

Projekt klimaskole

Regn med sport – Multirum med skybrudssikring 2016



Titel:

Projekt klimaskole

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

År:

2016

Redaktion:

Hanne Kjær Jørgensen

Foto:

Hanne Kjær Jørgensen

Illustration:

Hanne Kjær Jørgensen

Kort:**ISBN nr.**

978-87-7120-903-7

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	3
Konklusion og sammenfatning.....	4
Summary and Conclusion	5
1. Baggrund for projektet.....	6
2. Formål med projektet	7
3. Hvad er nyt?	8
4. Resultat af projektet: Udvikling af multirummet som LAR-element.....	9
4.1 Bestemmelse af nedsivningsevne.....	9
4.1.1 Anbefalinger:	9
4.2 Hvad er anlagt?	10
5. Dimensionering samt hvilke regn, som multirummet kan håndtere	12
5.1 Skalering af multirummet	13
6. Dokumentation: Mike Flood model fra DHI.....	15
Bilag 1: Prøvningsrapport. Forsøg med permeabel sportsbelægning og stenulds-faskine. Udarbejdet af Teknologisk Institut juli 2014	167
Bilag 2: Fotos af anlæg af multirummet oktober – november 2015.....	27
Bilag 3: Klimaskole projekt. Building a flood model for Lindebjergskolen. Udarbejdet af DHI febr. 2016.....	32
Bilag 4: Plantegninger af multirummet udformet som pumptrack-bane med parkourelementer	41
Bilag 5: Dimensionering via SVK-dimensionsgivende regneark.....	44

Forord

Formålet med projektet ”Regn med sport - multirum med skybrudssikring” er at udvikle og demonstrere et Multirum med skybrudssikring, der er et multifunktionelt LAR-anlæg, der kan dimensioneres, tilpasses samt anlægges på alle offentlige og private institutioner samt offentlige og private virksomheder, så som skoler, børnehaver, alderdomshjem, forsamlingshuse, offentlige pladser, lommeparker, legepladser mv.

Multirummet er udført nov. 2015 på Lindebjergskolen i Roskilde – i det følgende betegnet ”Klimaskolen”.

Forud for dette projekt er i 2011-2013 gennemført et ”Projekt Klimaskole” i regi af partnerskabet Vand i Byer. I dette projekt blev der udviklet et koncept for den klimatilpassede folkeskole. Der henvises til <http://www.vandibyer.dk/innovationsprojekter/afsluttede-innovationsprojekter/ip11-klimaskole-konceptudvikling-af-den-klimatilpassede-folkeskole/> for resultaterne af dette projekt.

Desuden er der i juni 2013 udarbejdet et tidligere MST demo-projekt med en lang række forskellige LAR-elementer, som fx et soppebassin, der forestiller Roskilde Fjord, se <http://naturstyrelsen.dk/publikationer/2015/jul/projekt-klimaskole>

Klimaskolen er fortsat i udvikling. For at følge klimaskolen kan du tilmelde dig til facebook gruppen klimaskole – søg på ”klimaskole” – eller klik her: <https://www.facebook.com/groups/263918546998981/>

Det skal påpeges, at processen omkring klimaskolen både har omfattet udvikling af ny teknologi, ny undervisning samt borgerinddragelse, se figur 1.



FIGUR 1
KLIMASKOLE-INITIATIVET OMFATTER BÅDE UDVIKLING AF NY TEKNOLOGI, NY UNDERVISNING SAMT UDVIKLING AF SKOLEN SOM KLIMACENTER.

Konklusion og sammenfatning

Der er gennemført laboratorieprøvninger, hvor nedsivningshastigheden af permeabel sportsbelægning samt stenuld er bestemt. Ud fra laboratorieprøvningerne er det vurderet, at den permeable sportsbelægning vil være velegnet som belægning i multirummet. Desuden er det skønnet, at stenulden både ved nyanlæg samt på sigt vil kunne blive flaskehals, hvis der anlægges stenuldsfaskiner under den permeable belægning. Det er derfor valgt, at faskinen under den permeable sportsbelægning skal bestå af Dræn-stabil fra NCC.

Multirum med skybrudssikring er anlagt som en pumtrack-bane (cykelbane) med parkour-elementer på klimaskolen i Roskilde. Banen modtager afstrømmende tagvand fra i alt 1.243 m² tag. Heraf løber i alt 1.100 m² tag via vandrender til soppebassin, ACO-rende, regnbed og grøft videre via et overløb til multirummet. Regnvandet fra ca. 143 m² tag løber direkte til multirummet, så det sikres, at multirummet også modtager hverdagsregn.

En beregning via Spildevandskomitéens dimensioneringsregneark viser, at multirummet alene kan håndtere en 20 års regn.

For at vurdere det samlede anlæg, er der opstillet to hydrauliske modeller: Før LAR (Basis scenariet) og efter-LAR (klimaskole-scenariet).

I begge modeller, er overfladeafstrømning estimeret ud fra en 100 års regn med en varighed på 6 timer.

Ud fra de gennemførte beregninger må det konkluderes, at LAR-anlægget kan rumme en 100 års regn med en varighed på 6 timer med et tagareal på 1.243 m².

Summary and Conclusion

There has been made tests in lab to document the infiltration capacity of permeable sports-pavement and rockwool. From the tests in lab it has been assessed that the permeable sports-pavement will be suitable as surface in the area. Also, it has been assessed, that the rockwool possible might be "bottle-neck" if implemented as infiltration trench underneath the permeable pavement. For this reason, it has been chosen to use the material "Dræn-stabil" ("drain-stable") from NCC.

Multiroom with cloudburst-security is implemented as a pumptrack-lane (for bikes) with parkour-elements at the climateschool in Roskilde. The Multi-room is receiving run-off from 1.243 m² roof. From this roof-area, an area of 1.100 m² is transported through trenches, a paddling-pool, an ACO-trench, a raingarden and and ditch through an overflow into the multiroom. An area of 143 m² runs directly to the multiroom, which ensures, that the multiroom is also supplied by everyday-rain and not only cloudbursts.

When calculating the dimension of the multiroom using the Excell-sheet from the Danish Wastewater Committee (SVK) shows, that the multiroom (without the impact of the other SUDS-systems implemented) can handle a 20-year-rainevent.

To assess the total SUDS-system – including the multiroom – two hydraulic models is computed.

In both models, surface flooding is estimated with a 6-hr 100-year rainfall.

From the hydraulic models it must be concluded, that the SUDS-system implemented at the climate-school can handle a 6-hr 100-year rainfall from a roof area at 1.243m².

1. Baggrund for projektet

I Melbourne opereres der med begreber som "the liveable city" og "water sensitive cities" – begreber, der rækker langt ud over vores 'bæredygtighed', og som vi endnu ikke helt kan oversætte til dansk. Begrebet dækker over en visuel tankegang, hvor brugen af teknologier har flere funktioner, der alle bidrager til øget livsglæde. Formålet er en helt anden by, der udnytter teknologiske løsninger til at skabe livsglæde, spontanitet, kreativitet, bevægelse, problemløsninger og accept.

I Danmark har kommunerne udarbejdet klimatilpasningsplaner og skal nu gå fra plan til handling. Dette kræver udvikling, test, dokumentation og demonstration af nye, multifunktionelle anlæg, der både kan håndtere hverdagsregn, dimensionsgivende regn og skybrud – samtidig med, at pladsen skal kunne udnyttes til andre formål, der kan give byens rum styrke, kvalitet og livsglæde, samtidig med, at de fungerer teknisk og hydraulisk.

Multirum med skybrudssikring er et eksempel på et nyt klimatilpasningsprodukt, der både kan håndtere hverdagsregn, dimensionsgivende regn og skybrud – samtidig med at det er et element i "the liveable city", der kan benyttes til cykelbane (pumptrack-bane), parkour og leg, teater, udeklasselokale og mødelokale.

2. Formål med projektet

Formålet med projektet "Regn med sport - multirum med skybrudssikring" er at udvikle og demonstrere et Multirum-med skybrudssikring, der er et multifunktionelt LAR-anlæg, der kan dimensioneres, tilpasses samt anlægges på alle offentlige og private institutioner samt offentlige og private virksomheder, så som skoler, børnehaver, alderdomshjem, forsamlingshuse, offentlige pladser, lommeparker, legepladser mv.

Delmål er:

- At produktudvikle den permeable sportsbelægning, samt at dokumentere effekten kvantitativt (permeabilitet mv.).
- At udvikle den optimale kombination mellem permeabel sportsbelægning og faskiner, så anlægget kan bruges til bl.a. skaterbane, mødelokale, udendørs klasselokale, forsamlingsrum, legeplads, lommepark, teaterplads mv.
- At demonstrere anlægget i 1:1.
- At dokumentere den hydrauliske funktion af anlægget i forhold til forskellige regn.
- At gøre anlægget skalérbart, så det kan tilpasses i forhold til de eksisterende pladsforhold.

3. Hvad er nyt?

Det er nyt:

- At et klimatilpasningsprodukt – multirum med skybrudssikring – testes i et klimatilpasningslaboratorie, så nedsvivningsevnen af den permeable belægning dokumenteres forud for implementering i fuld skala.
- At der er udviklet LAR-element, der samtidig fungerer som multirum – dvs. et element, der samtidig med, at det kan håndtere hverdagsregn, dimensionsgivende regn og skybrud – samtidig fungerer som cykelbane (pumptrack-bane), parkour og leg, teater, udeklasselokale og mødelokale.
- At kombinere permeabel sportsbelægning fra Uniqa med materialet ”Dræn-stabil” fra NCC. Dræn-Stabil vil i den forbindelse fungere som faskine, hvor regnvandet opmagasineres i hulrummene mellem stenene samt nedsives fra dette volumen.
- At støbe parkour-elementer i ”Dræn-Stabil” fra NCC.
- At der er anlagt et ”hands-on” demo-anlæg af multirummet. Anlægget er etableret på klimaskolen i Roskilde. Hermed er det demonstreret, hvordan det er muligt at etablere et tilsvarende LAR-anlæg på alle andre offentlige og private institutioner i Danmark.
- At der er udarbejdet en hydraulisk MIKE FLOOD model ”før” og ”efter” LAR.
- At illustrere, at LAR-elementer lægges som ”perler på en snor”, hvor overløb sker til multirum med skybrudssikring.

4. Resultat af projektet: Udvikling af multirummet som LAR-element

4.1 Bestemmelse af nedsivningsevne

I forbindelse med valg af en klimatilpasningsløsning giver det værdifuld information, at teste og dokumentere løsningen i et laboratorium. Herved kan det afprøves og dokumenteres, at produktet rent faktisk er permeabelt, så det sikres, at forudsætningerne for at anlægget fungerer rent hydraulisk, er opfyldt. I praksis måles der i tilløb, udløb og overløb, så vandbalancen er kendt. Desuden kan det måles, hvad permeabiliteten (nedsivningshastigheden) er.

I laboratoriet er det muligt at måle nedsivningshastigheden på nye produkter samt at måle nedsivningsevnen på produkter, hvor vand har været tilledt over en længere periode.

I dette projekt er der udført prøvninger i laboratoriet af permeabiliteten af permeabel sportsbelægning, både top alene samt og top og base. Desuden er der udført prøvning af permeabiliteten af stenuld.

Resultatet af prøvningerne fremgår af prøvningsrapporten vedlagt som bilag 1.

Prøvningerne viser, at den permeable sportsbelægning har en langt større permeabilitet end stenulden. Både top samt top og base sammen kan håndtere vandmængder på 0,40 l/s.

Således vil stenulden være den begrænsende faktor, når den permeable sportsbelægning underbygges med stenuld.

I en 2-års regn er max. 10 minutters intensitet 140 l/s/ha. I en 100 års regn er max 10 minutters intensiteten ca. 580 l/s/ha. Alle belægningerne kan uden problemer bortlede regnmængderne i både hverdagsregn, dimensionsgivende regn og skybrud.

