

Muligheder og udfordringer ved modellering af LAR, nedsivning og grundvand

ATV Vest gå-hjem-møde

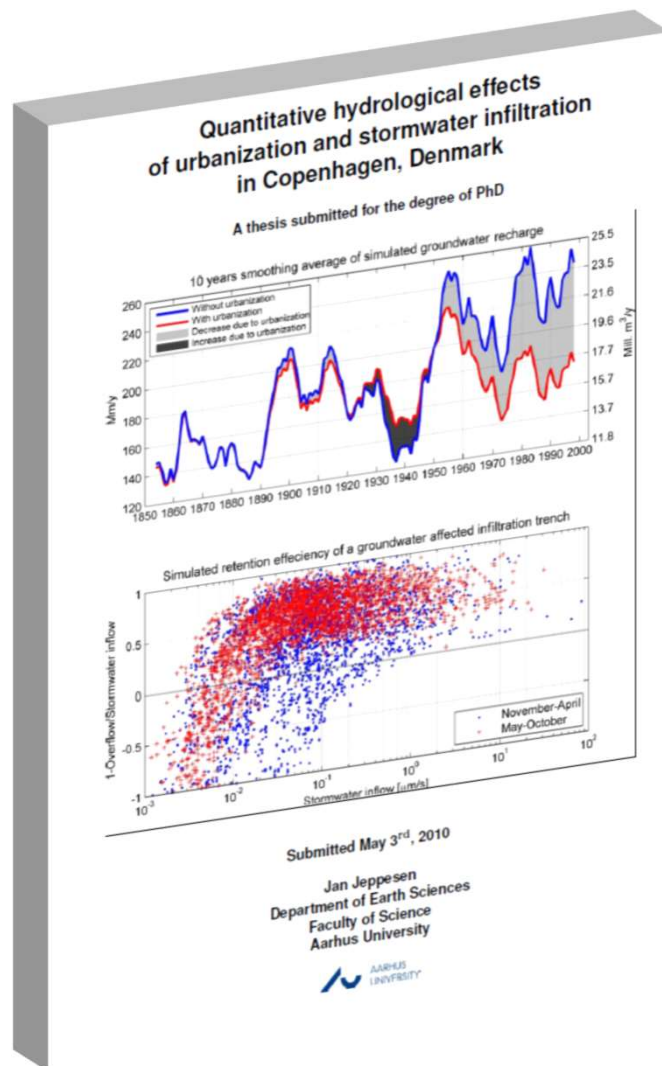
VandCenter Syd, Den 27. september 2018

LAR og konsekvenser for grundvandet

