmes.
Den hydrologiske reduktionsfaktor er et udtryk for, at ikke alt regn, som falder på befæstede overflader, ledes til kloakken. Den hydrologiske reduktion er fundet ved målinger på Værløses afløbsnet. Målingerne viser, at det reelt kun er





Relationen mellem red. opland og afsrømningshastighed.

80 % af de befæstede arealer, der leder regn til kloakken. [Jensen, C, 2010 s. 9]
Ved at multiplicere Værløses oplandsareal, med byens befæstelsesgrad og hydrologiske reduktionsfaktor, bestemmes det reducerede oplandsareal (red. opland). Dette er et udtryk for, hvor stor en del af et opland der reelt genererer regnafstrømning. Værløse ligger i et vandskel, og er delt i to oplande. Det reducerede opland bestemmes for disse to oplande enkeltvis. De tre designcases, som opstilles senere i specialet, ligger alle i opland syd, derfor bestemmes kun befæstelsesgrad og red. opland for dette område.

Byens befæstelsesgrad kan bestemmes med erfaringstal for forskellige by typer. Værløse kan groft opdeles i fire by typer, med følgende individuelle befæstelsesgrader:
- Parcelhusområde: 30%
- Række- og klyngehusbebyggelse: 40%
- Boligblok- og erhvervsområde: 50%
- Centerområde: 90%

[Winther m.fl. 2006 s.221]

Med disse erfaringstal kan den samlede befæstelsesgrad for opland syd bestemmes:

Opland Syd: 267,3 ha
- Parcelhuse: 198,3 ha * 0,3 = 59,5 ha
- Række og klyngehuse: 17 ha *0,4 = 6,8 ha
- Boligblokke og erhverv: 31,3 ha *0,5 = 15,7ha
- Center: 20,7 ha *0,9 = 18,6 ha

Samlet befæstelsesgrad:
(59,5 ha + 6,8 ha + 15,7 ha)/ 267,3 ha *100 = 37,6%

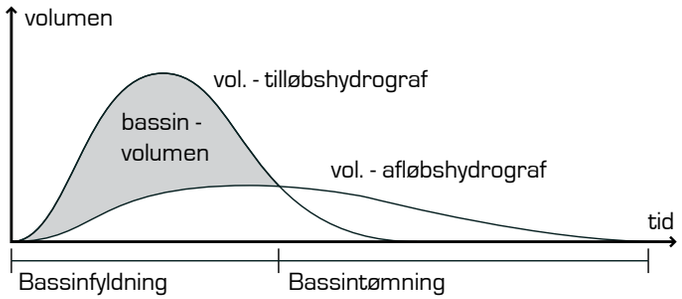
Red. opland:
- Red. opland: 0,37 * 0,8 * 267,3 ha. = 80,5 ha.

Det red. opland kan sættes i forhold til oplandets afløbshastighed. Tidligere i analysen er dette bestemt til 267,3 l/s for opland syd:
- 267,3 l/s*ha / 80,5 red. ha. = 3,3 l/s*red. ha.

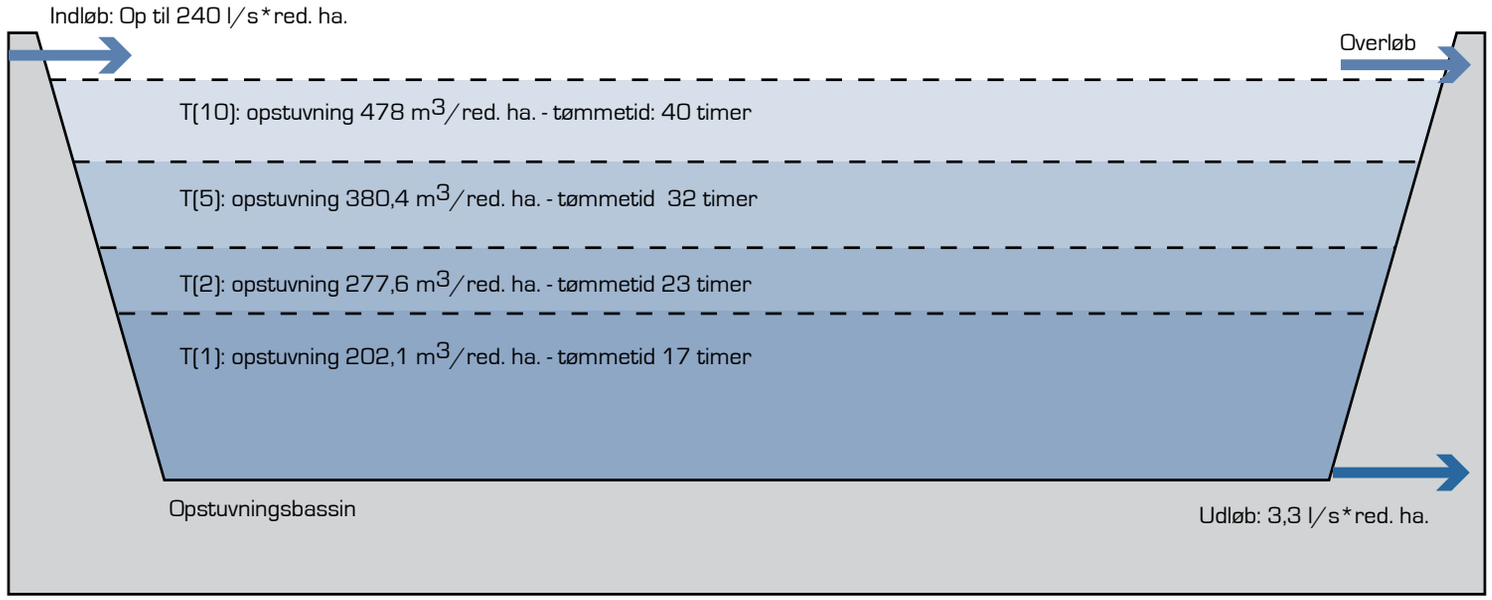
Når der i et regnvandsbassin håndteres vand fra 1 red. ha opland, må det bortledes med en hastighed på 3,3 l/s.

Opstuvning

Opstuvning af regnvand i et bassin sker, når bassinets indløbshastighed overskrider bassinets afløbshastighed. Hydrografen illustrerer princippet: Under en regnhændelse opstuves vand i bassinet. Når regnen er ovre, tømmes bassinet igen. Efter en regnhændelse vil der derfor være en periode, hvor vandet strømmer fra bassinet, en såkaldt "tømmetid" [Winther m.fl. 2006 s. 267]. Størrelsen af opstuvningsvolumenet og længden af tømmetiden afhænger af regnhændelsens størrelse (defineret ved gentagelsesperiode T), bassinets red. opland, og bassinets afløbshastighed. Forholdet mellem det red. opland og afløbshastigheden er bestemt. Derfor kan opstuvningsvolumenet per ha red. opland til forskellige gentagelsesperioder fastlægges. Dette gøres konkret ved en statistisk model, baseret på den tidligere beskrevne regnrække [Winther m.fl 2006, s. 270]. Regnrækken er korrigeret med en klimafaktor. Værløses Kommunes klimafaktor er på 1,3.
Opstuvning og tømmetid er designparametre, der gør det muligt at kunne arbejde med regnvandshåndtering "i flere gear".
Opstuvning kan også beskrives som drosling af regnstrømmens hastighed, med opstuvning til følge. Ved T(5) hændelse kan regnen give en afstrømningshastighed på 240 l/s*red. ha. Denne hastighed drosles ved opstuvningsbassinet ned til 3,3 l/S*red. ha. Herved beskyttes recipienten mod stor vandafstrømning, men kapacitetsbehovet på afløbsledningerne reduceres også enormt.
I tilfælde af en monsteregn, i dette tilfælde en T(10) regn, vil bassinet løbe over. I den situation skal der være et overløb på bassinet der sikrer at vandet vil strømme hen hvor det gør mindst mulig skade. Eks. til parkeringsarealer eller grønne områder.



Hydrograf, opstuvning af vand i bassin[Winther m.fl. 2006 s. 267]



Opstuvningsbassin, opstuvning af regnvand ved forskellige gentagelsesperioder for Værløse.

Rensning

Forurening

Regnvand er ikke rent vand. Smog i atmosfæren og snavs fra byens overflader forurene nedbøren. Trods dette, er det i dag almen praksis, at regnvand ledes direkte ud til naturlige recipienter. Denne praksis vil formentlig snart stoppe. Det forventes nemlig at EU i fremtiden, vil skærpe kravene til kvaliteten af det vand som afledes fra byen [Jensen, M. m.fl. 2009 s. 15]. Derfor er det rationelt allerede nu, at integrere systemer for rensning som en del af afløbsstrukturen. Men også af hensyn den biologiske tilstand i søer og vandløb omkring Værløse.

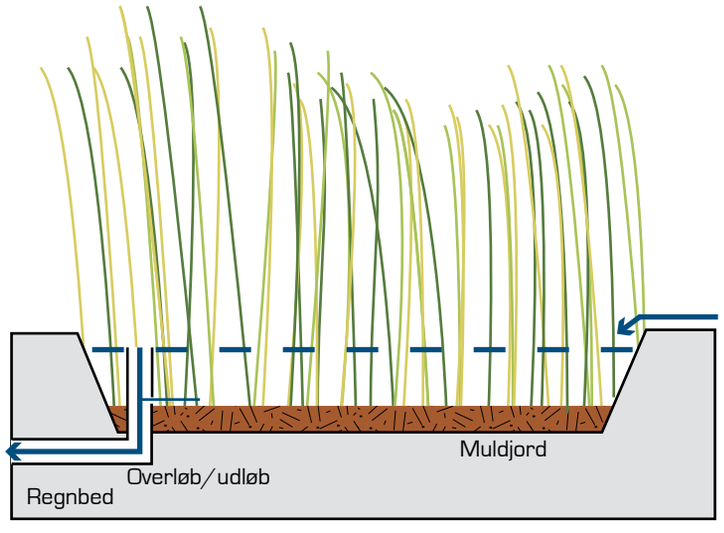
Rensning af regnvand kan foretages effektivt, ved simple naturlige processer. Regnvandet kan opdeles i to forureningsklasser: let forurenet vand; regn som er afstrømmet fra tage. Og svært forurenet vand; regn som er afstrømmet fra trafikarealer.