Bemærk at alle prøvningerne er gennemført for helt nye (dvs. ubrugte) materialer. Der er derfor ikke taget højde for, hvordan nedsivningsevnen vil være, når belægningerne/materialerne har været i brug over en årrække.

4.1.1 anbefalinger:

Det anbefales før etablering af alle nye klimatilpasningsprodukter, at produktet/løsningen dokumenteres i et klimatilpasningslaboratorie – se fx www.klimatilpasningslab.dk

Det anbefales, at produktet både testes som helt nyt – men også at der udvikles en cyklus, hvor vand tilledes til fx den permeable belægning over en længere periode – fx 2 timer dagligt i fx 30 dage. Herved kan det konstateres, om der vil ske en tilstopning over tid, eller om produktet clogger til efter 30 kraftige regn.

4.2 Hvad er anlagt?

På baggrund af de udførte prøvninger (se afsnit 4.1) er det vurderet, at multirummet skal opbygges af permeabel sportsbelægning, som har en høj permeabilitet. Desuden er det besluttet, at stenulden ikke skal benyttes som underbygning (underliggende "faskine"), da denne både ved anlæg og på sigt vil kunne virke som flaskehals i forbindelse med nedsivningen af regnvandet, da nedsivningen i dette materiale er betydeligt lavere end nedsivningshastigheden gennem den permeable sportsbelægning.

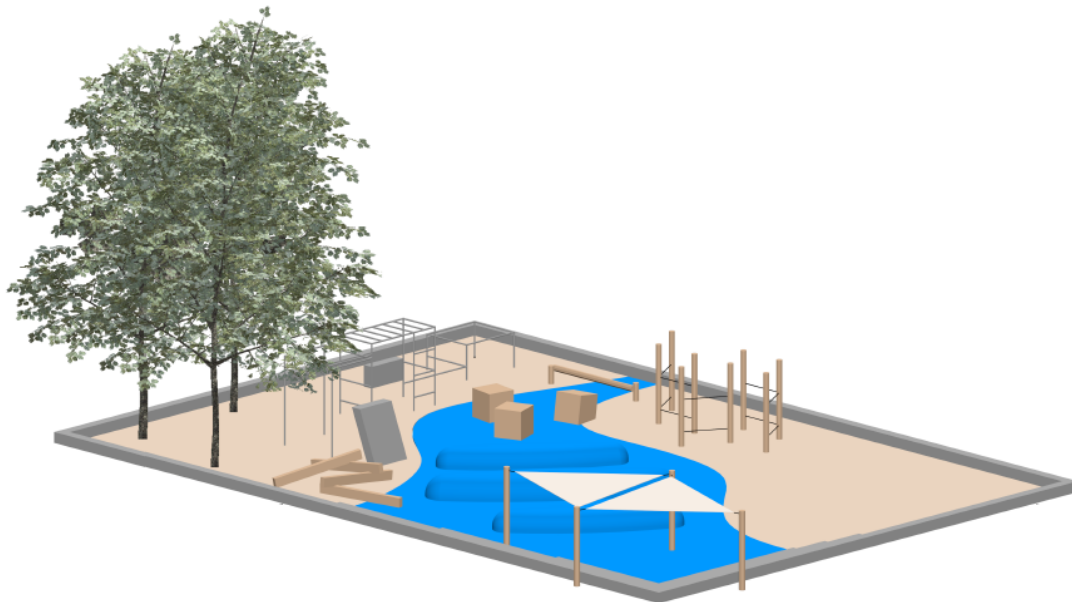
Hertil kommer problematikken med drift og vedligehold. Mens den permeable belægning kan renholdes ved spuling og sugning, er det ikke uden videre muligt at spule/rengøre stenulden. Det må derfor forventes, at nedsivningsevnen af stenulden vil yderligere forringes over tid.

For at få en bedst mulig nedsivningshastighed gennem bærelag, er det derfor valgt at benytte materialet Dræn-stabil fra NCC. Under den permeable sportsbelægning er der derfor udlagt ca. 35 cm Dræn-stabil med en hulrumsprocent på ca. 0,30.

Skitse og foto af multirummet fremgår af figur 2 og 3. Fotos fra anlægsperioden fremgår af bilag 2.

Plantegninger af multirummet fremgår af bilag 4. Banen er på ca. 16 x 20,5 m, svarende til ca. 328 m² (målt i plan). Der er udlagt farverne NikeBlå (130 m²) samt NikeSand (198 m²).

Multirummet er blevet filmet af en elev på klimaskolen, Benjamin fra 9. klasse, der har overfløjet området med sin drone, se <http://www.skoletube.dk/video/1541055/eda85f3ed1ceb230aofa>



FIGUR 2
SKITSE AF MULTIRUM MED SKYBRUDSSIKRING, UDFØRT SOM PUMPTRACK-BANE MED PARKOURELEMENTER

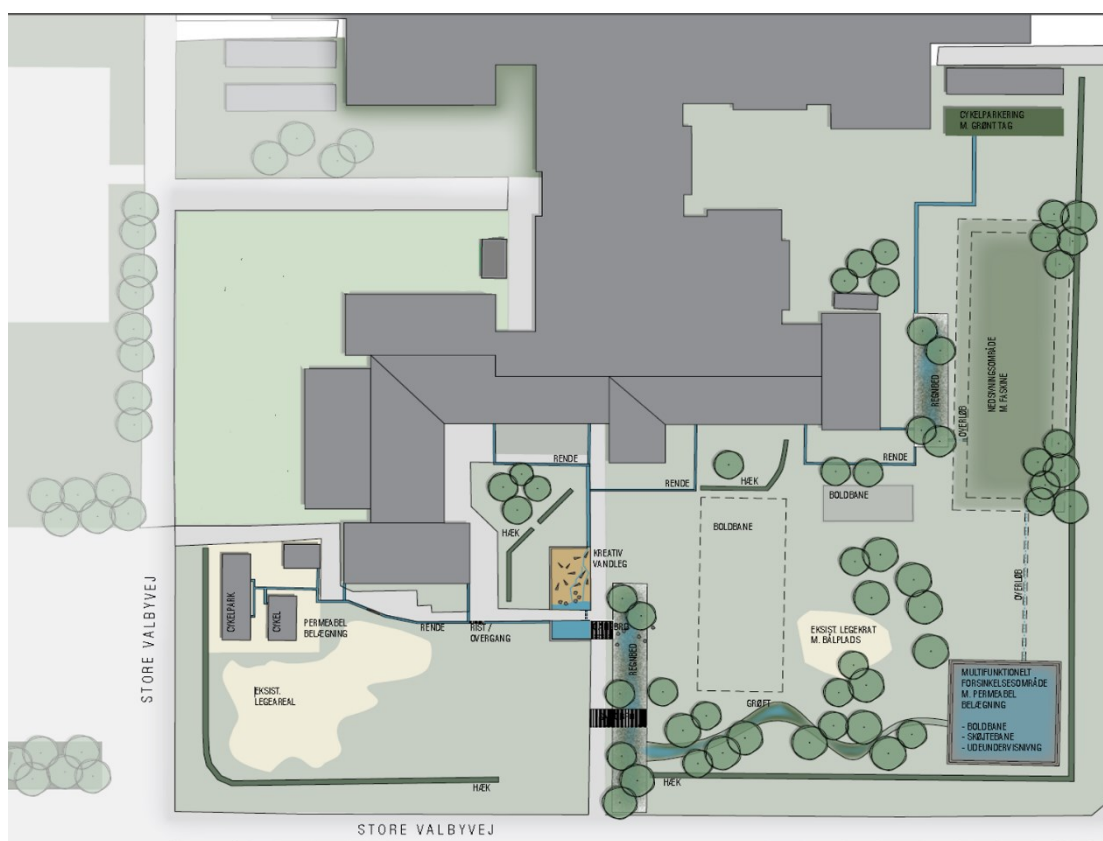


FIGUR 3
FOTO AF MULTIRUM MED SKYBRUDSSIKRING – ANLAGT OKTOBER – NOVEMBER 2015

5. Dimensionering samt hvilke regn, som multirummet kan håndtere

Multirummet modtager det overskydende regnvand fra 1.243 m² tag. Regnvandet fra 1.100 m² ledes først via vandrender, soppebassin, ACO-rende, regnbed, grøft, inden det løber over i multirummet, se figur 4. Desuden ledes regnvand fra 143 m² tag direkte til multirummet, så det sikres, at multirummet også forsynes med hverdagsregn, se plantegning bilag 4.

Multirummet er dimensioneret ved at anvende Spildevandskomitéens dimensioneringsregneark (<http://www.laridanmark.dk/dimensionering-af-lar-anlaeg/31582>).



FIGUR 4
PRINCIPSKITSE AF RENDER, SOPPEBASSIN, ACO-RENDE, REGNBED, GRØFT SAMT MULTIRUM.

Parametrene for dimensionering fremgår af nedenstående tabel 1.

Parameter	
Areal af permeabel belægning	328 m ²
Tagareal tilknyttet	1243 m ²
Nedsivningshastighed	1 * 10 ⁻⁵ m/s (målt ifbm. tidligere demo-projekt)
Hulrumsprocent i permeabel belægning	0,30 (skønnet)
Placering	Roskilde
Sikkerhedsfaktor	1,0 (dvs. ingen)

TABEL 1

PARAMETRE DER LIGGER TIL GRUND FOR DIMENSIONERING AF MULTIRUMMET. RESULTAT AF BEREGNING FREMGÅR AF BILAG 5.

Af den gennemførte beregning (se bilag 5) fremgår det, at multirummet alene kan rumme tagvandet fra en 20 års regn.

SVK-regnearket tager i beregningen imidlertid ikke højde for serieforbundne LAR-løsninger. I praksis vil en stor del af det afstrømmende regnvand fra taget forsinkes i vandrender, soppebassin, ACO-rende og grøft, inden det ledes til multirummet. En del af regnvandet vil desuden nedsives eller fordampes i regnbed og grøft.

For at vurdere, hvilken regn som anlægget kan klare, er der derfor gennemført to beregninger med Mike Flood fra DHI, se afsnit 6.

5.1 Skalering af multirummet

For at vurdere, hvad størrelse et multirum skal have, er der gennemført forskellige beregninger med SVK dimensioneringsregnearket. Resultaterne fremgår af tabel 2 og 3.

I nedenstående tabel 2 varieres tagarealet, der tilsluttes den permeable belægning.

Parameter	Ssom udført ¹⁾	Større tagareal tilsluttes	Mindre tagareal tilsluttes
Tagareal	1243 m ²	2500	500
Areal af permeabel belægning	328 m ²	660 m ²	132 m ²
Gentagelsesperiode	20 år	20 år	20 år
Dybde af lag under belægning*	435 mm	436 mm	436

¹⁾Dybden af lag under belægningen skal være ca. 435 mm, da der er udlagt 30-35 cm Dræn-stabil. Desuden er betonkantstenene ca. 10 cm høje, svarende til et bassin med en højde på 10 cm.

TABEL 2

SKALERING AF MULTIRUMMET. TAGAREALET VARIERES.

Af tabel 2 fremgår det, at hvis tagarealet, der afvander til multirummet, gøres dobbelt så stort, så skal arealet af multirummet også være dobbelt så stort.

Hvis tagarealet, der afvander til multirummet, halveres (udgør 40% af det nuværende tagareal), skal multirummets areal også halveres (dvs. udgøre 40% af nuværende areal).

I nedenstående tabel 3 varieres gentagelsesperioden.

Parameter	"Som udført"			
Tagareal	1243 m ²	1243 m ²	1243 m ²	1243 m ²
Areal af permeabel belægning	328 m ²	265 m ²	212 m ²	157 m ²
Gentagelsesperiode	20 år	10 år	5 år	2 år
Dybde af lag under belægning*	435 mm	434 mm	436 mm	434

**Dybden af lag under belægningen skal være ca. 435 mm, da der er udlagt 30-35 cm Dræn-stabil. Desuden er betonkantstenene ca. 10 cm høje, svarende til et bassin med en højde på 10 cm.*

TABEL 3
SKALERING AF MULTIRUMMET. GENTAGELSESPERIODEN VARIERES.