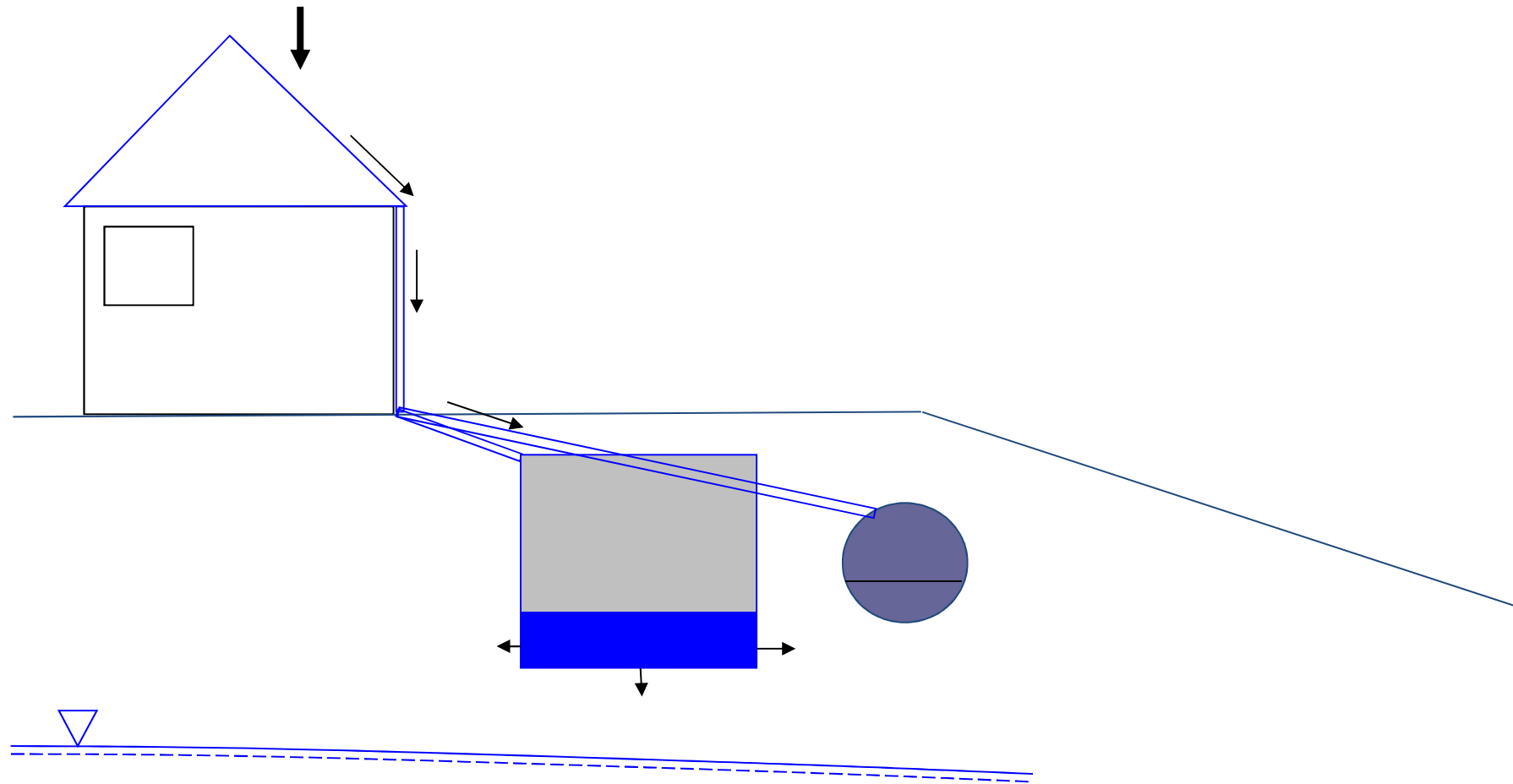


Jan Jeppesen
jje@envidan.dk
+45 27 15 37 27

Historik

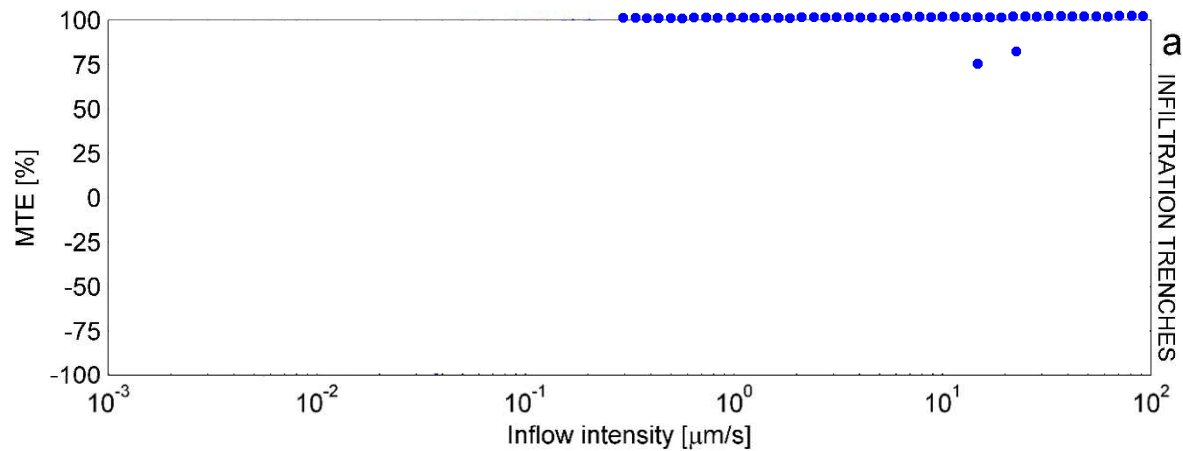


Historik

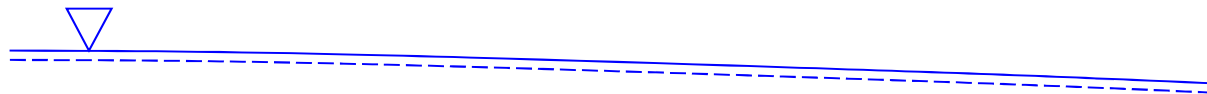
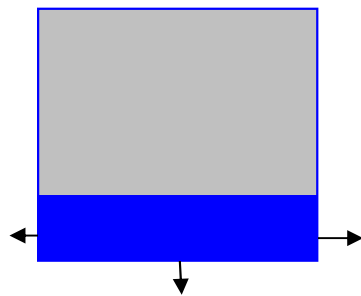