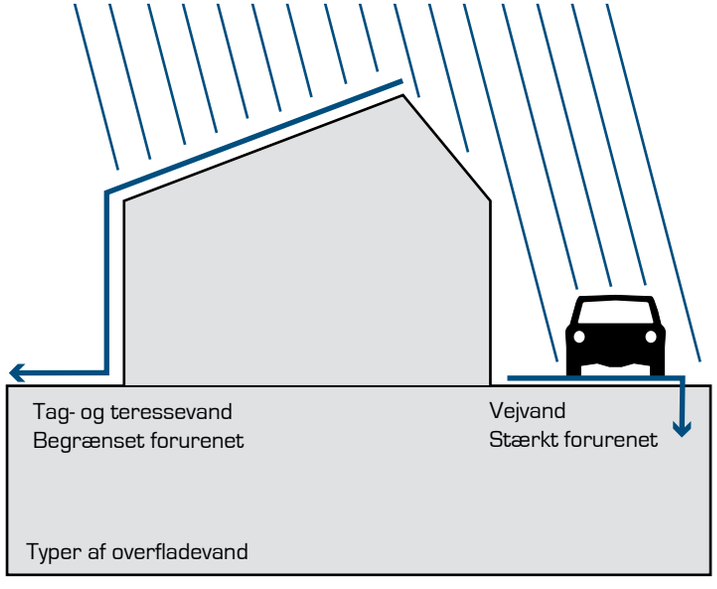
Tagvand og regnbede

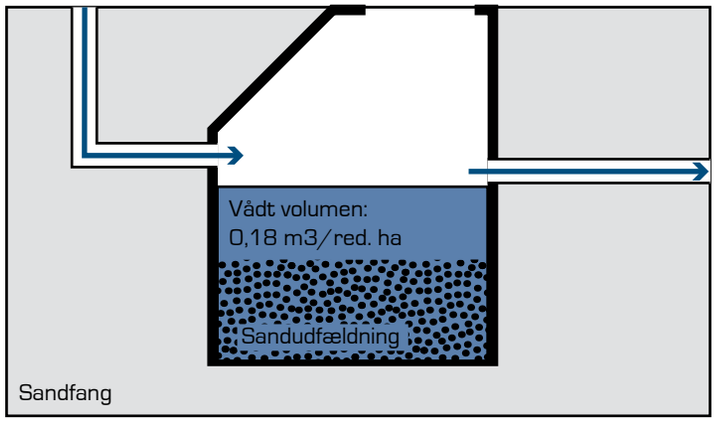
Regnvand som falder på tage er primært forurenet med nedfald fra atmosfæren. Det vil sige smog- og støvpartikler og evt. fugleekskrementer. Denne forurening kan nedbrydes/tilbageholdes i et regnbed. Et regnbed er en beplantet nedsænkning i terrænet, hvor regnstrømmen kan opstuves. I bedets bund er muldjord, som mættes med vand, når det regner. På den måde magasineres en del af afstrømningen til fordampning. Når jordbunden er mættet, stuver vandet op i bassinet, og afstrømmer jævnt via et droslet afløb. Det regnvand som magasineres i regnbedets muldjord, vil fordampe via beplantningen. På den måde generere regnbedet den grøn og sval by [www.kk.dk 2010 B].

Vejvand og procesvolumen

Vand, som falder på veje, er svært forurenet. Særligt trafikken bidrager med tungmetaller og kemikalier, men også næringsstoffer fra plantemateriale, sand og grus



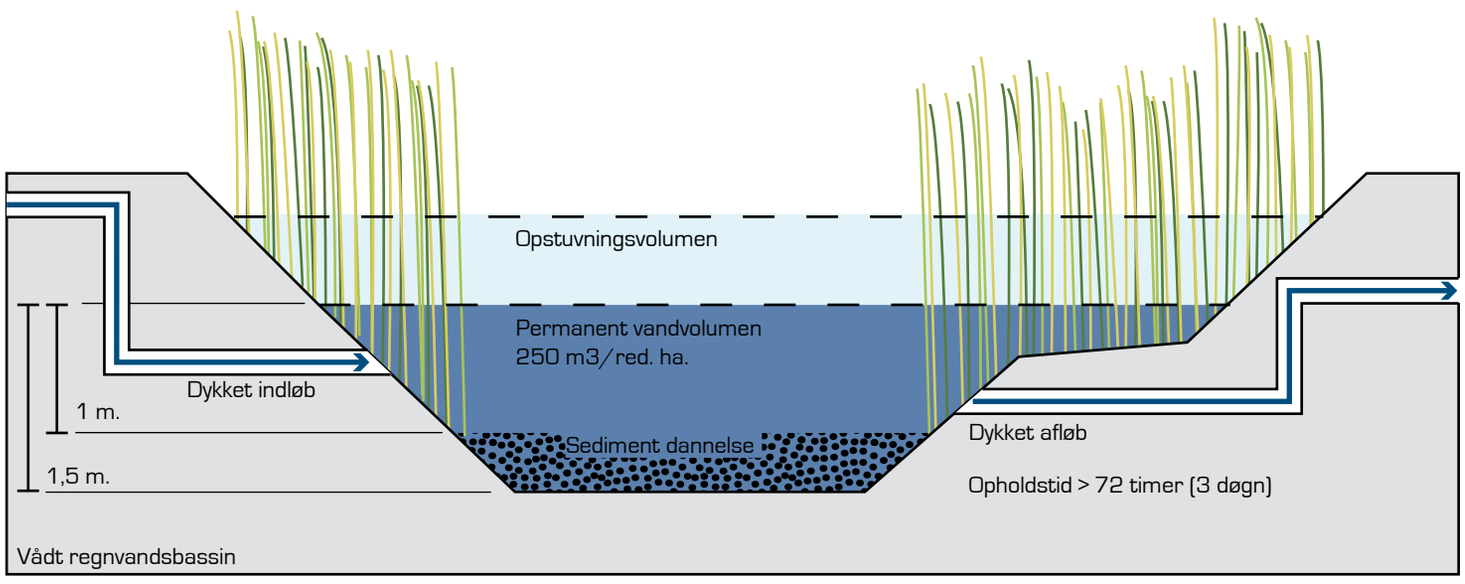




fra anlægsarbejder, miljøfremmede stoffer fra affald og lignede, indgår [Life-Tresure 2010].
Vejvand ledes først gennem et sandfang. Her bundfælder alle grove partikler: Grus og sand. Et sandfang skal tømmes ofte, derfor må der placeres en slamsuger, som har let adgang [www.kk.dk 2010 C].
Fra sandfanget ledes vandet ind i et bassin, hvor det skal tilbageholdes i mindst 72 timer (3 dage). Dette bassin er et procesvolumen. På 72 timer forløber en proces, hvor den fine partikelforurening bundfælder, eller nedbrydes. De partikler som bundfælder, skaber en forurenet sediment på bassinets bund. I praksis skal bassinet renses op ca. hvert 30. år, og sedimentstoffet deponeres forsvarligt.
En opholdstid på 72 timer opnås ved et permanent vandvolumen på 250 m3 / red. ha opland. Ved dette volumen vil vandets opholdstid i bassinet kun 3-4 gang årligt være kortere end krævet. Det permanente volumen kan med fordel bygges sammen med opstuvningsvolumnet. Denne kombination kaldes et vådt regnvandsbassin. Det våde regnvandsbassin fremstår med frit vandspejl, både under regn og tørke. Plantetyper som siv og lign. vokser på bassinets brinker, og hvor bassindybden er under 1 m. Et vådt regnvandsbassin må derfor være dybere end 1 m, hvis et frit vanspejlet ønske [Life-Tresure 2010], [www.kk.dk 2010 D].

Opsummering

Det våde regnvandsbassin og regnbedet er de to metoder, jeg i kombinaton vil bruge for håndtering af regnvand i Værløses bylandskab. Hvor det er muligt, skal der først og fremmest bruges regnbede, fordi de fremmer fordampningen fra byen, med et bedre klima og høj biodiversitet til følge. Vejvand og blandet tag- og vejvand, skal håndteres i våde regnvandsbassiner.



Vådt regnvandsbassin [Life-Tresure 2010] [www.kk.dk 2010 D].

Stof	Indløb	Udløb	Rensegrad (%)
TSS (g/m3)	276	43	84
Total P (g/m3)	0,674	0,262	61
Biotilgængelig P (g/m3)	0,388	0,146	62
Total N (g/m3)	1,49	1,05	30
Olie & fedt (g/m3)	5,0	0,9	82
Konduktivitet (mS/m)	39	42	-
pH	7.39	7.60	-
Total PAH (mg/m3)	1,77	0,26	85
4-PAH (mg/m3)	0,45	0,05	88
Bly (mg/m3)	17,1	4,1	76
Cadmium (mg/m3)	0,21	0,08	62
Kobber (mg/m3)	86	36	58
Zink (mg/m3)	272	78	71

Tabel:Årsmiddelværdi af stofkoncentra-tioner i indløb og udløb samt den resulterende rensegrad. [Life-Tresure 2010]

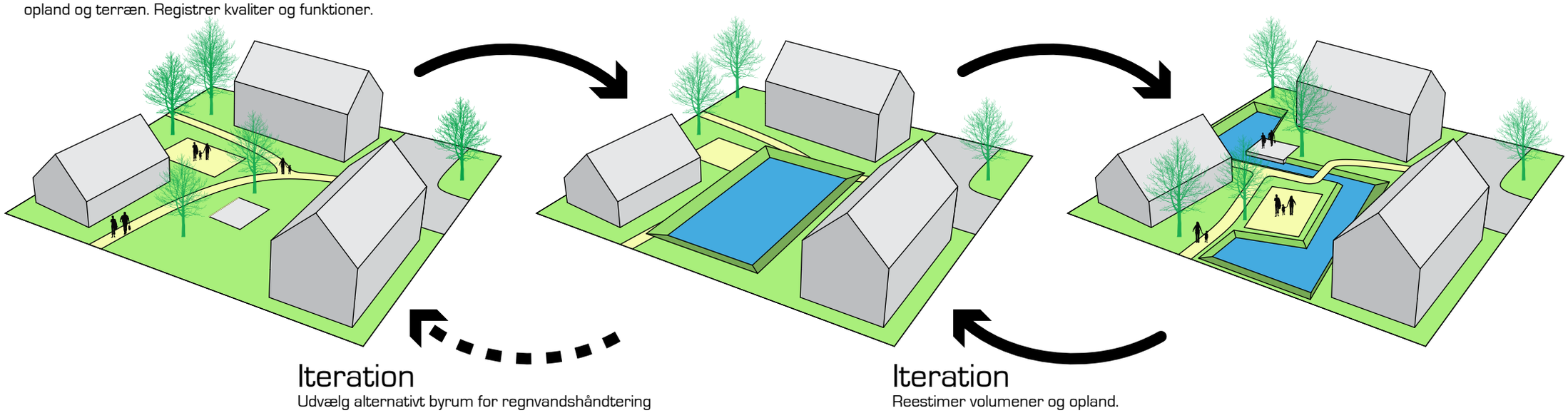
KONCEPT

Koncept

Trin 1.
Indentificer et oplagt byrum for regnvandshåndtering i forhold til opland og terræn. Registrer kvaliter og funktioner.

Trin 2.
Estimer opstuvnings- og procesvolumen for det ønskede opland.

Trin 3.
Integrer de oprindelige kvaliteter og funktioner i de nye vandvolumner.