Af tabel 3 fremgår det, at hvis gentagelsesperioden nedsættes til 2 år, så kan arealet af multirummet halveres.

Hvis gentagelsesperioden nedsættes til 10 år, så kan arealet af multirummet nedsættes til 265 m², svarende til 80% af det nuværende areal.

6. Dokumentation: Mike Flood model fra DHI

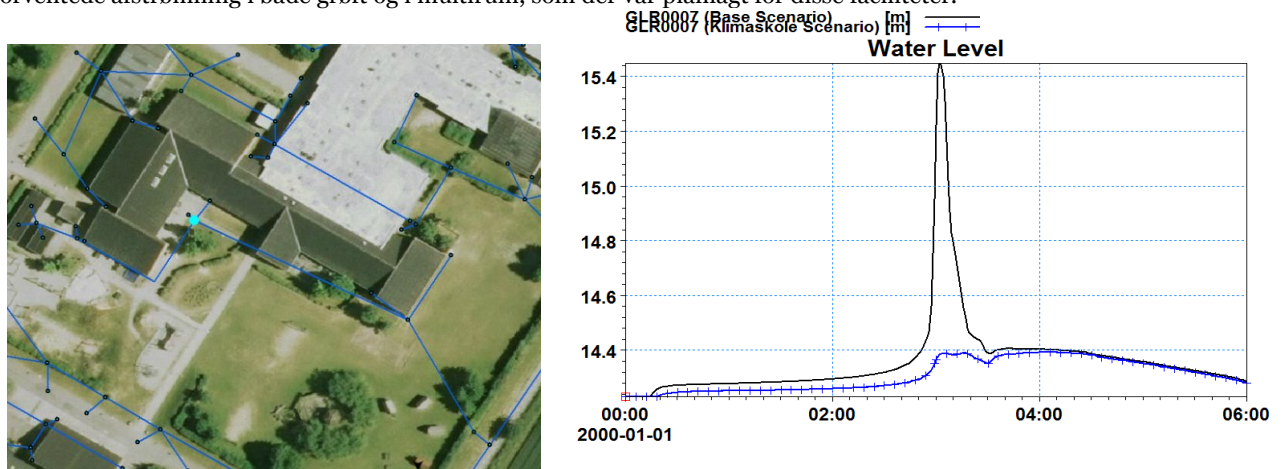
Der er opstillet to hydrauliske modeller. Beregningerne fremgår af bilag 3.

”Basis Scenariet” refererer til forhold før implementering af LAR-løsninger. Al regnvand ledes derfor direkte til separat kloak. Modellen ”Klimaskole Scenariet” inkluderer de implementerede LAR-løsninger (juni 2012 samt november 2015).

I begge modeller, er overfladeafstrømning estimeret ud fra en 100 års regn med en varighed på 6 timer.

Resultaterne af modellering af ”Klimaskole Scenariet” forekommer meget tæt på resultaterne i ”Basis Scenariet”. De fleste af oversvømmelserne forekommer på den vestlige del af skolens grund, og de afkoblede tagarealer er primært foretaget på den sydlige del af tagarealerne.

Hvis man imidlertid undersøger de simulerede vandstande nærmere, fremgår det, at afkoblingen af tagarealerne resulterer i betydeligt lavere vandstand i rørsystemet – specielt i de sektioner, der tidligere modtog regnvand fra de tagarealer, der nu er blevet afkoblet (se figur 5). Desuden, ses det af beregningerne, at der forekommer den forventede afstrømning i både grøft og i multirum, som der var planlagt for disse faciliteter.



FIGUR 5

FIGUREN TIL HØJRE VISER SIMULERINGER AF VANDSTAND FOR ”BASIS SCENARIET” (SORT STREG) OG FOR ”KLIMASKOLE SCENARIET” (BLÅ STREG) I BRØND GLR0007 (HIGHLIGHTED PÅ LUFTFOTOET TIL VENSTRE). BRØNDEN GLR0007 MODTAGER I ”BASIS SCENARIET” AFSTRØMNING FRA TAGAREALET, DER ER AFKOBLET I ”KLIMASKOLE SCENARIET”.

Simuleringer af oversvømmelse på terræn illustrerer reduktionen af vandvolumen i de separate regnvandsledninger. De positive effekter af afkoblingen kunne imidlertid optimeres ved, at målrette afkoblingen til at omfatte de tagarealer, der bidrager mest til potentiel oversvømmelse.

Ud fra de gennemførte beregninger må det dog konkluderes, at LAR-anlægget kan rumme en 100 års regn med en varighed på 6 timer med et tagareal på 1.243 m².



Forsøg med permeabel sportsbelægning og stenulds-faskine

Prøvningsrapport

Projektnummer: 2003119 Regn med sport-Multirum med skybrudssikring

Udført for:

Miljøstyrelsen (MUDP), Uniq, Rockwool

Att.: Miljøstyrelsen (Lone Jansson), Klaus Sørensen (Unqa), Michael Emborg (Rockwool)

Emneord:

Permeabel sportsbelægning, stenulds-faskine

Udført af:

Teknologisk Institut, Rørcentret
Gregersensvej
2630 Taastrup

v/ Stig Clausen
v/ Hanne Kjær Jørgensen

Antal sider:

9 ekskl. forside

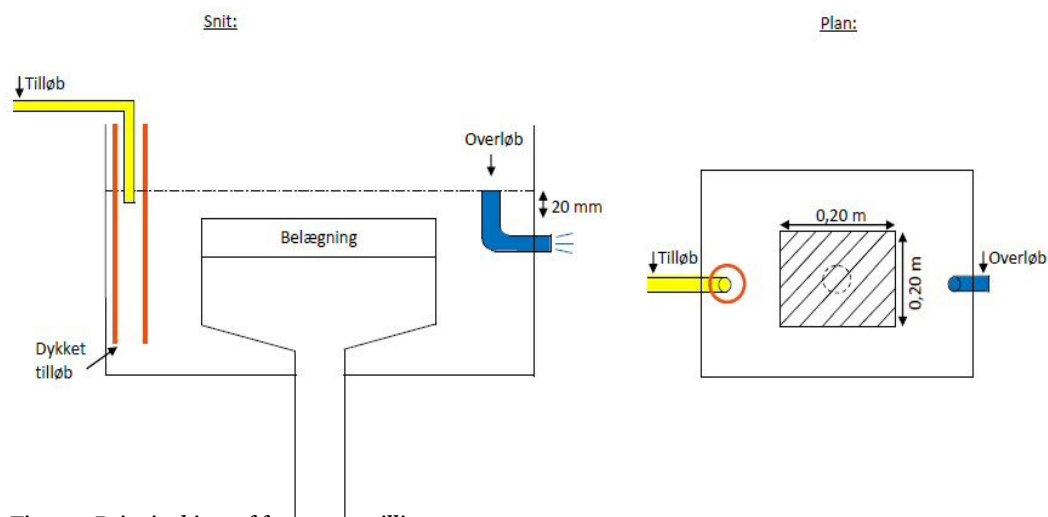
Dato:

08-07-2014

Prøvningsrapport

Baggrund: Denne prøvningsrapport er udført i forbindelse med Miljøstyrelsens MUDP-projekt 'Regn med sport – Multirum med skybrudssikring'. Prøvningerne skal vise, hvor stor vandgennemtrængeligheden er gennem hhv. permeable sportsbelægninger samt stenuld. Resultaterne skal bruges til at dimensionere samt designe det 'Multirum', der skal etableres på klimaskolen i Roskilde.

Forsøgsopstilling: Forsøgsstanden er opbygget som vist på principskitzen figur 1 samt fotos i bilag 1 (alle fotos, der henvises til, fremgår af bilag 1).



Figur 1. Principskitse af forsøgsopstilling.

Der er opbygget en teststand, der har målene 1x1 meter, se foto 1.

Tilledningen af vand (dvs. tilløbet til teststanden) er dykket for at sikre en rolig tilledning af vandet og for at undgå turbulens. Der tilføres således vand til teststanden i et særskilt, lukket rør, se foto 2 og 3.

Nedsivningen foregår gennem den belægning, der skal måles på, se foto 4. Nedsivningsarealet er 20 *20 cm.

Overløbet sikrer, at vandstanden over belægningen holdes konstant, se foto 5 og 6.

Overløbskanten indstilles, så vandstanden holdes konstant på 0,20 meter over belægningen, se foto 7.

Formålet med opbygningen af teststanden er at sikre, at belægningen kan udsættes for et konstant tryk. Tilløbsvandføringen er så høj, at vandstanden kan holdes konstant, men så lav, at overløbsvandføringen kan måles (dvs. ikke er for stor til at blive opsamlet i et måleglas i løbet af fx 2 sekunder).

Måling: Vandstanden holdes konstant over belægning i 10 minutter.



- Vandføring i overløb:** Vandet fra overløbet opsamles i et måleglas. Tiden for fyldt måleglas noteres, og måleglasset vejes.
Tomt måleglas vejer 624,5 gram.
Der korrigeres for vægten af selve måleglasset. Vægten af det tilledte vand samt tiden for påfyldning er nu kendt, og overløbsvandføringen kan beregnes (vandmængde pr. tidsenhed).
- Vandføring i tilløb:** Tilløbsvandføringen måles ved at sætte tilløbsslangen ned i et måleglas. Tiden for fyldt måleglas noteres, og måleglasset vejes.
Der korrigeres for vægten af selve måleglasset. Vægten af det til ledte vand samt tiden for påfyldning er nu kendt, og tilløbsvandføringen kan beregnes.
- Beregning af total vandføring:** Total vandføring over nedsivningsarealet (20*20 cm) er differensen mellem tilløbsvandføring og overløbsvandføring (enhed ml/sek.).
Total vandføring over nedsivningsarealet (20*20 cm) er differensen mellem tilløbsvandføring og overløbsvandføring (enhed ml/sek.).
Der omregnes til l/s, der er den totale vandføring over nedsivningsarealet (belægningen) på 20x20 cm.
Der omregnes til l/s/m2 ved at gange den målte vandføring med 25 (der kan være 25 stykker belægning á 20*20 cm pr. m2).
- Usikkerhed:** Usikkerheden på tidsmålingen er 1 sek.
Usikkerheden på vægten er ±1%
- Resultat af prøvningerne:** Resultatet af prøvningerne fremgår af bilag 2.
- Sammenfatning:** Af resultatet af prøvningerne (bilag 2) fremgår det, at den permeable sportsbelægning har en langt større permeabilitet end stenulden. Både top samt top og base sammen kan håndtere vandmængder på 0,40 l/s.
Den stenuld, der kan håndtere den største vandmængde, er opbygningen, hvor der er 1 vandret samt 2 lodrette bats sammen som vist på foto 10.
Således vil stenulden være den begrænsende faktor, når den permeable sportsbelægning underbygges med stenuld.
I en 2-års regn er max. 10 minutters intensitet 140 l/s/ha. I en 100 års regn er max 10 minutters intensiteten ca. 580 l/s/ha. Alle belægningerne kan uden problemer bortlede regnmængderne i både hverdagsregn, dimensionsgivende regn og skybrud.