Historik

$$\text{MTE} = (1 - Q_{\text{ovf}} / Q_{\text{inf}}) \times 100\%$$



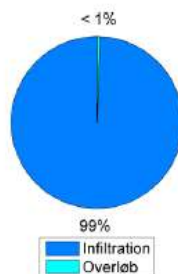
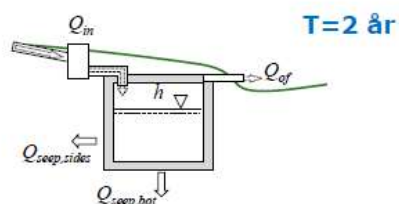
- Designed to only flow over 1 time each 5 years
- In reality it happens much more often due to the influence from ground water



Historik

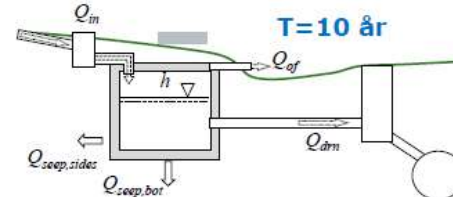
Eksempel 1: faskine

$A=100 \text{ m}^2$
 $L \text{ fas} = 5 \text{ m}^3 \text{ (ML)}$



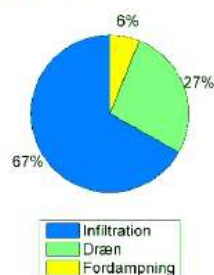
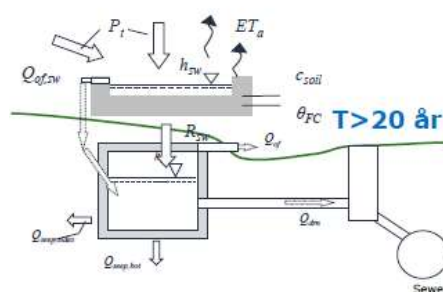
Eksempel 2: faskine m. dræn

$A=100 \text{ m}^2$
 $L \text{ fas} = 5 \text{ m}^3 \text{ (ML)}$
 $Drn = 1 \text{ l/s ha } (h > 0.25 \text{ m})$



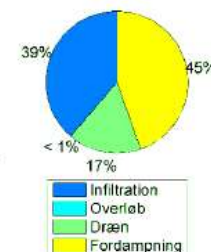
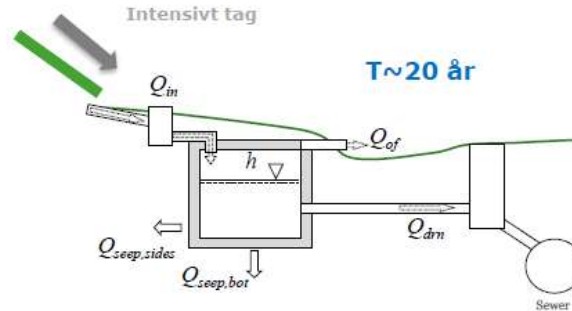
Eksempel 3: regnbede + faskine m. dræn til kloak

$A=100 \text{ m}^2$, $L \text{ fas} = 5 \text{ m}^3 \text{ (ML)}$
 Regnbed, $L=5\text{m}, b=2\text{m}, h=0,2\text{m}$



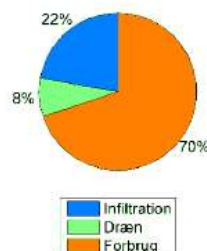
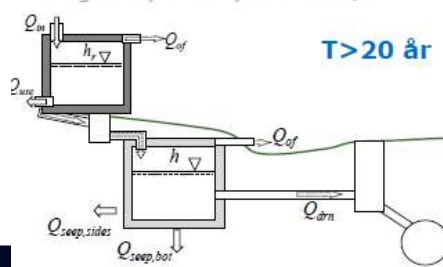
Eksempel 4: Grønt tag + faskine m. dræn til kloak