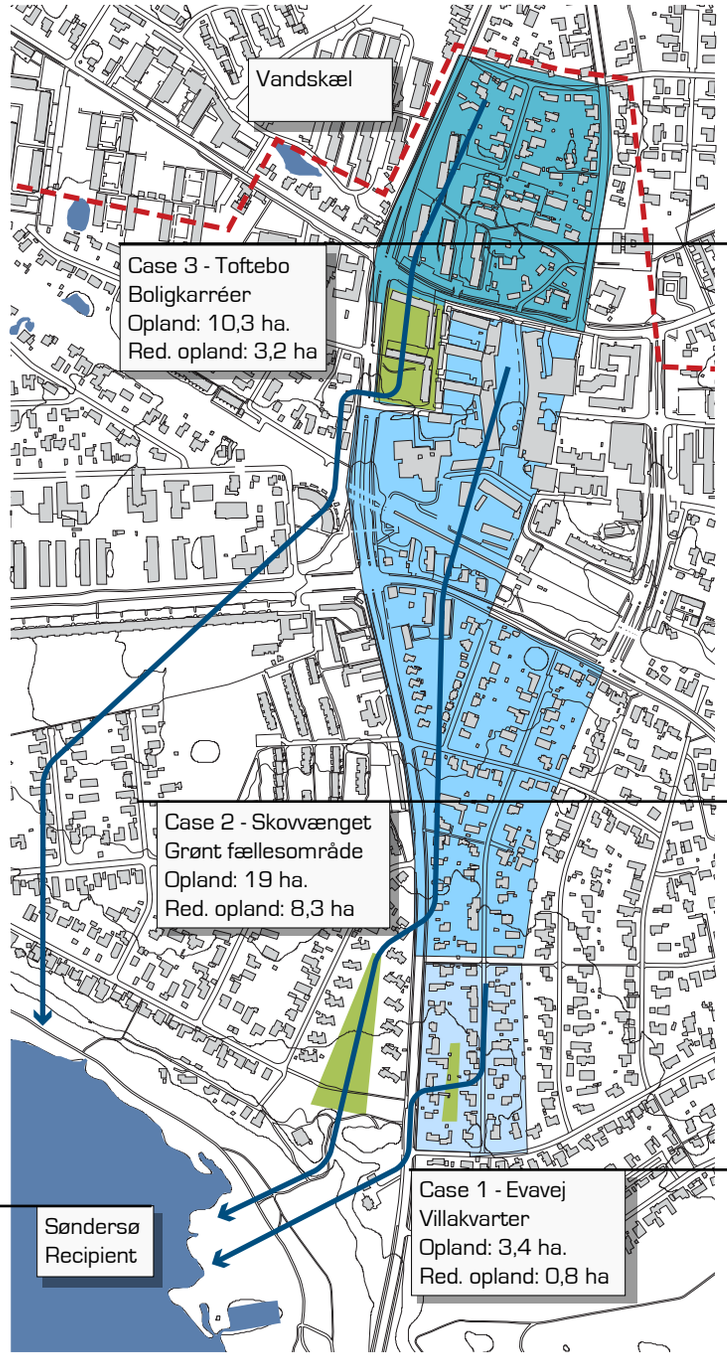
Iteration
Udvælg alternativt byrum for regnvandshåndtering

Iteration
Reestimer volumener og opland.

Rationalerne og designparametrene fra analysen er transformeret til et diagram. Diagrammet er den ny konstruktion mellem regnvandshåndtering og byrum i Værløse. Diagrammet er specialets koncept for integration af regnvandshåndtering i Værløse, og fungerer i tre trin.
Trin 1: Her identificeres et lokalt rum i byen, som i forhold til terræn og opland, vurderes oplagt for integration af regnvandshåndtering. Rummets eksisterende funktioner og kvaliteter registreres.
Trin 2: Her dimensioneres volumener for opstuvning og rensning af regnvand, i forhold til det opland, som ønskes håndteret i byrummet.
Trin 3: Her foretages en integration af rummets oprindelige kvaliteter i regnvandshåndteringen. Denne integration skal tilføje rummet øget kvalitet, gennem en iscenesættelse af regnvand. Skaber regnvandshåndteringen ikke en øget kvalitet for rummet, er integrationen ikke lykkedes.
Mellem de tre trin vil oftest ske en iterativ proces, særligt mellem trin 2 og trin 3. Løsningen for integration af rummets funktioner i regnvandsbassinet udvikles på trin 3. I dette arbejde vil det ofte vise sig, at det givne vandvolumen er for stort til at blive integreret, eller at der er potentiale for at integrere endnu mere vand. For begge tilfælde må et nyt opland estimeres på trin 2. Muligvis må processen tilbage til trin 1. Det sker hvis integrationen ikke er mulig – så må et alternativt byrum for regnvandshåndtering findes.
Denne tilgang skaber en proces, hvor integrationen af regnvandshåndtering sker fra to perspektiver: Byens skala, hvor den overordnede strategi for byens regnvandshåndtering fastlægges. Byrummets skala, hvor volumener afstemmes efter konkrete fysiske forhold, funktioner og kvaliteter. Konceptet sikrer også en naturlig inddragelse af borgere på trin 3.

3 designcases

En test af den nye konstruktion mellem byen og regnvandshåndtering foretages gennem opstilling af 3 designcases. Disse cases tager afsæt i tre forskellige bytypologier, hvor den nye konstruktion skal forsøges integreret. De tre typer er villakvarteret, rækkehusbebyggelsen, og den åbne karrébebyggelse. Til sammen repræsenterer typerne et stort udsnit af det danske boliglandskab.
De tre cases har meget forskellige potentialer for integration. Kortet viser, hvordan oplandets størrelse er meget forskelligt for de tre typer. Disse forskelle er et resultat af itterationer mellem trin 2 og 3 i konceptet.
De tre cases udspænder til sammen et principielt opland, gående fra vandskællet øverst i Værløse, og ned til oplandets recipient, Søndersø. Derved udspændes et tværsnit af Værløses opland syd. Den løsning som casene giver tilsammen, kan principielt repeteres gennem hele opland syd. Herved tegnes et billede af, i hvor stort omfang Værløses fysiske bymiljø vil ændres ved integrering af landskabsbaseret regnvandshåndtering.



Caseområder og principielle oplande.

Toftebo, bolligkarréer ved Værløse Bymidte . Eget foto.

Skovvænger (Mosevej), dobbelthuse omkring et grønt fællesareal. Eget foto.

Søndersø, naturlig recipient for området, eget foto.

Evavej, parcelhuskvarter. Eget foto.

PRODUKT

Evavej - Villakvarteret

Evavej repræsenterer parcelhuskvarteret. Landskabet ved Evavej består af boligveje og parcelhuse i haver omkranset af hække. Parcelhuskvarteret har ingen store åbne rum, hvor integration af regnvandshåndtering normalt er mest oplagt. Målet med denne case er, at opstille et scenarie, hvor afstrømningen fra parcelhuskvarter skal håndteres lokalt i det enkelte villaområdes baghaver. Casen skal teste, hvad denne regnvandshåndtering fylder, og hvordan den kan integreres i baghavens mange meget forskellige funktioner og kvaliteter.

Parcelhus på Evavej. Eget Foto.

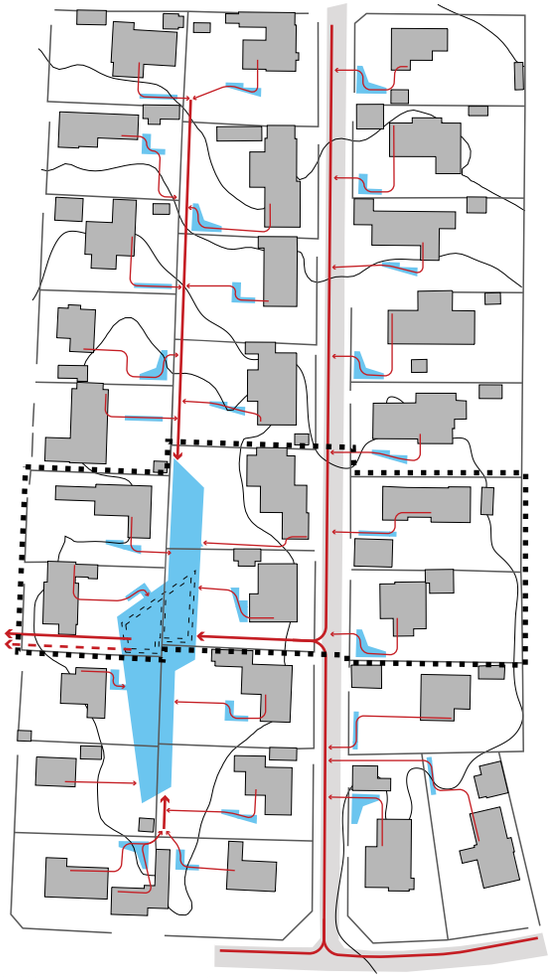
Luftfoto af Evavej, i venstre side Ballerupvej. [www.Krak.dk 2010]

Evavej - Villakvarteret

Ved Evavej er defineret et opland på 3,4 ha. Det red. opland er 0,8 ha, heraf er 0,3 ha boligvej. Regnvandet skal håndteres i et system, hvor vejvandet opstuves og renses i et centralt vådt bassin. Mens afstrømning fra tage, terrasser og lign., opstuves i regnbede lokalt i haverne. Terræn danner en skål i det sydvestlige hjørne oplandet. Her er det det centrale våde bassin til opstuvning og rensning af vejvand etableret. Bassinet er delt af en hæk på en vold, men er samlet ved en rørforbindelse gennem volden. Ved en T(1) hændelse, oversvømmes den nederste del af hækken. Hækken må derfor anlægges med eksempelvis pil, der tåler et vådt miljø. Bassinet har et afløb under Ballerupvej, til et skovområde vest for oplandet. Her afledes regnvandet til en eksisterende regnvandsgrøft, som fører ned til Søndersø.
Regnbedene, til opstuvning af tagvand, er distribueret lokalt ude i de enkelte baghaver. Her vil regnstrømmen vande bedene, og holde haverne grønne. Når mulden i bedene er mættet, vil regnen stuve op mellem bedets planter. Herfra vil det afstrømme renset og droslet, via interne grøfter, til det centrale bassin. Ved en T(1) hændelse vil

Permanent vandspejl

T(1) Hændelse og vandflow



T(5) Hændelse og vandflow med overløb

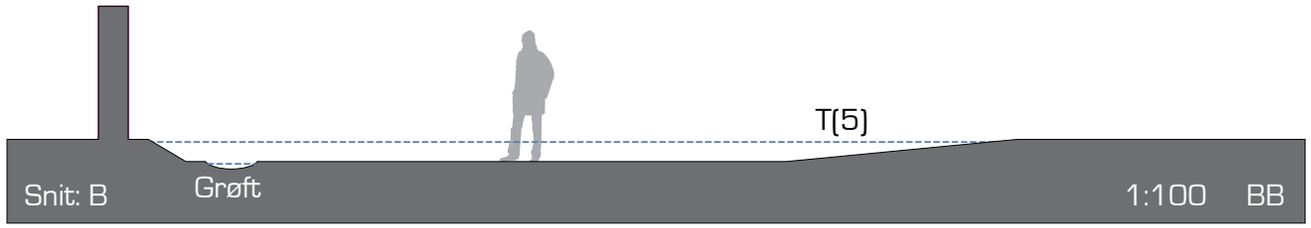
Nord

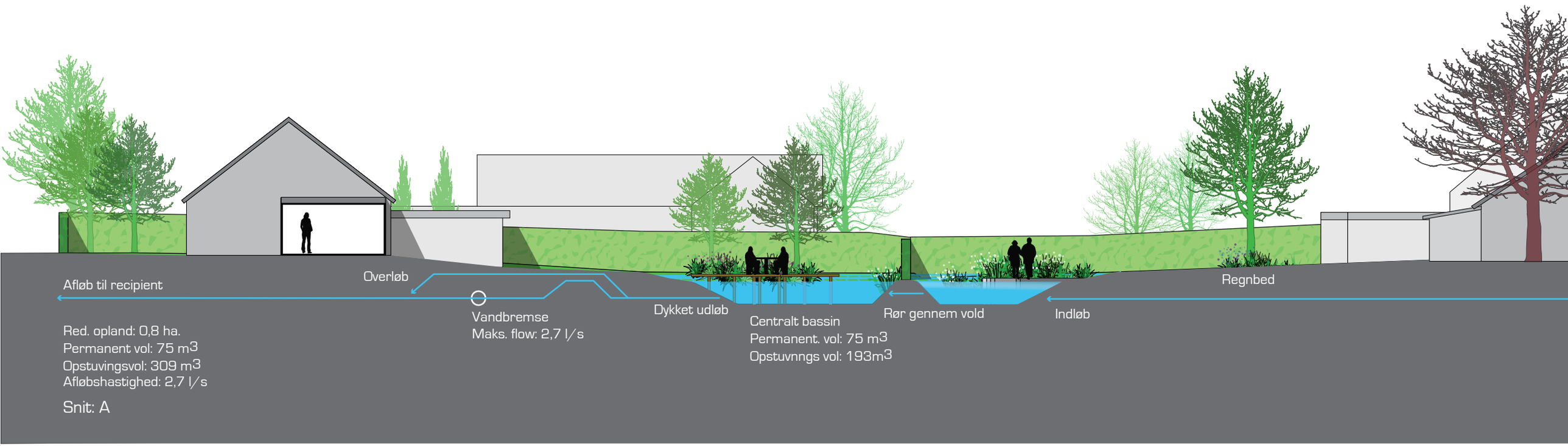
Plan 1:500

regnbedene løbe over, og afstrømme uden drosling. Når det sker, vil regnvand fra både tage og veje stuve op i det centrale bassin. Derved oversvømmes den bagerste del af 5 baghaver. Dette bassin kan rumme vand op til en T(5) hændelse. Et overløb sikrer at der ikke sker yderligere opstuvning, som kan skade husene.