08.07.2014, Teknologisk Institut, Rørcentret, Taastrup

Hanne Kjar Jørgensen

Stig Clausen, Konsulent

Hanne Kjar Jørgensen, Civilingeniør

Bilag 1. Resultat af prøvningen



Konstant vandstand på 20 mm

Måleglas vejer (tørt) 624,5 gram

Overløbsvandføring:

Test nr.	Element	Vejet måleglas overløb g	Tid overløb sek.	Vandmængde overløb ml	Vandføring overløb ml/sek.
1	50 mm rockwool	1456,5	15	832	55,47
2	Top belægning alene 15 mm	1483,5	21	859	40,90
3	95 mm rockwool, hård side opad	1418,5	5	794	158,8
4	95 mm rockwool, hård side nedad	1497,5	20	873	43,65
5	20 cm Rockwool (horisontal struktur se foto 8 - densitet?)	1564,5	41	940	22,93
6	20 cm Rockwool (vertikal struktur se foto 9 - densitet?)	1674,5	9	1050	116,67
7	Rockwool som t: 1 vandret øverst, 2 lodrette nederst, se foto 10	1621,0	14	996,5	71,18
8	Permeabel sportsbelægning - både top og base	1675,0	9	1050,5	116,72

Tilløbsvandføring:

Test nr.	Element	Vejet måleglas tilløb g	Tid tilløb sek.	Vandmængde tilløb ml	Vandføring tilløb ml/sek.
1	50 mm rockwool	1606,0	10	981,5	98,15
2	Top belægning alene 15 mm	1501,5	2	877	438,5
3	95 mm rockwool, hård side opad	1640,5	3	1016	338,67
4	95 mm rockwool, hård side nedad	1613,5	4	989	247,25
5	20 cm Rockwool (horisontal struktur se foto 8 - densitet?)	1628,0	5	1003,5	200,70
6	20 cm Rockwool (vertikal struktur se foto 9 - densitet?)	1620,0	3	995,5	331,83
7	Rockwool som t: 1 vandret øverst, 2 lodrette nederst, se foto 10	1632,5	5	1008	201,60
8	Permeabel sportsbelægning - både top og base	1648,0	2	1023,5	511,75

Total vandføring over belægning:

Projekt klimaskole

Test nr.	Element	Vandføring total ml/s	Vandføring total l/s	l/s/m ² *	l/s/ha
1	50 mm rockwool	42,68	0,04	1,07	10.670,83
2	Top belægning alene 15 mm	397,60	0,40	9,94	99.398,81
3	95 mm rockwool, hård side opad	179,87	0,18	4,50	44.966,67
4	95 mm rockwool, hård side nedad	203,60	0,20	5,09	50.900,00
5	20 cm Rockwool (horisontal struktur se foto 8 - densitet?)	177,77	0,18	4,44	44.443,29
6	20 cm Rockwool (vertikal struktur se foto 9 - densitet?)	215,17	0,22	5,38	53.791,67
7	Rockwool som t: 1 vandret øverst, 2 lodrette nederst, se foto 10	130,42	0,13	3,26	32.605,36
8	Permeabel sportsbelægning - både top og base	395,03	0,40	9,88	98.756,94

*her ganger vi med 25, da arealet er 20*20 cm, og der er 25 testfelter pr. m²

Bilag 2. Fotos

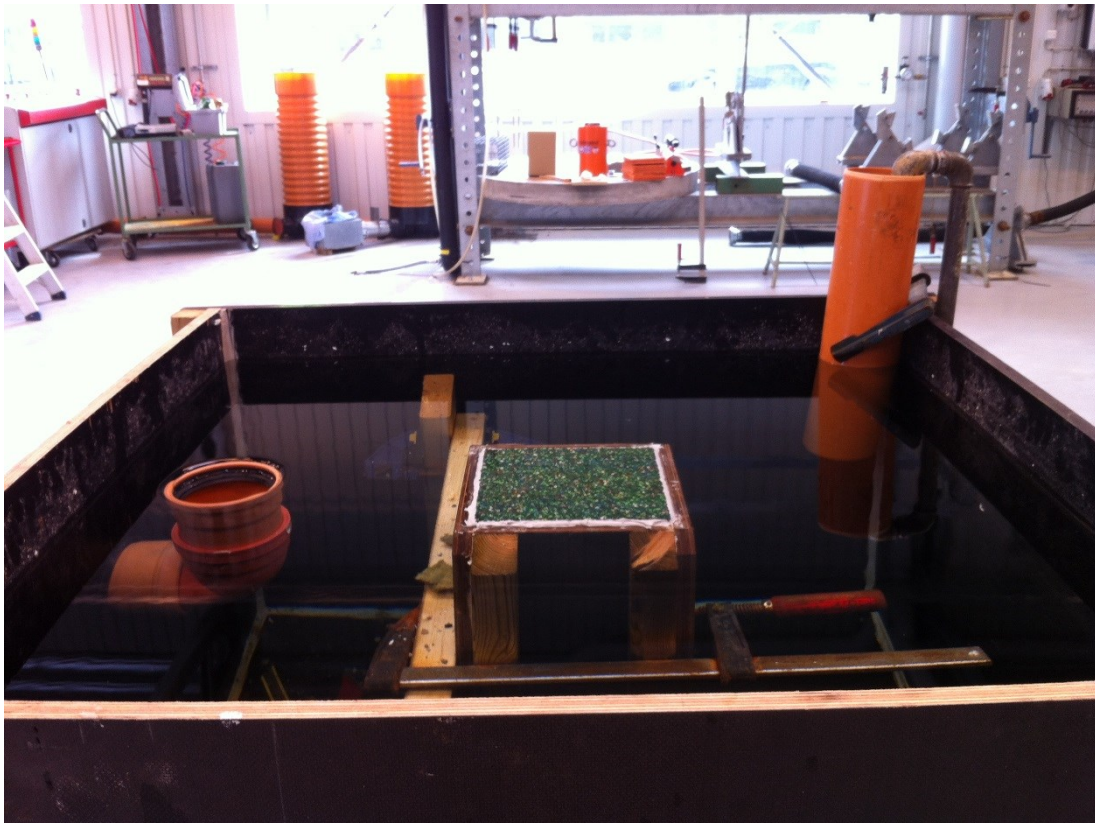


Foto 1.



Foto 2.



Foto 3.

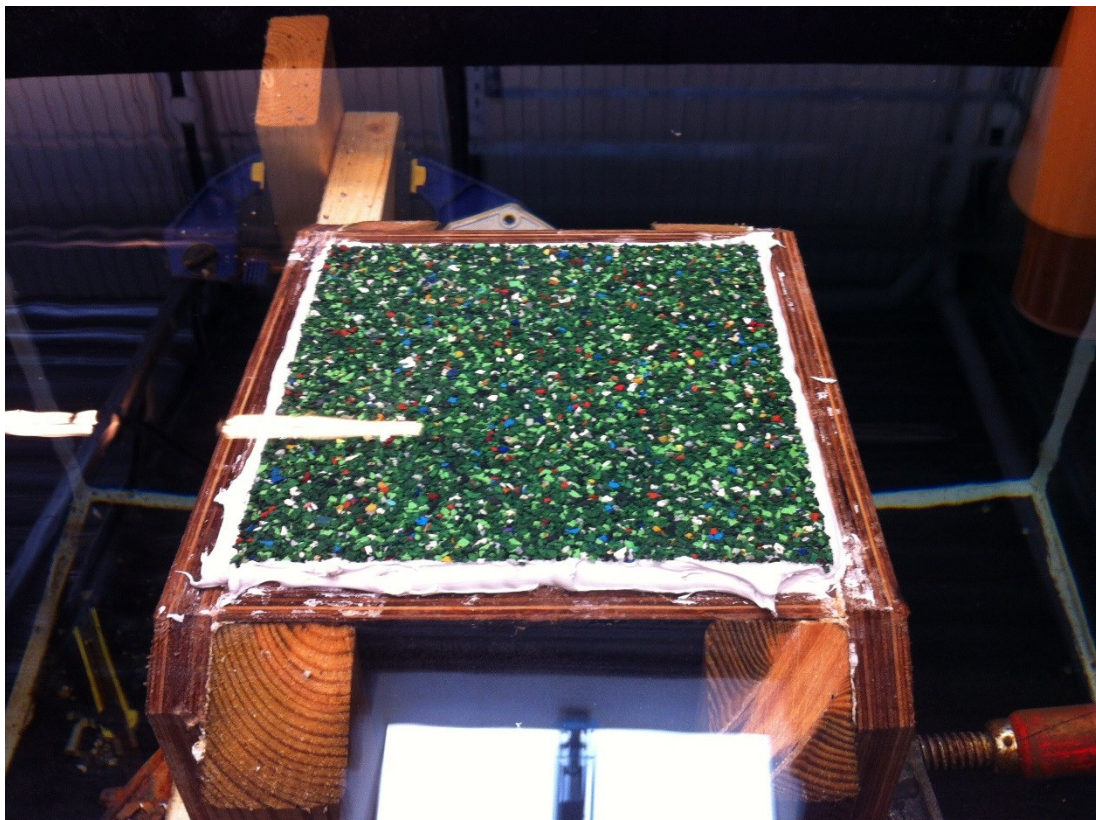


Foto 4.



Foto 5.



Foto 6.

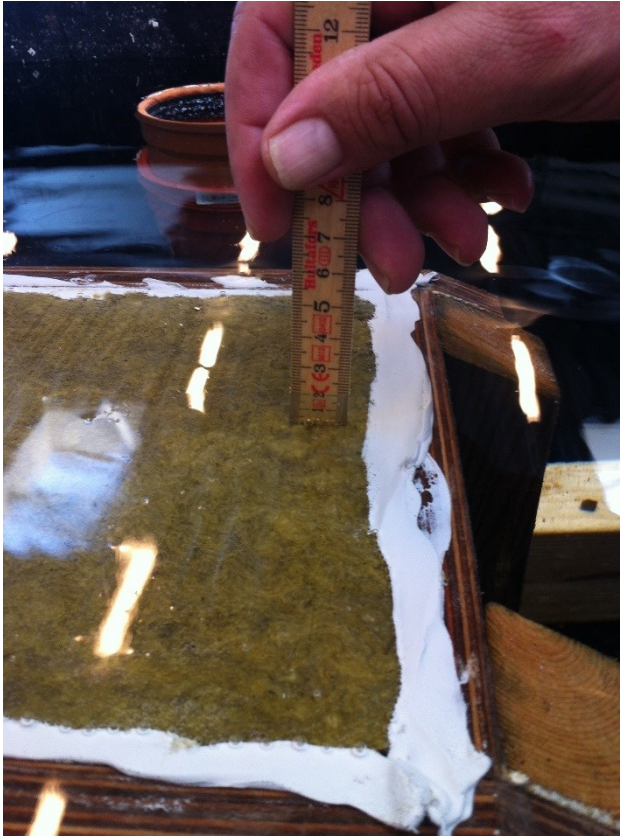


Foto 7.

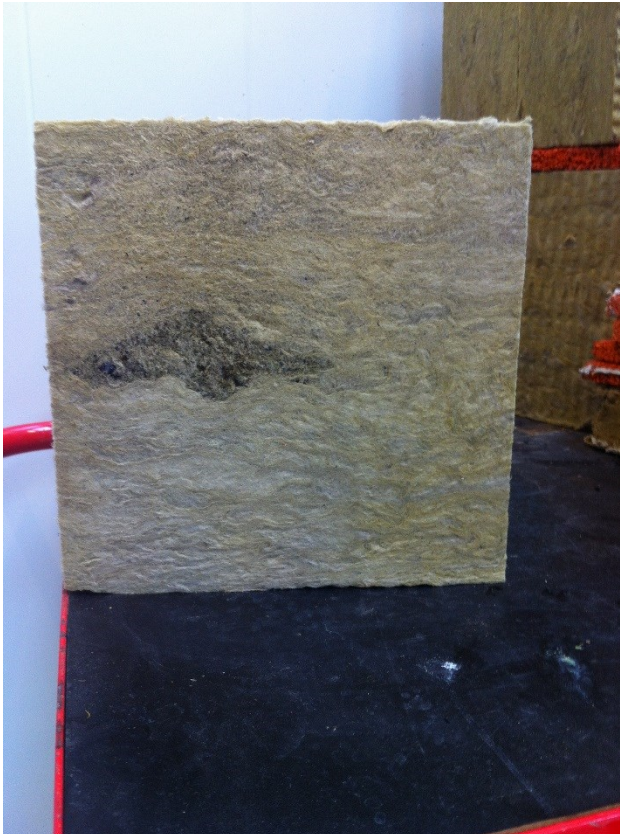


Foto 8.



Foto 9.