$A=100 \text{ m}^2$, $L \text{ fas} = 5 \text{ m}^3 \text{ (ML)}$
 Intensivt tag



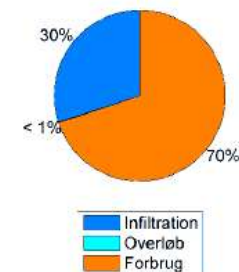
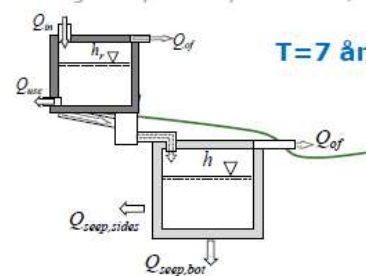
Eksempel 5: regntank + faskine m. dræn til kloak

$A=100 \text{ m}^2$, $L \text{ fas} = 5 \text{ m}^3 \text{ (ML)}$
 Regntank, $V=2\text{m}^3, dem=200 \text{ l/d}$



Eksempel 6: Regntank + faskine

$A=100 \text{ m}^2$, $L \text{ fas} = 5 \text{ m}^3 \text{ (ML)}$
 Regntank, $V=2\text{m}^3, dem=200 \text{ l/d}$

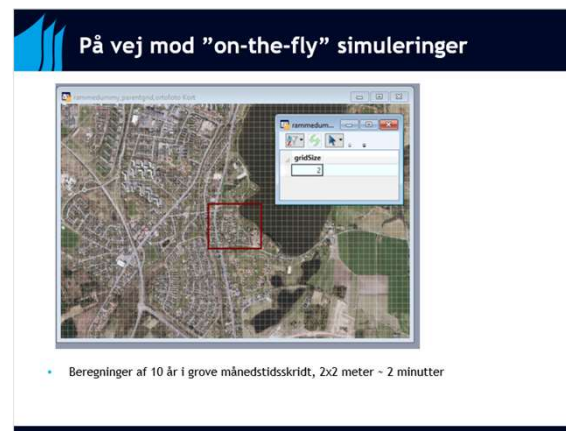
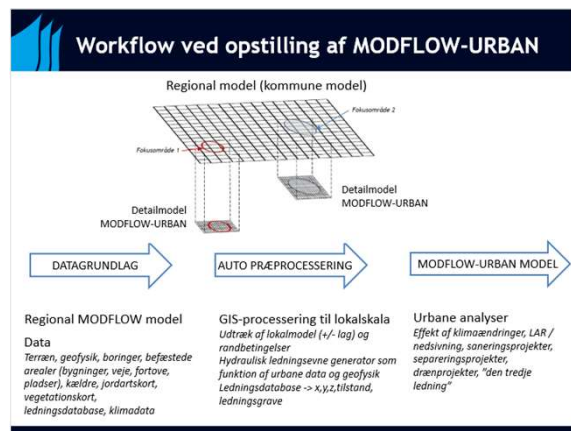
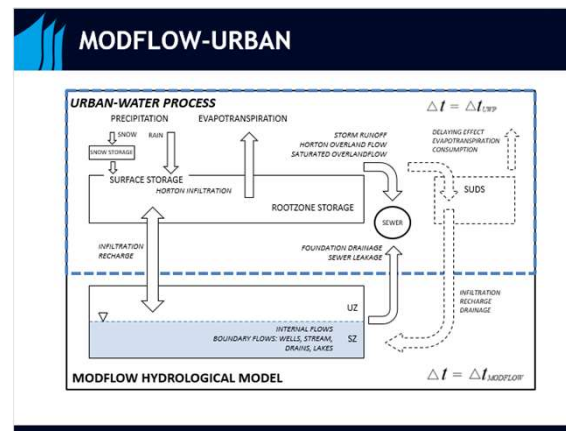
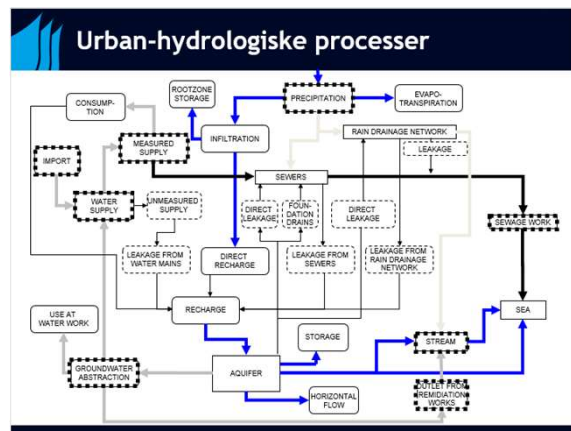