Evavej, Snit 1:200

Landskabsbaseret regnvandshåndtering i baghaven har genereret tre nye typologier: Det permanente bassin, regnbedet og grøften. I denne case er det permanente bassin udformet som en dam, anlagt med hhv. en bro og en mole over ud vandspejlet. Men i forhold til almindelige havedamme, sker her er naturlig udskiftning af dammens vand. Regnbedet giver mulighed for at dyrke eng- og sumpplanter i haven, og kan let indpasse i havens øvrige beplantning. De interne grøfter og det store opstuvningsvolumen, vil ikke få karakter af teknisk anlæg. Opstuvningsvolumenet er anlagt som et skrånende græsareal, og vil statistisk set oversvømmes under én gang om året. Det betyder, at arealet kan bruges som et almindeligt havelandskab. Her kan blot ikke opføres skure og lign. Grøfterne til afstrømning fra regnbedene er små sænkninger i terrænet. Disse kan evt. belægges med skærver eller beplantes, for at undgå mudderdannelse.





Vurdering

Landskabsbaseret regnvandshåndtering introducerer ikke nogen elementer, der er i konflikt med baghavens eksisterende funktioner. Tværtimod skabes der grundlag for nye kvaliteter i havelandskabet. Til gengæld vil der være mange juridiske problemer ved et sådant system: Hvem har ansvaret for vedligeholdelse af og defekter ved anlægget? Hvordan sikres det, at regnvandet reelt drosles lokalt i haverne - at ingen nedlægger et regnbed, og derved mindsker den samlede opstuvningskapacitet? Falder boligen i værdi, hvis et bassin eller opstuvningsmagasin anlægges på grunden? Hvem skal erstatte det? Hvad kan der gøres, hvis ejeren af den lavstliggende have ikke vil have et bassin?

Regnvandshåndtering i baghaven kan simpelt implementeres og bidrage med kvaliteter i havens landskab. Samtidig sikres husene effektivt mod oversvømmelse. Men det kræver et nyt juridisk grundlag, hvis systemet skal implementeres i praksis.

Skovvænget - Rækkehusbebyggelse

Skovvænget er en boligforening beliggende mellem Ballerupvej og Mosevej. Området består af 14 dobbelthuse (28 boliger) omkring et grønt fællesområde [www.dabbolig.dk 2010 A].
Mellem boligerne er et kileformet privat fællesområde. Her er etableret boldbane, bålplads, petanquebane, terrasse med borde og bænke samt en legeplads. Herudover er der anlagt blomsterbede ved mange af indgangene til de private haver. I den sydlige del af fællesområdet ligger et bassin for opstuvning af spildevand. Bassinet er omkranset af hegn og beplantning, og fyldes under kraftig regn med spildevand. En håndteringsmetode, som er uhygiejnisk og meget utidssvarende. Ved implementering af landskabsbaseret regnvandshåndtering erstattes denne funktion.
Syd for boligområdet strækker et skovområde sig ned til Søndersø. Her ligger "Skovhuset", en udstillingspavillion ejet af Furesø Kommune. Her afholdes mange offentlige arrangementer. En skovsti forbinder busstoppestedet og parkeringspladsen på Ballerupvej med Skovhuset. På tværs af denne sti løber en eksisterende grøft, som leder overfladevand ned til Søndersø. Her er tale om den grøft, som også nævntes i forrige case.

Denne case skal undersøge potentialet for at integrere regnvandshåndtering fra et stort opland i det grønne fællesområde. Regnvandshåndteringen skal integrere områdets eksisterende funktioner, eksklusiv det eksisterende spildevandsbassin. Regnvandet skal ledes ind i området fra nord, drosles og renses i våde bassiner, og til sidst afledes via den eksisterende grøft i skoven til Søndersø.

Ortofoto af Skovvænget [www.krak.dk 2010].

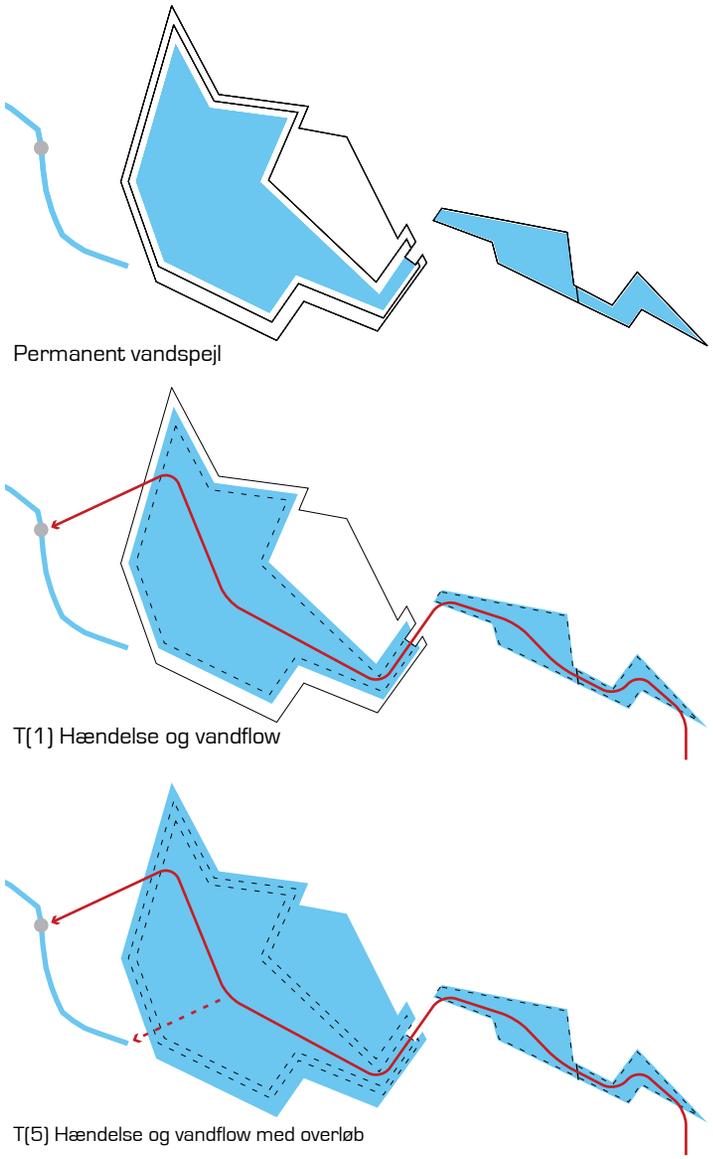
Sti til skovhuset, bro over den eksisterende grøft. Eget foto.

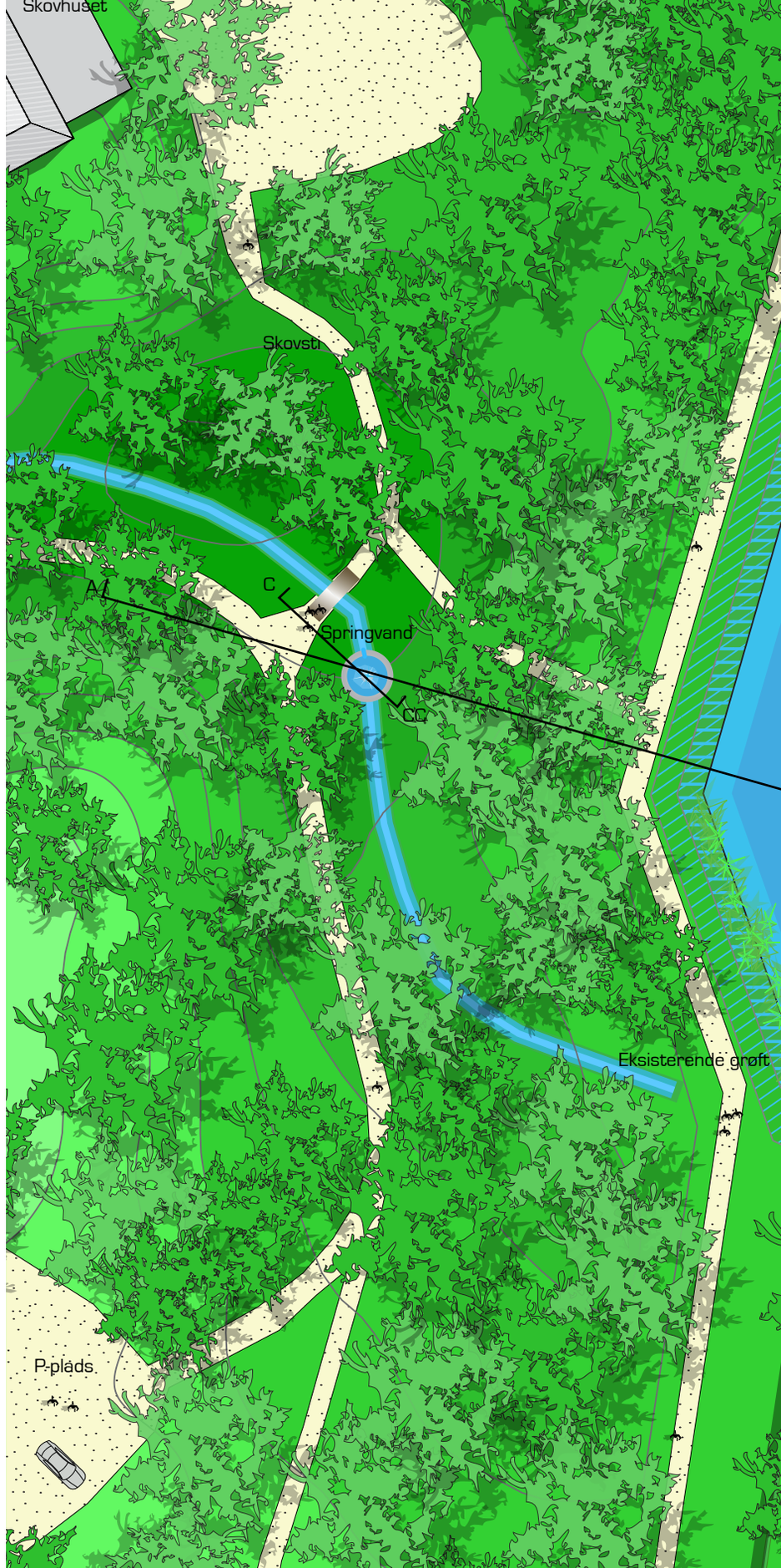
Bassin til opstuvning af spildevand. Eget foto.