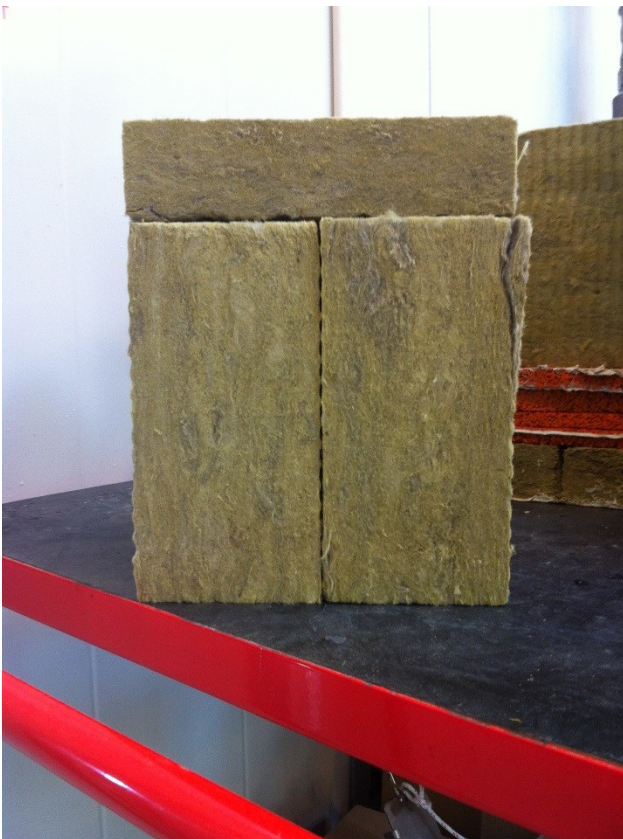


Foto 10

Bilag 2: Fotos af anlæg af multirummet oktober – november 2015



BILLEDE 1
13.10.2015



BILLEDE 2
20.10.2015, NR. 1



BILLEDE 3
20.10.2015, NR. 2



BILLEDE 4
22.10.2015



BILLEDE 5
30.10.2015, NR. 1



BILLEDE 6
30.10.2015, NR. 2



BILLEDE 7
02.11.2015, NR. 1



BILLEDE 8
02.11.2015, NR. 2



BILLEDE 9
03.11.2015



BILLEDE 10
05.11.2015



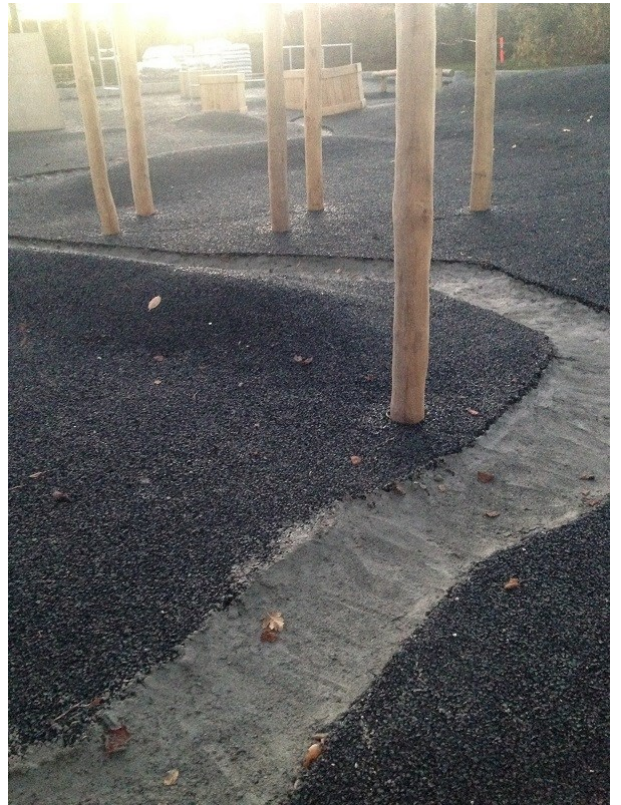
BILLEDE 11
09.11.2015, NR. 1



BILLEDE 12
09.11.2015, NR. 2



BILLEDE 13
09.11.2015, NR. 3



BILLEDE 14
12.11.2015, NR. 1



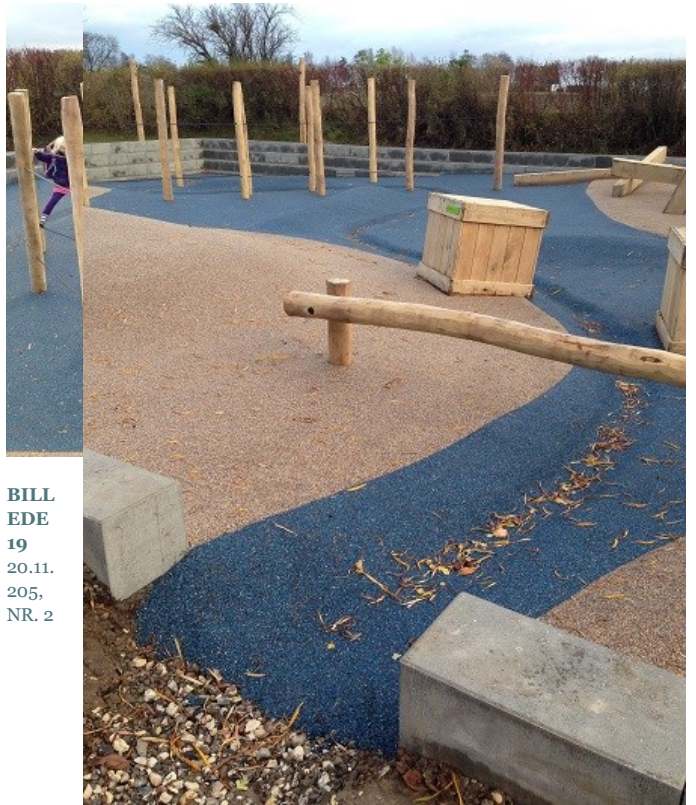
BILLEDE 15
12.11.2015, NR. 2



BILLEDE 16
16.11.2015, NR. 1



BILLEDE 17
16.11.2015, NR. 2



BILLEDE 19
20.11.2015,
NR. 2

BILLEDE 18
20.11.2015, NR. 1



BILLEDE 20
FÆRDIGT ANLÆG.

Klimaskole Project: Building a flood model for Lindebjergskolen

This report describes the hydrodynamic flood model built for *Lindebjergskolen* under the *Klimaskole* Project.
Introduction

1. Introduction

One of the aims of the *Klimaskole* project was to develop teaching resources for young students to learn about climate change and its impacts in a participatory and interactive manner. The application of hydroinformatics tools was one approach used in the development of these teaching materials, and a hydraulic flood model was built for the project test site—the compound of *Lindebjergskolen* in Roskilde, Denmark.

The flood model was built to provide an analysis and demonstration tool for understanding and visualizing the impacts of hydrology, hydraulics and climate change on flooding in the study area. In detail, the various objectives of the task were:

- To build a 1D-2D flood model for *Lindebjergskolen*.
- To use the flood model to demonstrate the impacts of extreme rainfall and climate change conditions on the study area in terms of flooding.
- To examine the effects of low-impact climate-adaptation techniques and landscape elements on hydrodynamic drainage conditions in the study area.

1.1 Study area

The study area is *Lindebjergskolen* compound in Roskilde, Denmark.



FIGURE 1 LOCATION OF LINDEBJERGSKOLEN IN ROSKILDE, DENMARK.

1.2 1D-2D Flood Model

The flood model for *Lindebjergskolen* was built using MIKE Flood, dynamically linking a 1D MIKE Urban model of the underground sewer network, and a 2D MIKE 21 surface flow model of the school compound terrain. In this approach, flows and water levels along the drainage network, over the land surface, and flow interactions between the two systems are simulated. The areal topography is represented in the 2D model, which simulates water levels and flows over the surface with the 2D shallow water equations. The drainage system is represented by the 1D model, which simulates flows through the network using equations of flow in one dimension.

The MIKE Urban model was built based on data from sewer network maps obtained from Roskilde *Forsyning*.



FIGURE 2 EXAMPLE SEWER NETWORK PLAN MAP USED IN BUILDING THE MIKE URBAN MODEL.

It drains an area of around 15 hectares, which includes not only the school grounds but also some areas in the nearby village and the adjacent farm, as drainage from these areas is led down through the sewers along *Lindebjergstien* bordering the eastern side of the school compound. The model is comprised of 136 nodes representing inlets and manholes, and 135 links representing 2.5 km of pipes. Catchment percent imperviousness values were derived using geospatial data on paved areas in the model domain.



Legend

- MOUSE Manholes
- ▼ MOUSE Outlets
- MOUSE Links
- Catchments

0 25 50 100 150 200 Meters

FIGURE 3 MAP SHOWING THE MIKE URBAN MODEL FOR THE SEWER NETWORK IN THE STUDY AREA.

The MIKE 21 model was built using DTM (Digital Terrain Model) data obtained from BlomInfo A/S (NIRAS). The DTM had a grid resolution of 1.6 m, which was maintained as the computational grid resolution of the 2D model.

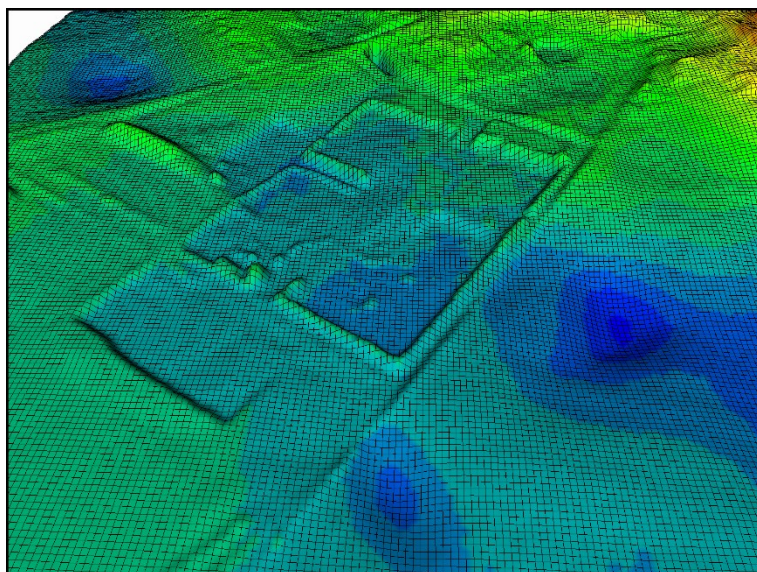


FIGURE 4 A THREE-DIMENSIONAL PLOT OF THE 1.6-M RESOLUTION DTM DATA USED IN BUILDING THE MIKE 21 MODEL.

The influence of buildings on surface flows was considered in the 2D model by synthetically raising the elevation over building areas in the topography grid. It was assumed that buildings are impervious to surface flows, and flows could only occur around these structures and not through them.

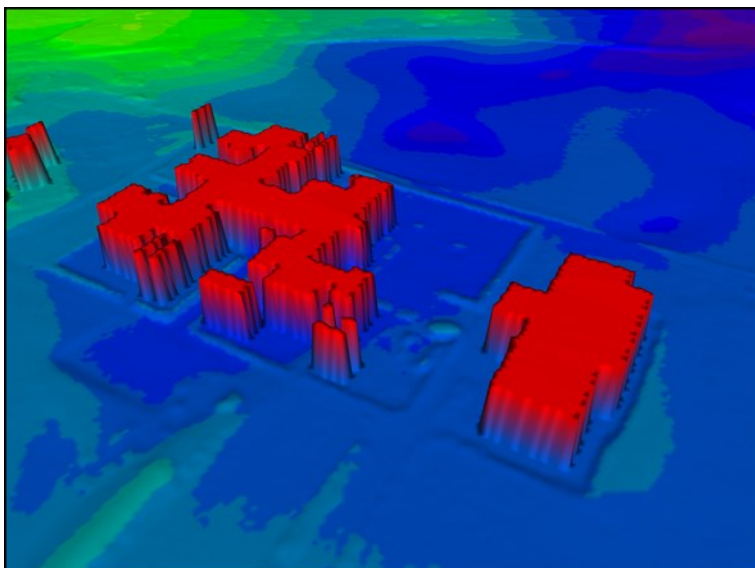


FIGURE 5 ELEVATIONS OVER BUILDING AREAS WERE SYNTHETICALLY RAISED IN THE 2D MODEL TOPOGRAPHY GRID TO CONSIDER THEIR INFLUENCE ON SURFACE FLOWS.