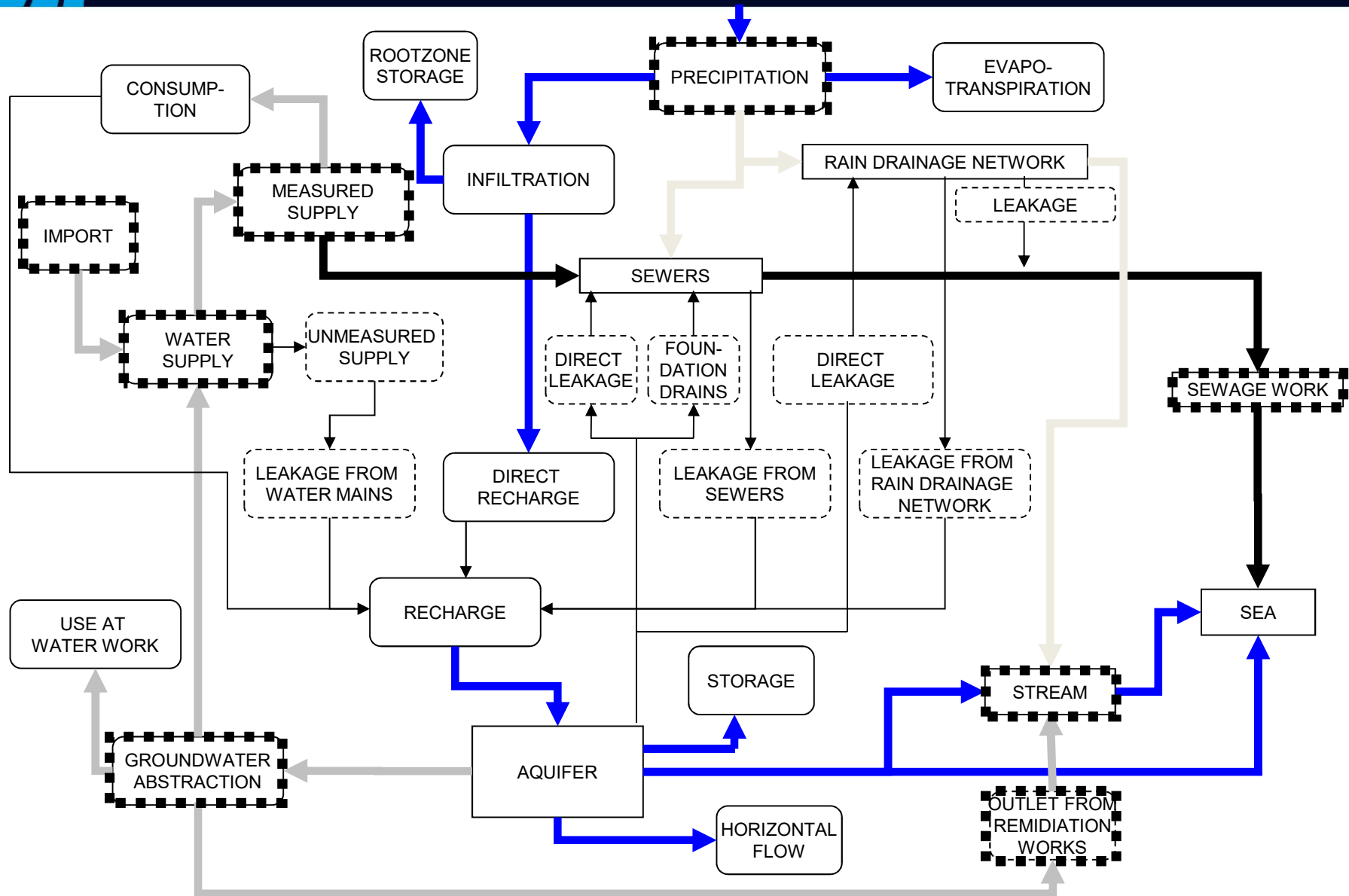
Agenda

- Den urban-hydrologiske model MODFLOW-URBAN
- Eksempler på anvendelse af MODFLOW-URBAN
- Modelstudie fra Skibshus, Odense (tidligere modelkoncept)
- Uvedkommende (grund-)vand i afløbssystemet
- Risvangen projektet (adskillelse og klimatilpasning)