Skovvænget, Plan 1:500

Terrænet i det grønne område skråner jævnt ned mod skovbrynet. Designet er derfor lavet med udgangspunkt i tre bassiner, der følger det eksisterende terrænfald. Alle tre bassiner har permanent vandspejl. Ved en T(1) hændelse, vil vandet stuve 0,3 m op i bassin 1 og 2, og 0,5 m op i bassin 3. Når det regner, vil bassin 1 fyldes først, dernæst fyldes bassin 2, og til slut bassin 3. En lille regnbyge iscenesættes således ved en kraftig vandstandsstigning i et enkelt bassin.
Ved hændelser kraftigere end T(1), vil vandstanden i bassin 3 opstuve yderligere 0,5 m, og oversvømme boldbanen og legepladsen. Frekvensen af disse hændelser er så lav, at oversvømmelsen vil blive en event, snarere end en gene. Folk vil hoppe i gummistøvlerne og soppe ud til de oversvømmede fodboldmål og gynger. Fordi denne hændelse indtræffer sjældent, vil der ikke ske skader på hverken plæne eller legeplads. Et overløb sikrer mod hændelser kraftigere end T(5). Overløbet er et dykket rør under stien, til grøften i skoven.

Nederst i området er boldbane og legeplads integreret i bassinet, og højere oppe i området er en terrasse, petanquebane og bålplads bygget ind i terrænet. Forbindelsen mellem bassinerne og afløbet fra bassin 3 er udformet, så der dannes to vandfald på fællesområdet, og et springvand i skoven.





Nord

Opstuvning T(5)

Opstuvning T(1)

B

Legeplads

Bassin 3

Boldbane

DD

Vandfald

AA

D

Petanquebane

Grill- og bålplads

Bassin 2

Promenade

Bro

E

EE

Bassin 1

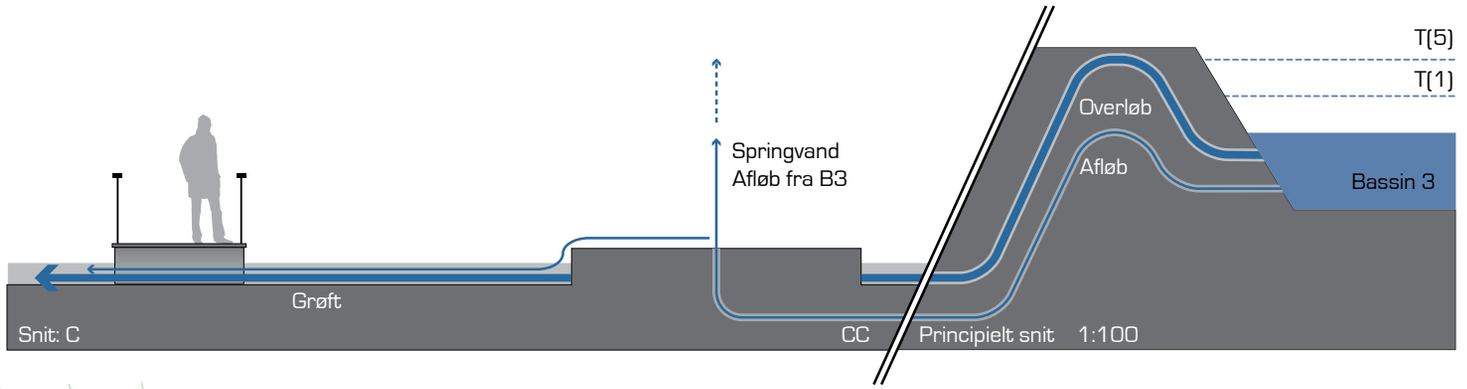
Opstuvning T(1)

BB

Skovvænget, Snit 1:200

Springvandet

I skoven, hvor stien til udstillingspavillonen krydser regnvandsgrøften, er afløbet fra bassin 3 placeret. Det er udformet som et springvand, med en vandføring på 27,6 l/s og vandtryk på 13 til 19 bar. Tryk som skabes ved at opstuvningsvolumenet i bassin 3, ligger 1,3 m højere end springvandet. Springvandet vil være i funktion under og efter regnhændelser. Og det vil blive en smuk refleksion af vejret. Samtidig iltes regnvandet, inden det ledes ned til Søndersø.

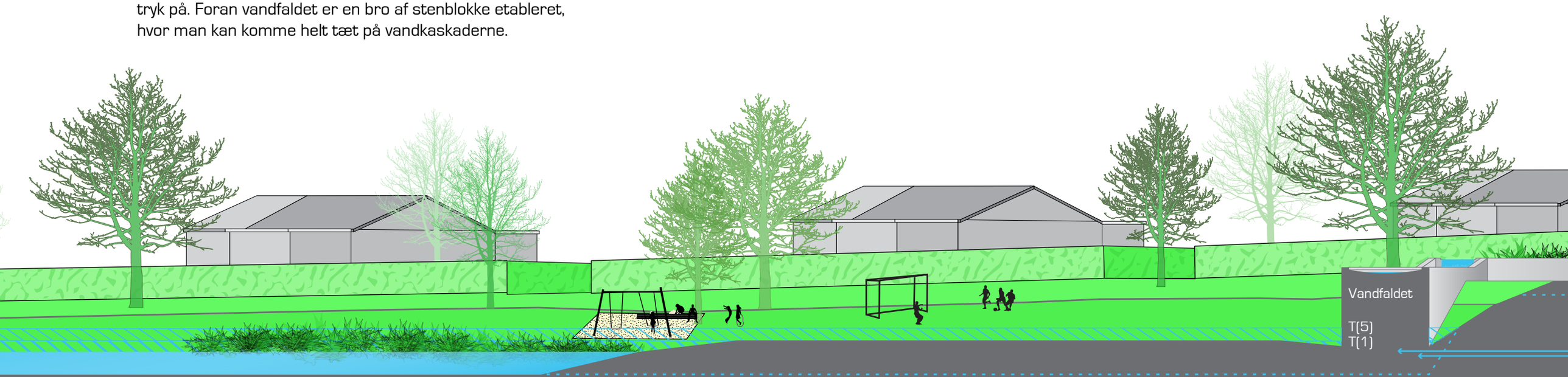


Red. opland: 8,3 ha.
Permanent vol: 2069 m^3
Opstuvingsvol: 3158 m^3
Afløbshastighed: 27,6 l/s

Snit: A

Vandfaldet

Mellem bassin 2 og 3 falder terrænet stejlt. Det er udnyttet til at skabe et højt vandfald mellem de to bassiner. Vandfaldet fungerer i to hastigheder. Ved små regne er vandføringen 27,6 l/s. Men en ved kraftig eller langvarig regn, når bassin 2 er fyldt og går i overløb, kommer der tryk på. Foran vandfaldet er en bro af stenblokke etableret, hvor man kan komme helt tæt på vandkaskaderne.



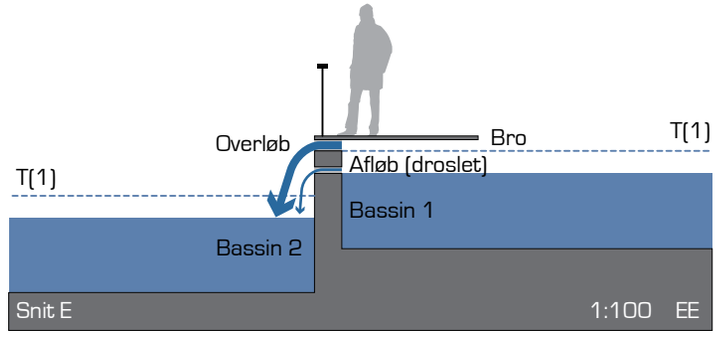
Bassin 3(B3)
Permanent. vol: 1805 m3
Opstuvnngs vol: 2973m3

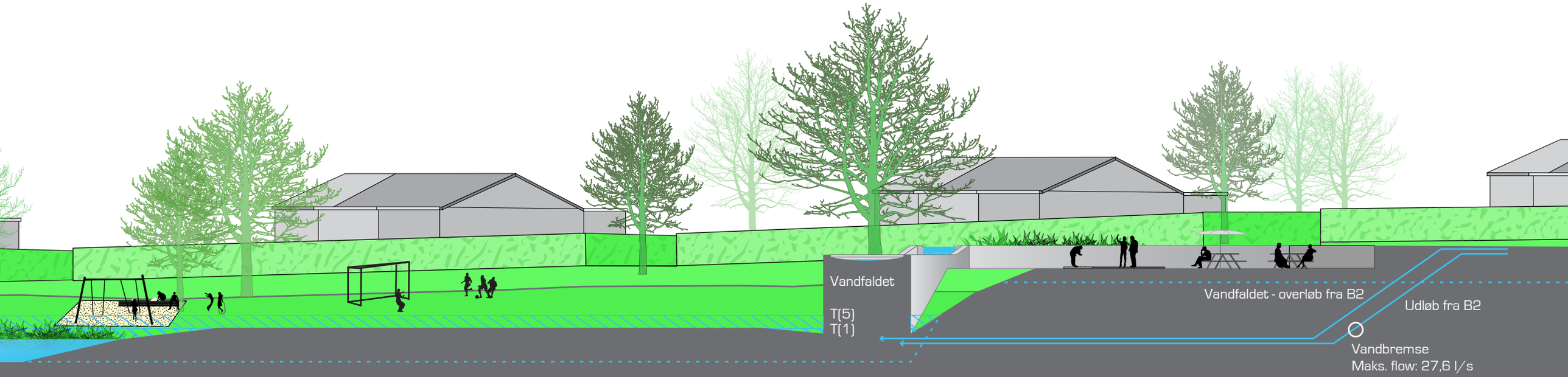
Snit: AA

Skovvænget, Snit 1:200

Broen

Forbindelsen mellem bassin 1 og 2 er udformet som en bro og kort promenade. Broen er monteret på overløbet, der danner et lille vandfald mellem bassinerne. Når der falder en kraftig byge, vil det kunne ses, hvordan vandstanden i bassin 1 stiger hurtigt, til bassinet er fyldt, og derpå går i overløb til bassin 2.