Different surface roughness values were used for paved and unpaved areas in the 2D model. A Manning M value of $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ was used for paved (impervious) surfaces, while $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ was used for pervious areas.

Infiltration over pervious (i.e. green) areas was considered in the MIKE 21 model.

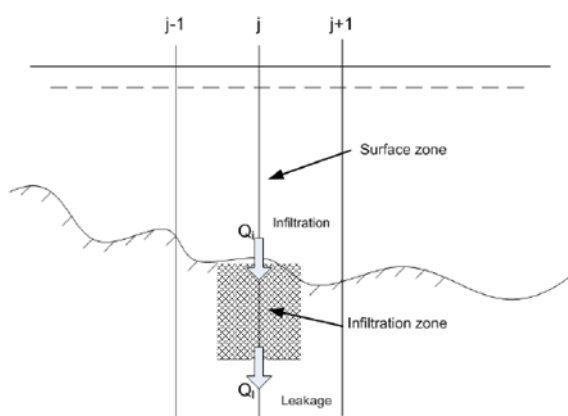


FIGURE 6 ILLUSTRATION OF THE CONCEPT BEHIND THE NEW INFILTRATION MODULE IN MIKE 21. (SOURCE: DHI, 2015)

This is a simplified infiltration model where the infiltration from the surface into the unsaturated zone and further from the unsaturated to the saturated zone is described using the following assumptions:

- The unsaturated zone has a constant, user-specified porosity
- Infiltration from surface into the unsaturated zone is calculated as a constant flow rate, corresponding to the infiltration capacity for unsaturated soil (e.g. Horton's initial infiltration capacity)
- Flow from the unsaturated zone to the saturated zone is calculated as 'leakage' with a constant flow rate, corresponding to the infiltration capacity for saturated soil (e.g. Horton's final infiltration capacity)

Actual infiltration is limited by the availability of water on the surface. More details about the technique are found in DHI (2015).

The following parameters were used for the infiltration model:

- Infiltration capacity (rate) = 150 mm/h (~ infiltration capacity for non-compacted, dry clay from Pit et al. (1999))
- Porosity of unsaturated zone = 0.1
- Depth describing the extent of the unsaturated zone = 0.28 m (with 0.1 porosity gives 28 mm storage depth)
- Leakage rate = 3.2 mm/h
- Initial water content in the unsaturated zone = 0

The MIKE Urban and MIKE 21 models are linked (through MIKE Flood) at network structures, such as manholes (nodes), and coinciding grid cells, and flow exchange is computed according to computed head differences at the linking points.

A 6-hr 100-year return period CDS (Chicago Design Storm) design rainfall for the current climate scenario was used as input to the flood model in the analyses. The rainfall boundary condition, which corresponds to 67 mm of rain over 6 hours, was applied in both 1D and 2D model components as follows:

- In the MIKE Urban model to compute for runoff over impervious areas
- In the MIKE 21 model as precipitation input over 'green' (pervious) areas

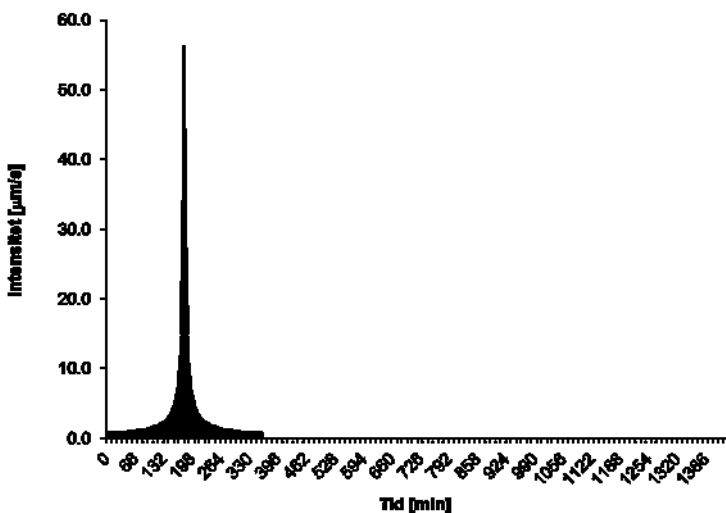


FIGURE 7 PLOT OF THE 6-HR 100-YEAR RETURN PERIOD CDS DESIGN RAINFALL USED IN THE FLOOD ANALYSES.

1.3 Base Scenario Modelling Results

This model scenario corresponds to conditions before implementation of low-impact climate-adaptation techniques and landscape elements in the study area. All building roofs are directly connected to the sewer network, and the surface terrain is unchanged according to the DTM data (from BlomInfo).

Surface flooding with the 6-hr 100-year rainfall is estimated to occur primarily on the western side of the school (Figure 8), where runoff from the expansive green area and the building roofs accumulate around inlets to the stormwater collection system.

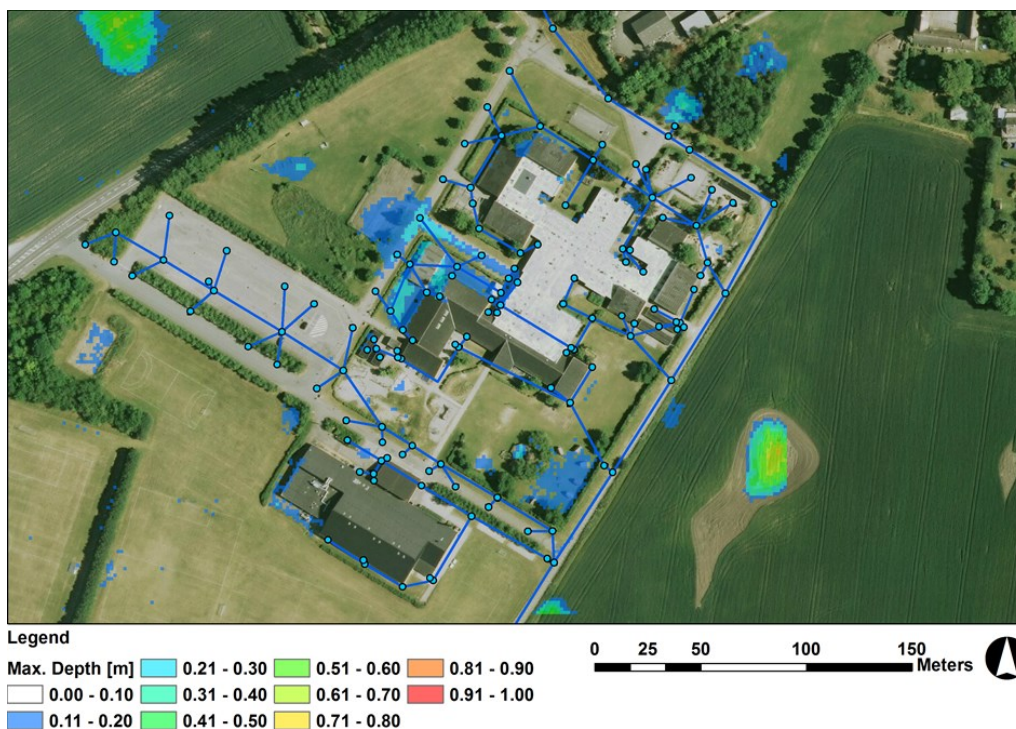


FIGURE 8 CALCULATED MAXIMUM OVERLAND WATER DEPTHS FOR 6-HR 100-YEAR RAINFALL IN THE 'BASE' SCENARIO.

1.4.1 Klimaskole Scenario Modelling Results

This model scenario includes following low-impact climate adaptation and landscaping structures:

- Disconnected roofs. Runoff from these areas is directed either to the rain garden or the *multirum* area.
- Rain garden. DTM lowered by 10 cm and infiltration active over the area.
- *Multirum* area. DTM modified according to plan map (see Figure 10). Has an outlet to leading to the sewers along *Lindebjergstien*. The '*Roskilde Fjord*' and *multirum* areas are considered as new impervious areas.
- Creek. DTM lowered by 20 cm over the creek area as drawn on the plan map.
- Green roof. Runoff assumed zero.

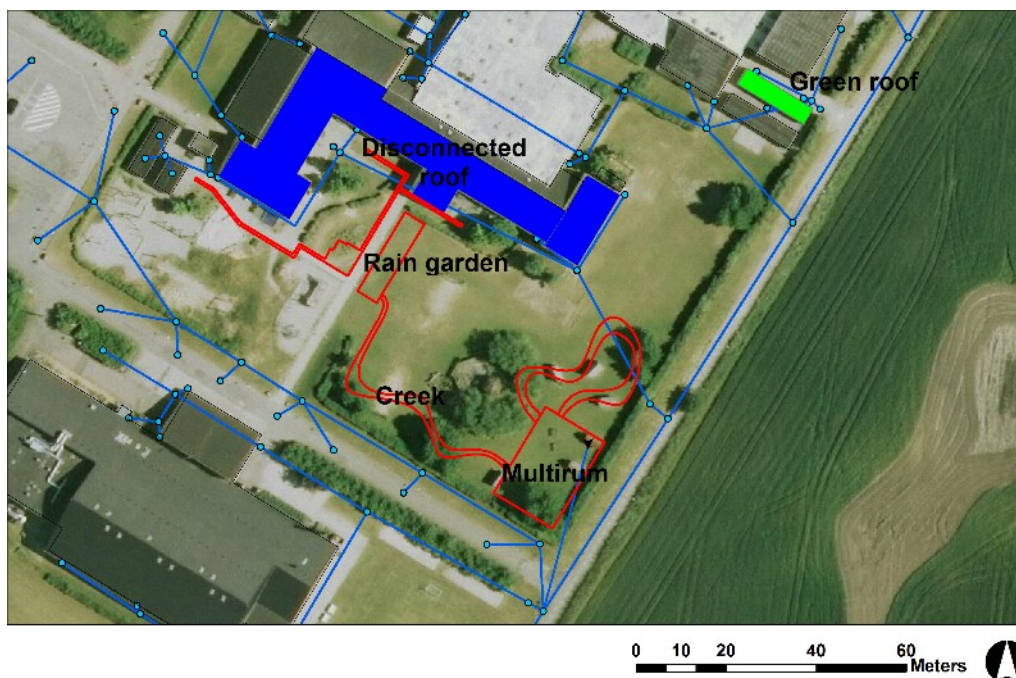


FIGURE 9 MAP SHOWING THE VARIOUS CLIMATE-ADAPTATION TECHNIQUES AND LANDSCAPE FEATURES INCLUDED IN THE 'KLIMASKOLE' SCENARIO.

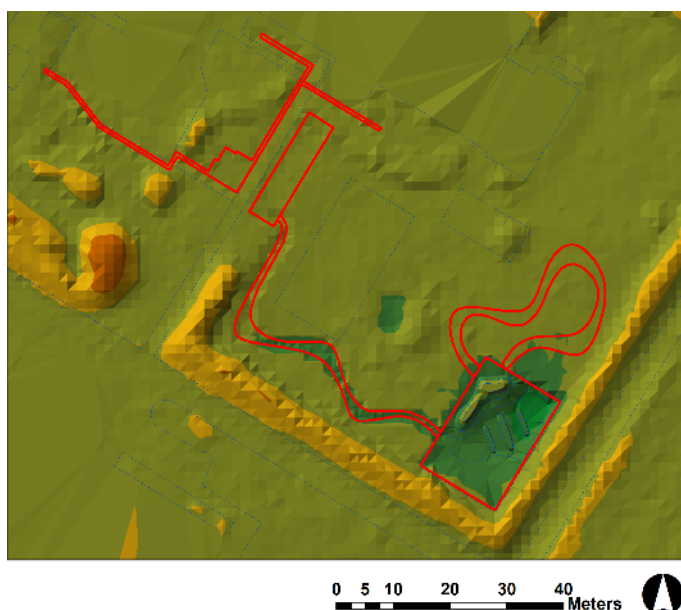


FIGURE 10 THE DTM WAS MODIFIED ACCORDING TO THE MULTIRUM PLAN MAP FOR THE 'KLIMASKOLE' SCENARIO MODEL.