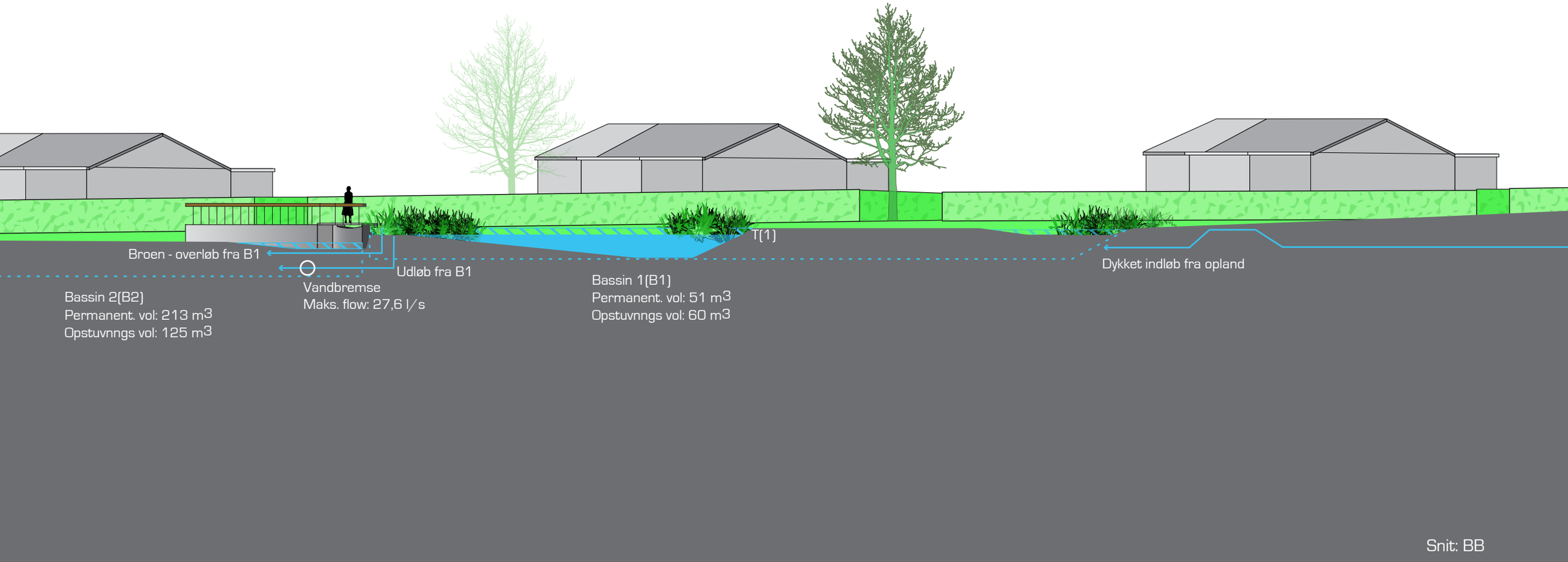


Snit: B

Vurdering

Ved integrering af landskabsbaseret regnvandshåndtering i det grønne fællesareal er stedet radikalt ændret. Ved landskabsbaseret regnvandshåndtering er det eksisterende spildevandsbassin transformeret til en sø. Broen, vandfaldet og springvandet giver nye landskabskvaliteter til de funktioner, som i forvejen var i området. Eneste problemstilling kan blive, at folk fra de omkringliggende områder begynder at gå ture gennem det , når det regner. Men det vil jo være et positivt problem.
Denne case har en meget anderledes tilgang til landskabsbaseret regnvandshåndtering end casen på Evavej.

Casen på Evavej tog udgangspunkt i et lille opland med interne afløbsgrøfter. Casen her tager udgangspunkt i regnvand fra et stort byområde, her 19 ha, som samles og behandles centralt. Der er både fordele og ulemper ved denne løsning. Flere af de juridiske problemstillinger der blev beskrevet ved Evavej, er ikke aktuelle her. Det centrale system kan nemlig oplagt drives og vedligeholdes af professionelle. Til gengæld medfører et centralt system behov for større ledningskapacitet, fordi vandet ikke drosles lokalt.



Toftebo - Karrébebyggelse

Toftebo er en almennyttig boligbebyggelse med 86 lejligheder bygget i 1949. Karréerne er i tre plan beliggende ved Værløse Bymidte [www.dabbolig.dk 2010 B]. Mellem karréerne er åbne grønne parkrum. Disse rummer legepladser og borde med bænke. Parkrummet har også en vigtig kvalitet som udsigt fra lejlighederne. Desuden har områdets beplantning en lyddæmpende effekt på trafikstøjen fra Ballerupvej.

Casenes mål er at integrere regnvandshåndtering i karrébebyggelsens grønne rum. Her skal håndteres både den lokale afstrømning fra tage og parkeringsarealer. Og det skal undersøges, hvor stort et yderligere opland, der kan tilsluttes rummet.

Toftebo fra luften [www.krak.dk 2010].

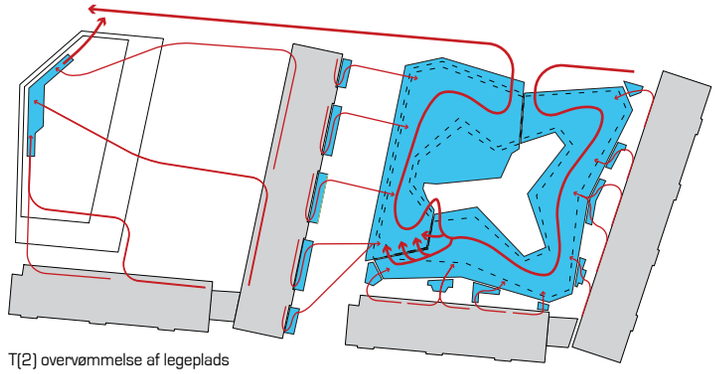
Pakeringspladsen ved Toftebo. Eget foto.

Gårdrummet. Eget Foto.

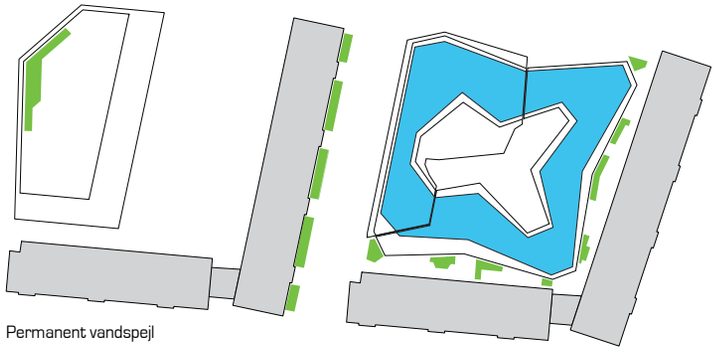
Beplantning mod Ballerupvej. Eget foto.

Toftebo, Plan 1:500

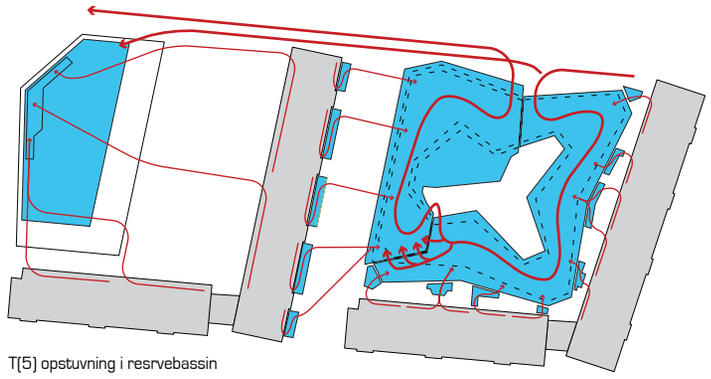
Karrébebyggelsen er tilsluttet 3,1 ha red. opland. I den højest liggende gård er etableret 2 våde bassiner (bassin 1 og bassin 2), i hvert sit terrænniveau. Disse to bassiner vil løbe over ved en T(2) hændelse. Bassinerne er udformet, så de til sammen danner en ø i en sø, hvor på der er integreret legeplads og grillområde. Disse funktioner oversvømmes ved en T(2) hændelse. Langs blokkenes facader dannes en smal stribe land. Disse kan udnyttes til private terrasser for lejlighederne i stueetagen. Det permanente vandspejl definerer nemlig en klar grænse mellem det offentlige rum på øen og det private uderum ved facaden.
I den lavest liggende gård er etableret et tørt bassin (bassin 3). Når der de våde bassiner er fyldte ved en T(2) hændelse, vil vandet stige op i det tørre bassin. Det tørre bassin går først i overløb ved en T(10) regn. Omkring Værløse Bymidte er der ikke nogen recipienter i nærheden, hvor overløb kan tilledes. Derfor er bassinsystemet her designet til først at gå i overløb ved de sjældne T(10) hændelser. Denne ekstra kapacitet er integreret, så den fremstår som en skålformet plæne. I bunden af det tørre bassin er anlagt et regnbed. Her håndteres vand fra gårdrummets tage. I dette bed kan overløbsfunktionerne til bassinet skjules. Derved kommer gårdrummet ikke til at ligne et teknisk anlæg, men et rekreativt landskab.



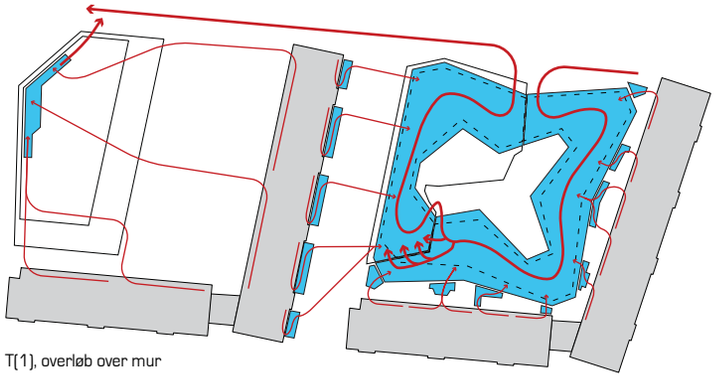
T(2) overvømmelse af legeplads



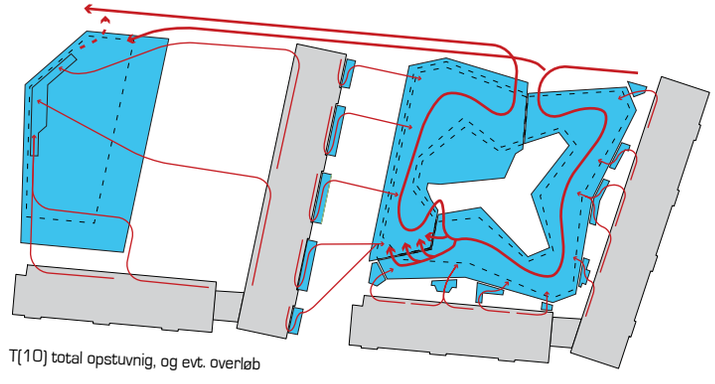
Permanent vandspejl



T(5) opstuvning i resrvebassin



T(1), overløb over mur



T(10) total opstuvnig, og evt. overløb

Nord

Ballerupvej

Legeplads

Opstuvning T(10)

Opstuvning T(5)

AA

Regnbed

Boldbane

Grillplads

Bassin 3

Regnbede

Regnbede

Opstuvning T(2)

Opstuvning T(1)

Bassin 2

Bassin 1

Legeplads

Grillplads

Private terrasser

A

B

Vandløb

Bassin 2

BB

Overløb

Bassin 1

Regnbede

Opstuvning T(1)