Surface flooding estimates with the 6-hr 100-year rainfall for the 'Klimaskole' scenario, shown in Figure 11, appears very similar to those from the 'Base' scenario shown in Figure 8. Most of the flooding occurs on the western side of the school, and the disconnected roof areas are those on southern building areas (Figure 9).

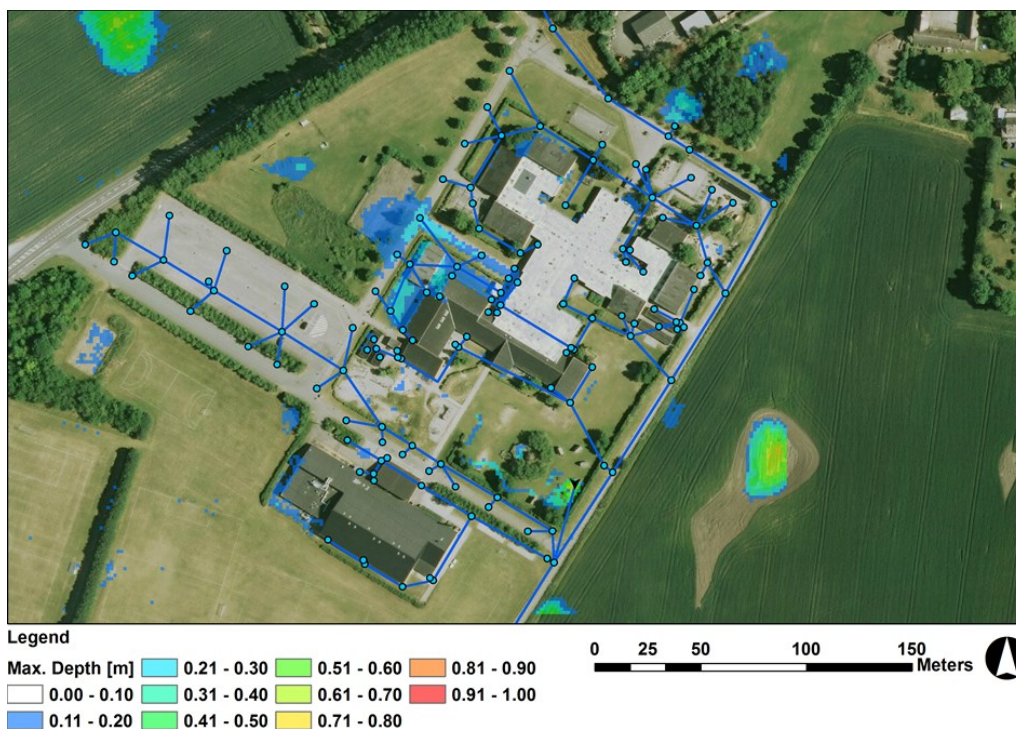


FIGURE 11 CALCULATED MAXIMUM OVERLAND WATER DEPTHS FOR 6-HR 100-YEAR RAINFALL IN THE 'KLIMASKOLE' SCENARIO.

Nevertheless, closer examination of simulated water levels in the network reveals that roof disconnection brings about considerable lowering on water levels in the sewers, especially in the sections which were previously receiving runoff from the disconnected roofs (see Figur and Figure 13). In addition, simulations calculate the occurrence of water in the creek and *multirum* features, as planned for these facilities.

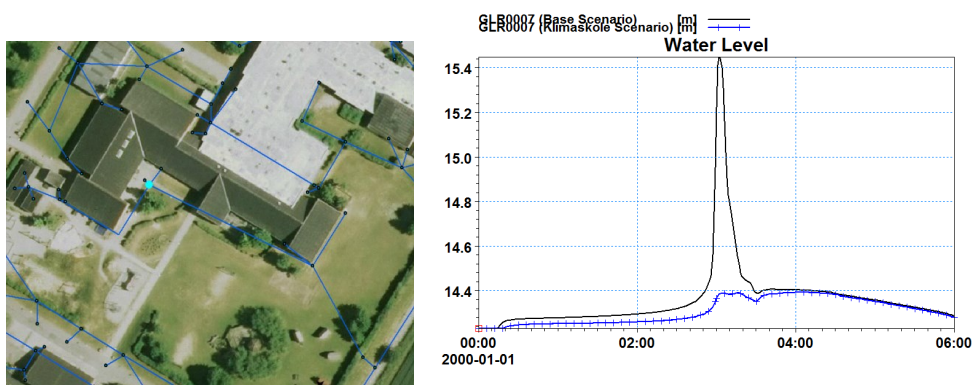


FIGURE 12 THE FIGURE ON THE RIGHT COMPARES SIMULATED WATER LEVELS IN THE SEWER NETWORK FOR THE 'BASE' (BLACK LINE) AND 'KLIMASKOLE' (BLUE LINE) SCENARIOS AT NODE GLR0007 (HIGHLIGHTED ON THE MAP ON THE LEFT). NODE GLR0007 ORIGINALLY RECEIVES RUNOFF FROM THE ROOF AREAS IN THE 'BASE SCENARIO', WHICH WERE THEN DISCONNECTED FROM THE SEWER NETWORK IN THE 'KLIMASKOLE' SCENARIO.

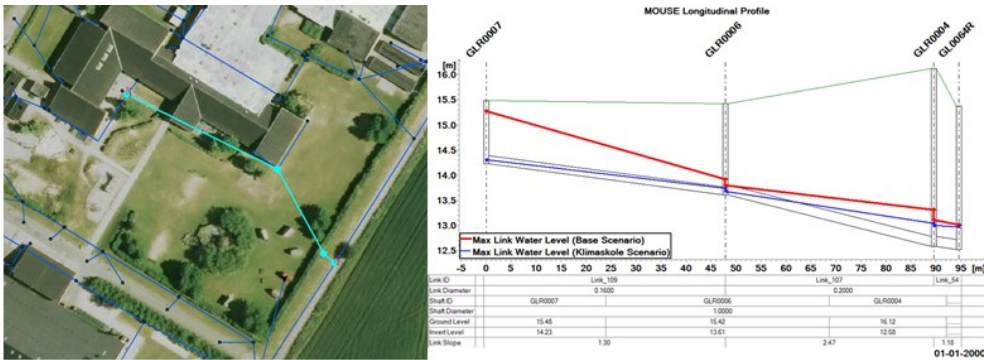


FIGURE 13 THE FIGURE ON THE RIGHT SHOWS THE LONGITUDINAL PROFILE PLOT FOR THE SEWER NETWORK SECTION HIGHLIGHTED ON THE MAP ON THE LEFT. THE PROFILE PLOT COMPARES MAXIMUM SIMULATED WATER LEVELS IN THE SEWER NETWORK FOR THE 'BASE' (RED LINE) AND 'KLIMASKOLE' (BLUE LINE) SCENARIOS.

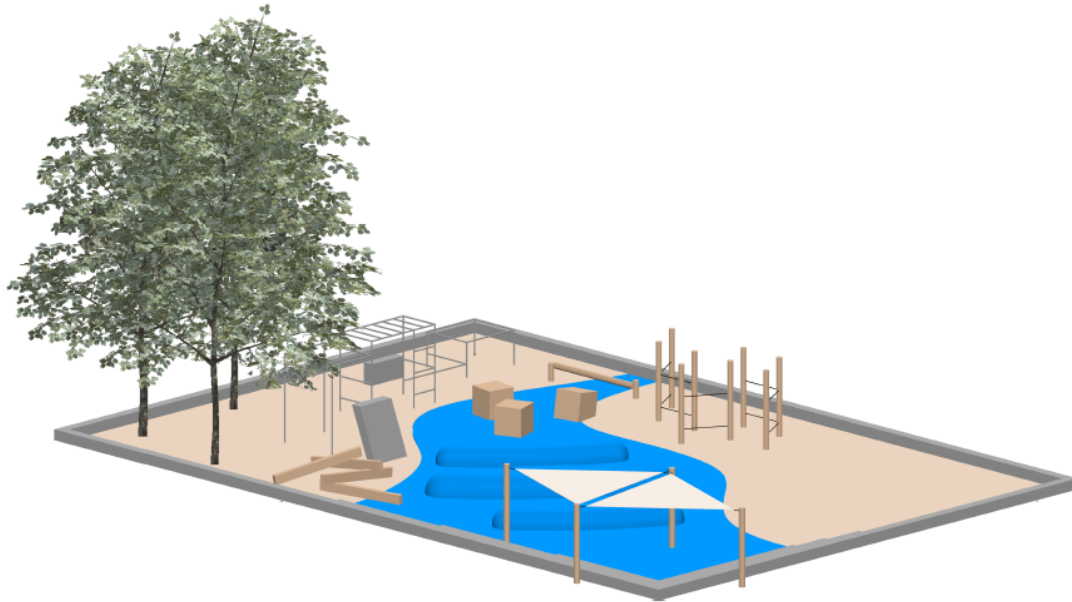
Flood simulation results illustrate the reduction in water volumes in the collection system network from roof disconnection. However, the positive impacts of roof disconnection could be maximized by targeting the areas contributing most to potential flooding for disconnection.

Bibliography

DHI (2015). Storm Water Runoff from Green Urban Areas: Summary for Modellers.

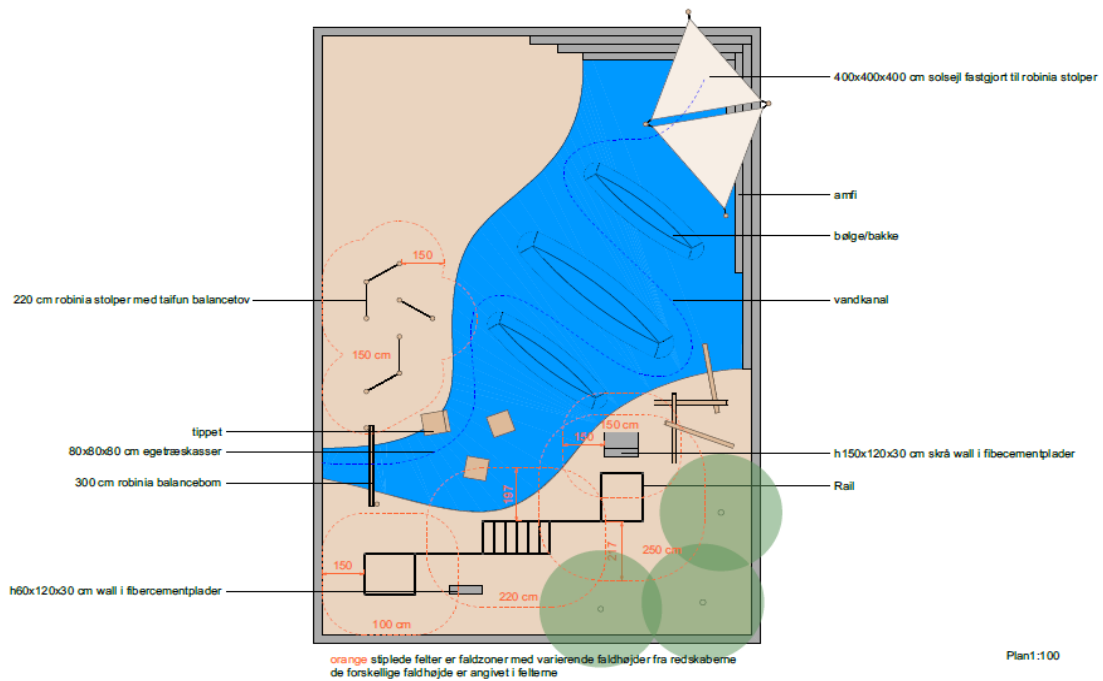
Pit, R., Lantrip, J., Harrison, R., Henry, C. L., & Xue, D. (1999). Infiltration through disturbed urban soils and compost-amended soil effects on runoff quality and quantity. National Risk Management Research Laboratory.