Regnbede

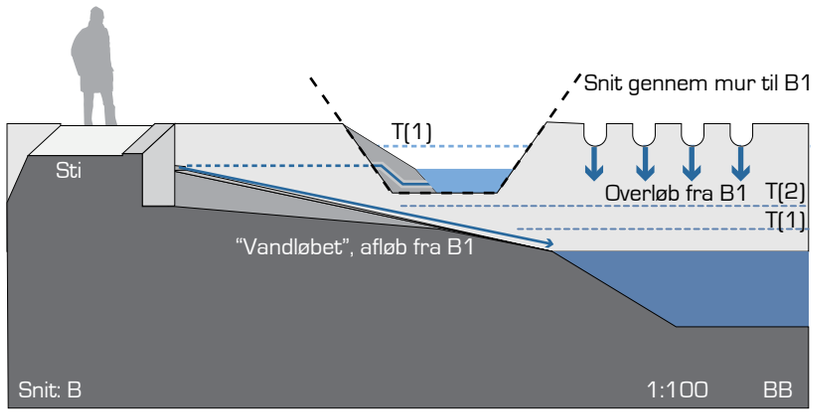
Private terrasser

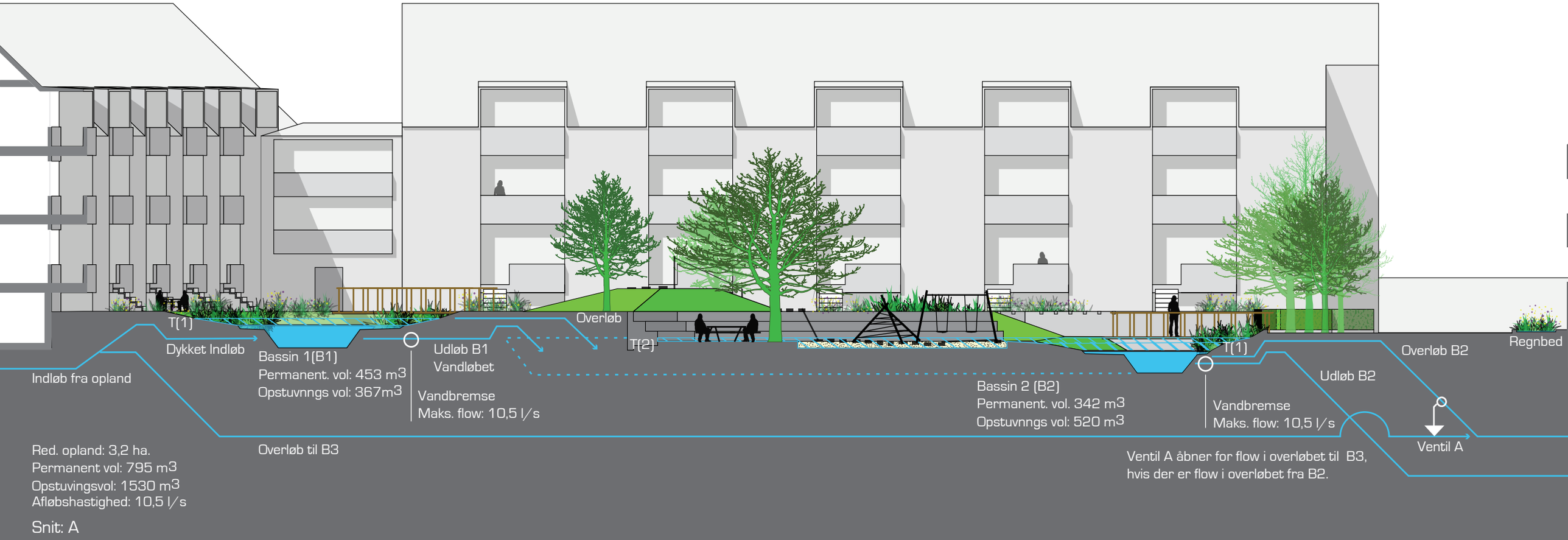
Toftebo, snit 1:200

Vandløbet

Bassin 1 og 2 er forbundet ved et "rislende vandløb" og 12 små overløb i opstemningsmuren. Vandløbet har et dykket indløb fra bassin 1. Herfra ledes vandet droslet til bassin 2, via en stejl rende. Det sker med en vandhastighed på 10,5 l/s. På den måde fremstår vandløbet som et kildevæld, startende under opstemningsmuren. Vandløbet er placeret, så fodgængere, der går over øen, vil opleve det.

Når Bassin 1 er fyldt, går det i overløb til bassin 2. Det sker gennem 12 sænkninger i opstemningsmuren. Derved forstærkes indtrykket af bassinerne som et sammenhængende system, yderligere.



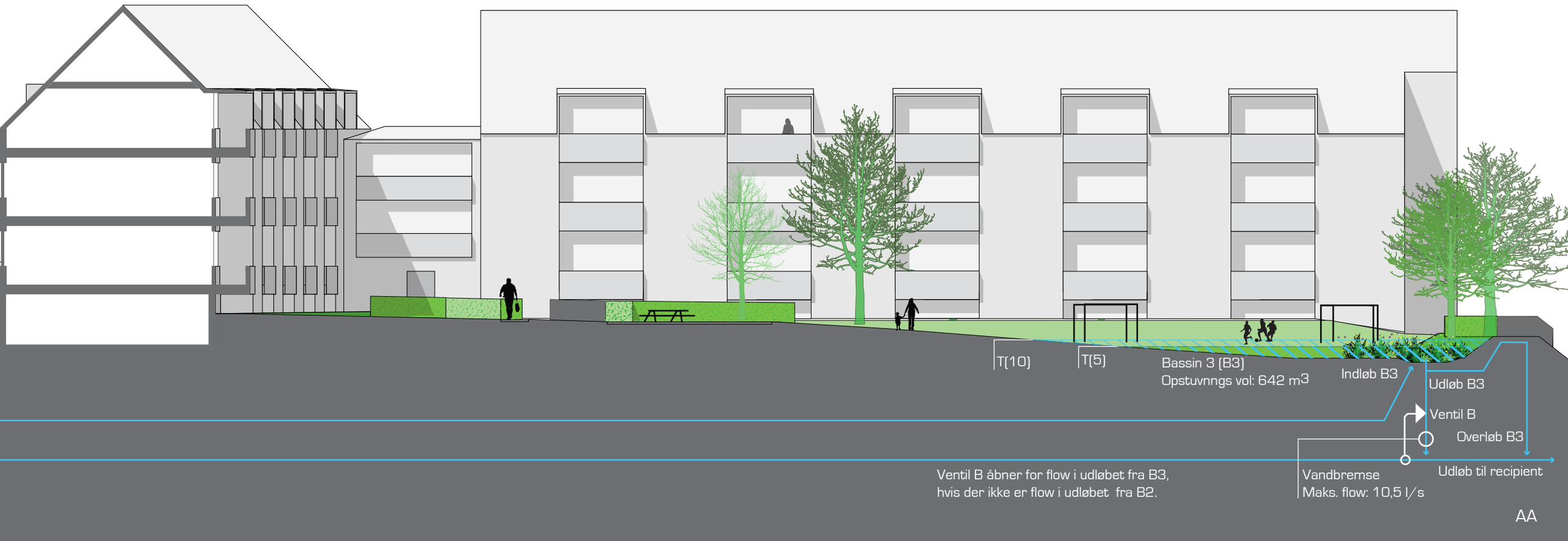


Vurdering

Landskabsbaseret regnvandshåndtering i de to gårdrum giver en meget effektiv tilbageholdelse af regnstrømmen fra den højest beliggende del af opland nord. For en ekstremsituation er oplandets afstrømning droslet fra 960 l/s til 12,5 l/s. En drosling som frigiver ledningskapacitet længere nede i afløbssystemet.

De landskaber, som bassinerne skaber i de to gårdrum, er ikke konflikt med de eksisterende kvaliteter og funktoner. Tværtimod danner bassinerne en række nye rummeligheder og kvaliteter for karrébebyggelsen: Øen, de private terrasser, broerne og overløbene, er alle ny kvaliteter i parklandskabet.

I denne case vises en af styrkerne ved landskabsbaseret regnvandshåndtering. En næsten omkostningsfri sænkning af terrænet i giver mulighed for at håndtere en T(10) regn. I forhold til de to foregående cases, placerer denne sig skalamæssigt imellem. Her demonstreres både det lokale potentiale, samtidig med, at afstrømning fra et mindre opland også integreres.



VURDERING

Vurdering

Konklusion

Specialets koncept og de tre designcases udspænder tilsammen en viden, der kan besvarer problemformuleringens tre punkter. Konklusionen er opbygget således, at problemformuleringens punkter besvares enkeltvis. Med udgangspunkt i disse svar, udfoldes efterfølgende en bredere diskussion af de øvrige erfaringer, som er gjort gennem specialet.

- Hvordan gøres det attraktivt “at bo” med landskabsbaseret regnvandshåndtering?

Specialet opstiller en ny konstruktion mellem regnvandshåndtering og byen. Konstruktionen er fremstillet som et koncept i tre trin. Den iterative designproces mellem disse tre trin, genererer designløsninger, som tager udgangspunkt i både den enkelte byrumssituations potentialer, men også i byens skala, hvor den strategiske planlægning af regnvandshåndtering sker. Udarbejdelsen af de tre designcases har vist, at iscenesættelse af regnvand gennem konkret stedsspecifikke designløsninger, sikrer at landskabsbaseret regnvandshåndtering bliver en attraktiv del af bymiljøet.
At gøre det attraktivt ”at bo” med landskabsbaseret regnvandshåndtering, sikres gennem en iterativ proces med udgangspunkt i både byens og byrummets skala.

- Kan der gennem en holistisk tilgang til ”landskabsbaseret regnvandshåndtering” udvikles nye rationaler og løsninger for integrering af regnvandssystemer i de eksisterende bymiljøer?

Specialets tre cases ligger på private arealer. På disse arealer håndteres regnvand fra offentlig vej og andre private arealer. For alle casene genereres der gode løsninger, set i et både teknisk og arkitektonisk perspektiv. Men disse løsninger kan ikke, eller er problematiske, at implementere som lovgivningen er i dag. Som vurderet i casen Evavej, mangler kommunerne en lovgivning, der gør det muligt at håndtere regnvandet på tværs af skel og ejerforhold. Hvis landskabsbaseret regnvandshåndtering fremover skal være det gældende paradigme for kommunernes arbejde med regnvandshåndtering, må et nyt lovgrundlag opbygges.
De tre cases demonstrerer til sammen, at en holistisk tilgang, som arbejder udenfor det eksisterende lovgrundlag, genererer et nyt katalog over teknisk og arkitektonisk set gode løsninger med landskabsbaseret regnvandshåndtering.

- Kan landskabsbaseret regnvandshåndtering, ud fra et arkitektonisk perspektiv, helt eller delvist kan erstatte den konventionelle metode for håndtering af regnvand?

I de tre cases vises eksempler på, hvordan landskabsbaseret regnvandshåndtering giver nye kvaliteter til byrummet. Disse løsninger er udviklet for villakvarteret, rækkehusbebyggelsen og boligkarréen. For disse tre typer kan landskabsbaseret regnvandshåndtering helt erstatte konventionelle kloakløsninger, og samtidig skabe store arkitektoniske potentialer for det danske bylandskab.
Den tætte by testes derimod ikke gennem en case. Værløses lave bebyggelsestæthed, danner oplagte rum til regnvandshåndtering, mens byens lave befæstelsesgrad giver en høj afløbshastighed. I den tætte by er afstrømningen større, og pladsen trangere. Hvordan og i hvor høj grad landskabsbaseret regnvandshåndtering kan integreres i disse rum, afklares ikke i specialet. Men jeg vurderer ud fra specialets erfaringer, særligt case 3 (karrébebyggelse), at landskabsbaseret regnvandshåndtering i den tætte by, bestemt også har et stort potentiale.