Bilag 4: Plantegninger af multirummet udformet som pumptrack-bane med parkourelementer



Isometri
noles
 expect no less

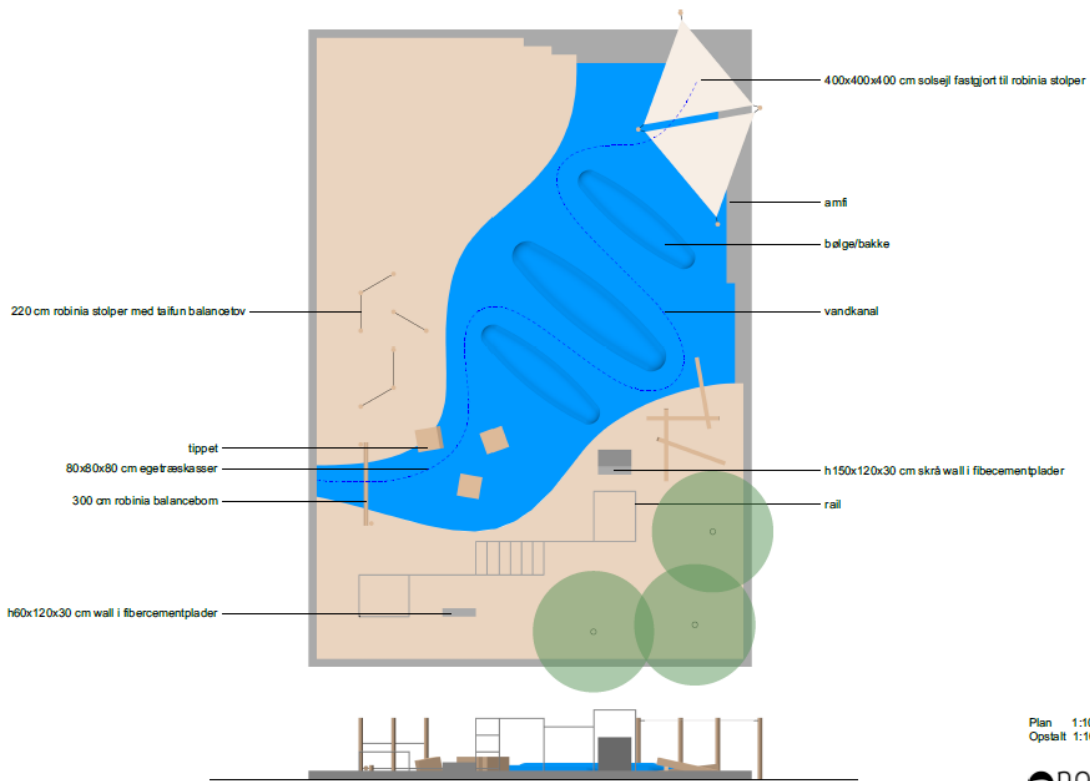
LINDEBJERGSKOLEN - ISOMETRI



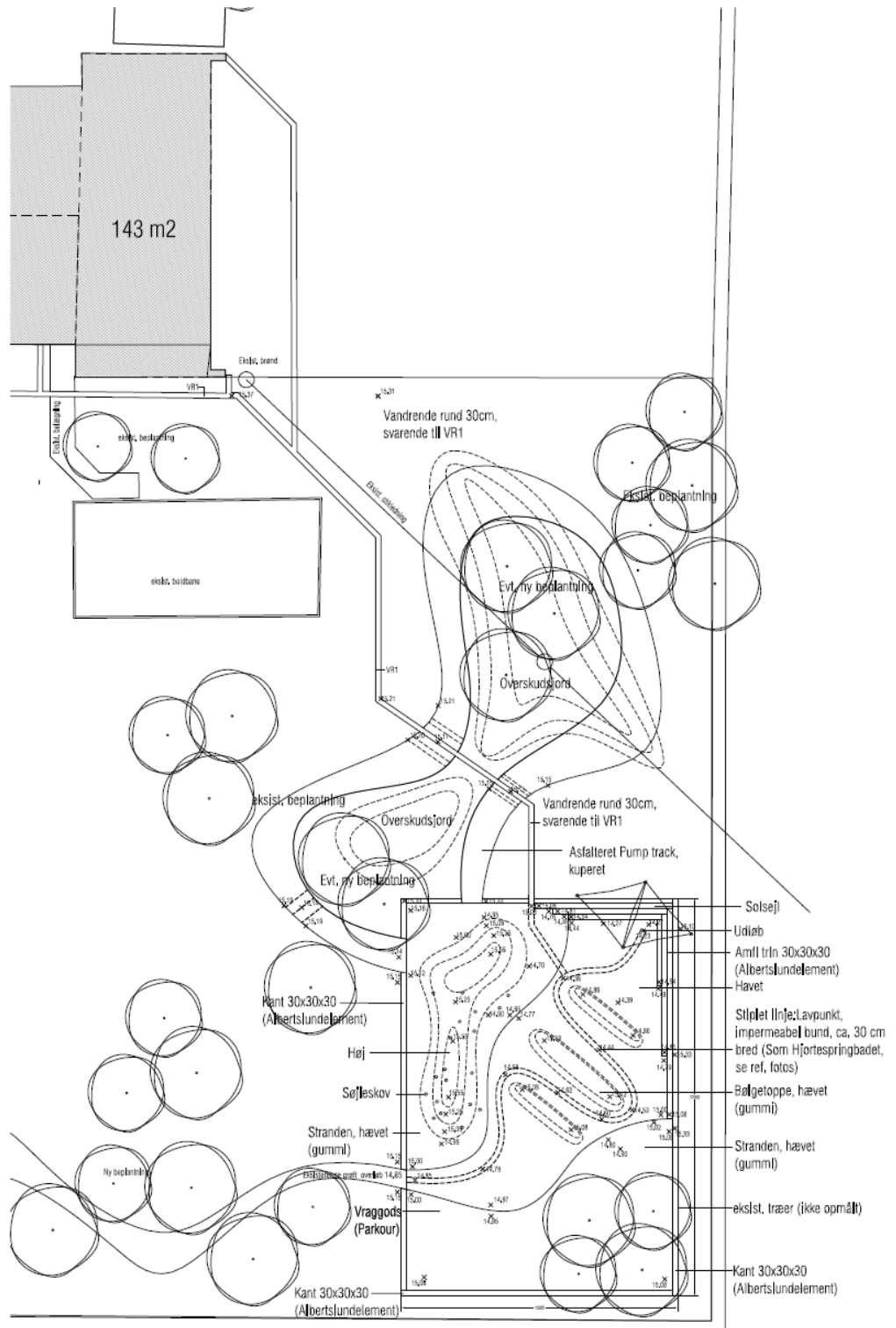
Plan1:100

noles
 expect no less

LINDEBJERGSKOLEN – PLAN MED FALDZONER



LINDEBJERGSKOLEN – PLAN OG OPSTALT



Undersøgt af: Miljøskole
 Multibane
 05.10.2015
 1:200



0

DETALJE - PUMPTRACK

Bilag 5: Dimensionering via SVK-dimensionsgivende regneark

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<p>Indtast blå og røde tal i kolonne B. Derefter tryk på knappen "Beregn"</p>									
<p>Beregn</p>									
<p>Nedbørs karakteristika</p>									
Kommune	Roskilde								
<p>Design karakteristika</p>									
Gentagelsesperiode (år)	20								
Sikkerhedsfaktor (klima, fremtidig udbygning, etc)	1								
<p>Oplands karakteristika</p>									
Befæstet areal (m²)	1240								
<p>Jord- og nedsvivnings karakteristika</p>									
K (Hydraulisk ledningsevne) - se evt måling nederst	1.00E-05	m/s							
<p>Faskine</p>									
Bredde	1	m							
Højde	1.3	m							
Hulrums andel i faskine (Plast: 0,95, sten: 0,25)	0.3	0-1							
Udsvivning i faskinebund: 0=Nej, 1=Ja	0								
<p>Længde faskine</p>									
Længde	109,5	m							
Dræn kapacitet, gennemsnit	1,44E+00	l/s							
<p>Regnbed</p>									
Areal regnbed	328,0	m²							
<p>Dybde</p>									
Dræn kapacitet	0,13	m							
Drænsareal	3,28E+00	m²							
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	1568,0	m²							
<p>Grøft / wadi, V-formet</p>									
Bredde (kronerant)	2	m							
Længde grøft	25,0	m							
<p>Dybde</p>									
Dræn kapacitet, gnis-snit	2,38	m							
Drænsareal	6,46E-01	m²							
Samlet opland (befæstet areal + eget areal)	1290,0	m²							
<p>Permeabel belægning</p>									
Areal af permeabel belægning	328	m²							
Areal af tilstedende afvædningsareal (lag, vej, etc)	1240	m²							
Hulrumsandel af lag under belægning [0-1]	0.3	0-1							
<p>Dybde af lag under belægning</p>									
Dybde	435	mm							
Dræn kapacitet	3,28E+00	l/s							
<p>Hjælpstørrelser, faskine</p>									
Opstuvningsvolumen	42,71	[m³]							
Faskine volumen	142,36	[m³]							
Regn, der holdes umiddelbart	34,44	[mm]							
Regn, der siver pr døgn	100,10	[mm/døgn]							
Tømmetid	8	timer							
Afløbstat	2,97E+04	[l/s]							
	1,16E+01	[l/sek/ha]							
<p>Hjælpstørrelser, regnbed</p>									
Opstuvningsvolumen	42,80	[m³]							
Regn, der holdes umiddelbart	27,30	[mm]							
Regn, der siver pr døgn	180,73	[mm/døgn]							
Tømmetid	4	timer							
Afløbstat	1,30E+04	[l/s]							
	2,09E+01	[l/sek/ha]							
<p>Hjælpstørrelser, grøft</p>									
Opstuvningsvolumen	59,57	[m³]							
Regn, der holdes umiddelbart	46,18	[mm]							
Regn, der siver pr døgn	43,27	[mm/døgn]							
Tømmetid	26	timer							
Afløbstat	9,22E+04	[l/s]							
	5,01E+00	[l/sek/ha]							
<p>Hjælpstørrelser, perm. belægning</p>									
Opstuvningsvolumen	42,80	[m³]							
Belægningsvolumen	142,68	[m³]							
Regn, der holdes umiddelbart	27,30	[mm]							
Regn, der siver pr døgn	180,73	[mm/døgn]							
Tømmetid	4	timer							
Afløbstat	1,30E+04	[l/s]							
	2,09E+01	[l/sek/ha]							
<p>Dimensionerende kasseregn, Afløbsteknik s. 269</p>									
Vr.k (mm)	28,70								
Varighed (h)	2,33								
<p>Karakteristika for dimensionerende kasseregn</p>									
Samlet nedbør (mm)	38,42								
Intensitet (l/sek/ha)	45,78								
<p>Dimensionerende kasseregn, Afløbsteknik s. 269</p>									
Vr.k (mm)	22,75								
Varighed (h)	1,09								
<p>Karakteristika for dimensionerende kasseregn</p>									
Samlet nedbør (mm)	30,99								
Intensitet (l/sek/ha)	78,65								
<p>Dimensionerende kasseregn, Afløbsteknik s. 269</p>									
Vr.k (mm)	38,48								
Varighed (h)	6,94								
<p>Karakteristika for dimensionerende kasseregn</p>									
Samlet nedbør (mm)	50,99								
Intensitet (l/sek/ha)	20,41								
<p>Dimensionerende kasseregn, Afløbsteknik s. 269</p>									
Vr.k (mm)	22,75								
Varighed (h)	1,09								
<p>Karakteristika for dimensionerende kasseregn</p>									
Samlet nedbør (mm)	30,99								
Intensitet (l/sek/ha)	78,65								

[Bagside overskrift]

[Bagside tekst]



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

www.mst.dk