Den vigtigste erfaring som specialet har givet, handler om skala. I specialets koncept er iterationen mellem forskellige skalatrin et helt centralt element.
Gennem specialeskrivningen har jeg brugt meget energi på at undersøge, på hvilket skalaniveau, jeg skulle arbejde med regnvandshåndtering. Problemformuleringen lægger op til et produkt i byrumsskala, men arbejdet med regnvandshåndtering i denne skala kræver en opstilling af rationaler på andre skalatrin. Meget sigende for denne problemstilling er det, at specialets første mapping sker på kort over Værløse, som dækker 16 km2. Dette kan holdes

op mod de tekniske snit i produktet, som er tegnet i skalaen 1:100. Vejen til de gode designløsninger inden for landskabsbaseret regnvandshåndtering er et spørgsmål om at få rationaler i mange forskellige skalaer til at gå op i en højere enhed. Dette opnås kun gennem et effektivt tværfagligt samarbejde.

Denne skaladiskussion kan konkretiseres yderligere gennem de tre designcases. Som allerede nævnt, udspænder de ikke bare potentialerne ved landskabsbaseret regnvandshåndtering i tre forskellige bytyper. De repræsenterer også regnvandshåndtering i forskellige skalaer, den helt lokale og decentrale håndtering på Evavej (3,4 ha). Den centrale håndtering ved Skovvænget (19 ha). Og middelløsningen Toftebo (10,3 ha.). I specialet redegøres der for, at integration af regnvand kan løses i alle tre skalaer. Men hvilken af disse skalaløsninger skaber mest værdig for byen, er billigst at implementere, kræver mindst vedligehold, kan administreres mest effektivt, etc.? Disse spørgsmål undersøger specialet ikke. Hvilken skala der er bedst, vil formentligt afhænge helt af den stedsspecifikke kontekst, og af de mennesker, som bor der. Derfor er det vigtigt, at en kommende lovgivning for regnvandshåndtering udformes meget fleksibelt.

I dette speciale har jeg gennem en analyse opstillet en række rationaler og designparametre for landskabsbaseret regnvandshåndtering. Jeg har taget afsæt i kendte afprøvede metoder for håndtering af regnvand i landskabet, men opstillet dem i en ny konstruktion. Derved er der skabt en ny viden om potentialerne ved landskabsbaseret regnvandshåndtering.

Perspektivering

At specialets konklusioner er af stor relevans, har denne sommers kraftige regne vist (2010). Der skal udvikles en ny praksis for håndtering af regnvand i Danmark. Aviserne har i august måned været fulde med debatindlæg om oversvømmelser: Hvem har ansvaret for oversvømmelserne, og hvad kan der gøres for at afhjælpe dem. For de fleste indlæg i debatten gælder det, at de har fokuseret på ensidige og generelle løsninger, som er tænkt uden proportioner til en stedsspecifik kontekst og problemstilling. Specialets konstruktion rummer muligheden for at opstille denne debat på en ny måde. At opstille løsningerne så de gives proportioner, og kan vurderes af borgere og politikere, som ikke har en specifik viden om regnvandshåndtering. Og et lige så vigtigt potentiale, at opstille løsninger som demonstrerer de mange kvaliteter, som landskabsbaseret regnvandshåndtering kan skabe i byrummet.

Evaluering

Et blik ned over rapportens indholdsfortegnelse indikerer, at specialet primært er forankret i tekniske analyser. I forhold til problemformuleringens fokusering på det arkitektoniske perspektiv, må det konkluderes at specialet har fået teknisk slagside. Den tekniske dimension i specialet har fået langt større vægtning end oprindeligt tænkt. Det skyldes den allerede beskrevne problemstilling omkring at arbejde med regnvand i forskellige skalaer. En søgen efter løsninger på denne problemstilling førte specialet ud på et teknisk sidespor. Den metodetilgang, som er beskrevet i rapporten, blev tilføjet specialet midt i forløbet. Med en nypragmatisk tilgang blev projektets analysearbejde sporet ind og gjort operativt.
Denne proces har fået en klar betydning for specialets produkt. Produktet er ikke færdige designløsninger, det er diagrammer, som er gjort rummelige og er integreret i forskellige kontekster. Dette produkt skaber et meget stærkt grundlag for at diskutere den nye konstruktion mellem byen og regnvandshåndtering. Men diagrammet når ikke ned i et plan, hvor relationen mellem regnvandshåndtering og beboerne kan foldes helt ud. Det er selvfølgelig ærgerligt at specialet slutter for tidligt til at undersøge denne relation nøjere. I forhold til den øvrige vigtige viden specialet har genereret, finder jeg det dog helt acceptabelt at denne dimension ikke også er udfoldet.

At skrive dette speciale har givet mig en stor ny tværfaglig viden. En viden, som i de kommende år vil blive meget central inden for både arkitektur og planlægning.

FORMALIA

Kildeliste

Bøger og rapporter

Bernsen, M., Byplannyt, Regnen ud i byerne. [2009], Dansk Byplanlabratorium.

Betsky A., A+U, Islands in Suburbia: Ypenburg as a model for Sprawl, (2006), Nobuyuki Yoshida

Brorman, B., Arkitektur DK, Mod en kritisk pragmatisme, [2009], Arkitektens Forlag

Dreiseitl, H,. Grau, D., Ludwig, K., Waterscapes, planing building and designing with water (2002), Birkhäuser

Henze, M., Gabriel S., Hasling, A.., Høg, H., Jansen, J., Vagn -Hansen. P., Rosenørn S. Regn og spildevan i byer - på vej mod fremtidens afløbsnet. (2004) Akademiet for de Tekniske Videnskaber (ATV).

Jensen, C, Overløb fra fælleskloakken i den tidligere Værløse Kommune (2010), Orbicon A/S

Jensen, C, Strategi til at mindske gener under regn i fælleskloakken i den tidligere Værløse Kommune (2009), Orbicon A/S

Jensen, M. Fryd, O., Backhaus, A., Jeppesen J., Ingvartsen, S., Birch, H., Panduro, T., Fratini, C., Koblede afkoblinger - Vilkår for landskabsbaserede afkoblinger af regnvand i det københavnske kloakopland til Harrestrup Å (2009). Black, Blue, Green (2BG).

Løndborg, M., Indsatsplan for grundvandsbeskyttelse, Søndersø Indsatsområde. (2009), Orbicon A/S

Poulsen, P., Dimensionering af afløbssystemer pga. klimaforandringer (2008) Orbicon A/S.

Spirn, A. The Granite Garden. (1984). Basic Books

Søndergaard, M., Kornvang, B., Pejrup, M. og Sand - Jensen, K., Vand og vejr om 100 år, klimaforandringer og det danske Vandmiljø. (2006), Nørhave A/S

Winther, Linde, Jensen, Mathiassen og Johansen, Afløbsteknik, (2006), Polyteknisk Forlag.

Hjemmesider

[www.dabbolig.dk 2010]
A http://www.dabbolig.dk/default.aspx?site=skovvaenget&func=frontpage.vcard
Dato: 23/8-10
B http://www.dabbolig.dk/default.aspx?site=Toftebol&func=frontpage.vcard
Dato: 23/8-10

[www.denstoredanske.dk 2010]
http://www.denstoredanske.dk/Danmarks_geografi_og_historie/Danmarks_geografi/Danmarks_kommuner/Fures%C3%B8_Kommune?highlight=v%C3%A6rl%C3%B8se
Dato: 17/8-10

[www.kk..dk 2010]
A http://www.kk.dk/lar.aspx
Dato: 17/8-10
B http://www.kk.dk/Borger/BoligOgByggeri/Byggetilladelse/VandOgAfloeb/LokalAfledningAfRegnvand/~/media/3E6FDF70D79F4F76BE8E720CE9A2ABB8.ashx
Dato: 23/8-10
C http://www.kk.dk/Borger/BoligOgByggeri/Byggetilladelse/VandOgAfloeb/LokalAfledningAfRegnvand/~/media/B8C8661159C046E08E988299E60394D7.ashx
Dato: 23/8-10
D http://www.kk.dk/Borger/BoligOgByggeri/Byggetilladelse/VandOgAfloeb/LokalAfledningAfRegnvand/~/media/67CFE64A0BAB43D1A812A0127D1BCE47.ashx
Dato: 23/8-10

[www. krak.dk 2010]
Dato: 23/8-10

[www.malmo.se 2010]
http://malmo.se/Medborgare/Miljo–hallbarhet/Miljoarbetet-i-Malmo-stad/Projekt–natverk/Projekt/Ekostaden-Augustenborg/Utemiljo.html
Dato: 17/8-10

Andre

[Furesø Kommune, 2010]
Gisdata udleveret af Furesø Kommunen
Dato: 28/5- 10

[Life-tresure 2010]
Afraportering af Life-Tresure projektet “VIDEREGÅENDE RENSNING AF REGNVAND“ ved EVA temadag
27. maj 2010.

itik af afgift på husejeres regnvand

1.700 triatleter sprang i forurenet vand

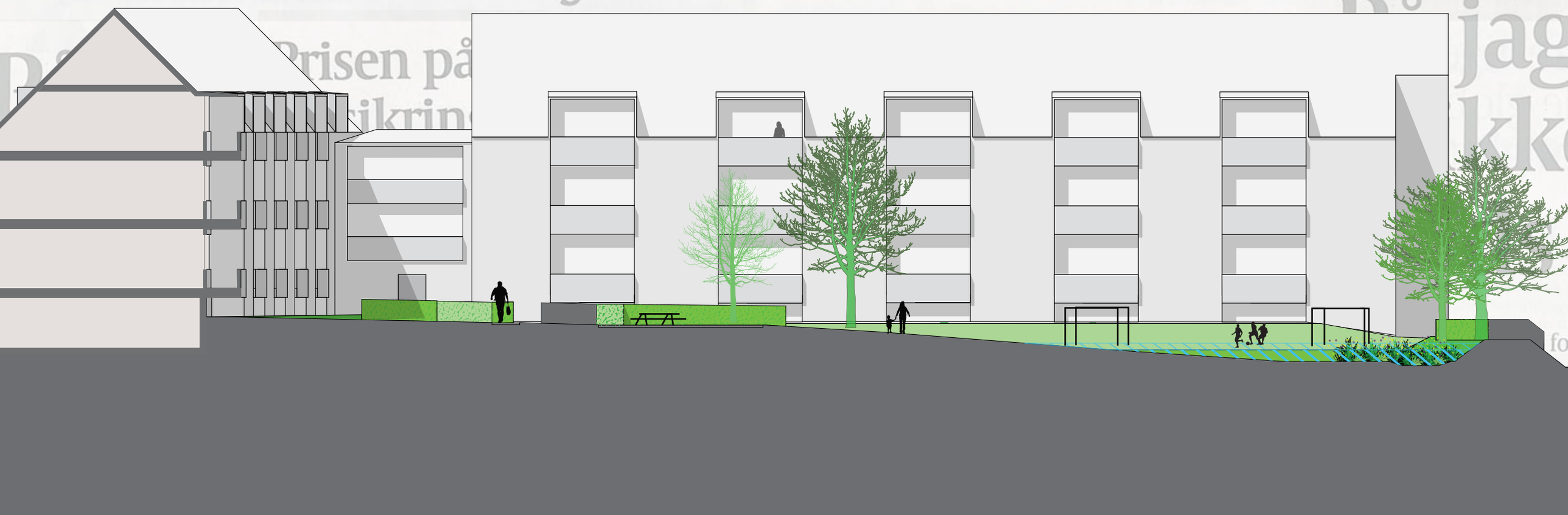
Da København og Nordsjælland druknede i et døgns tid

Tabte fire kilo af diarre efter badetur

Kraftige regnskyl har givet badegæster

Børnenes sommerfest druknede nedefra

Regnvand s

Mere kloakvand skylles ud ved de danske strande

Prisen på