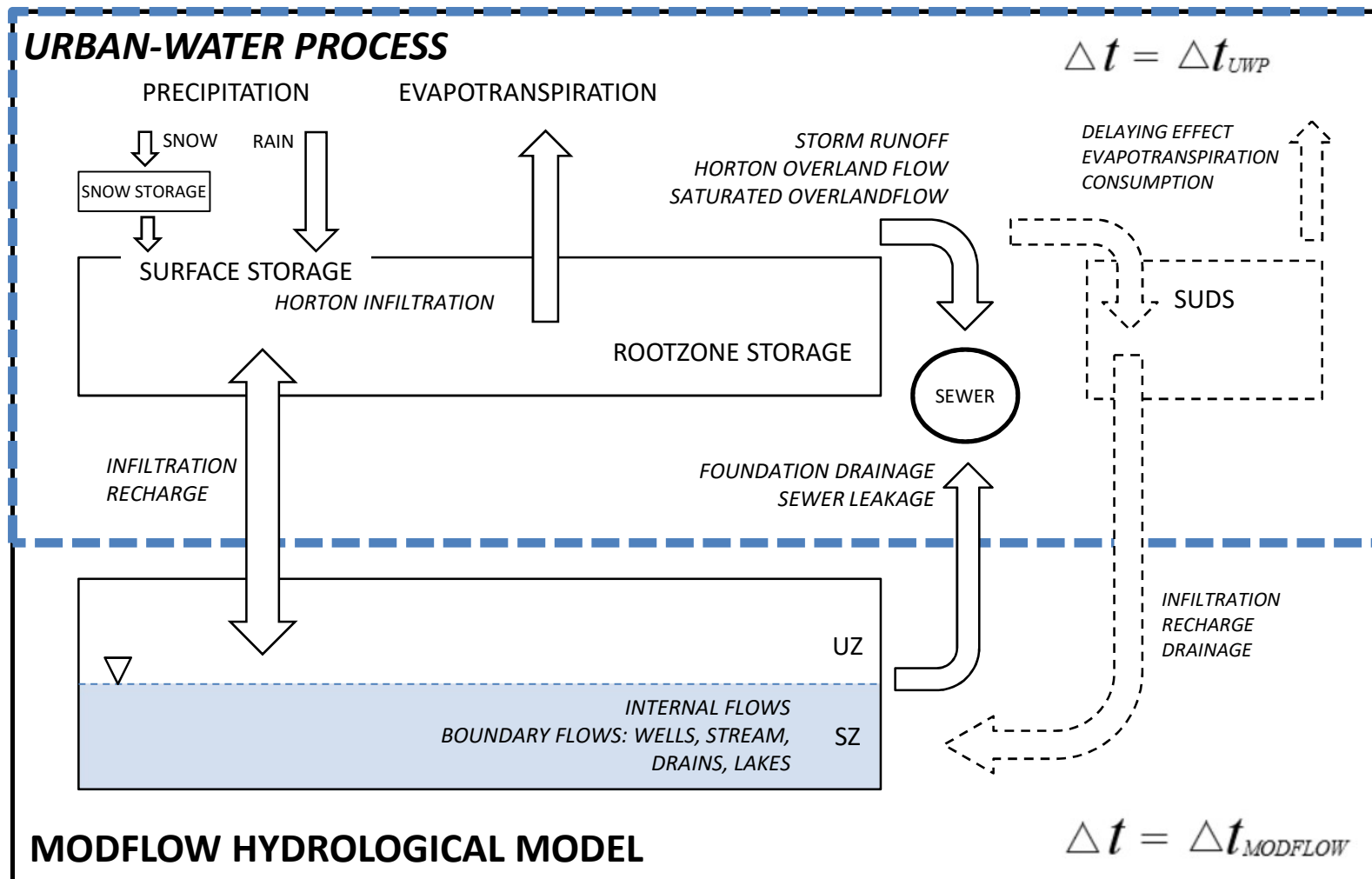
Den urban-hydrologiske model MODFLOW-URBAN



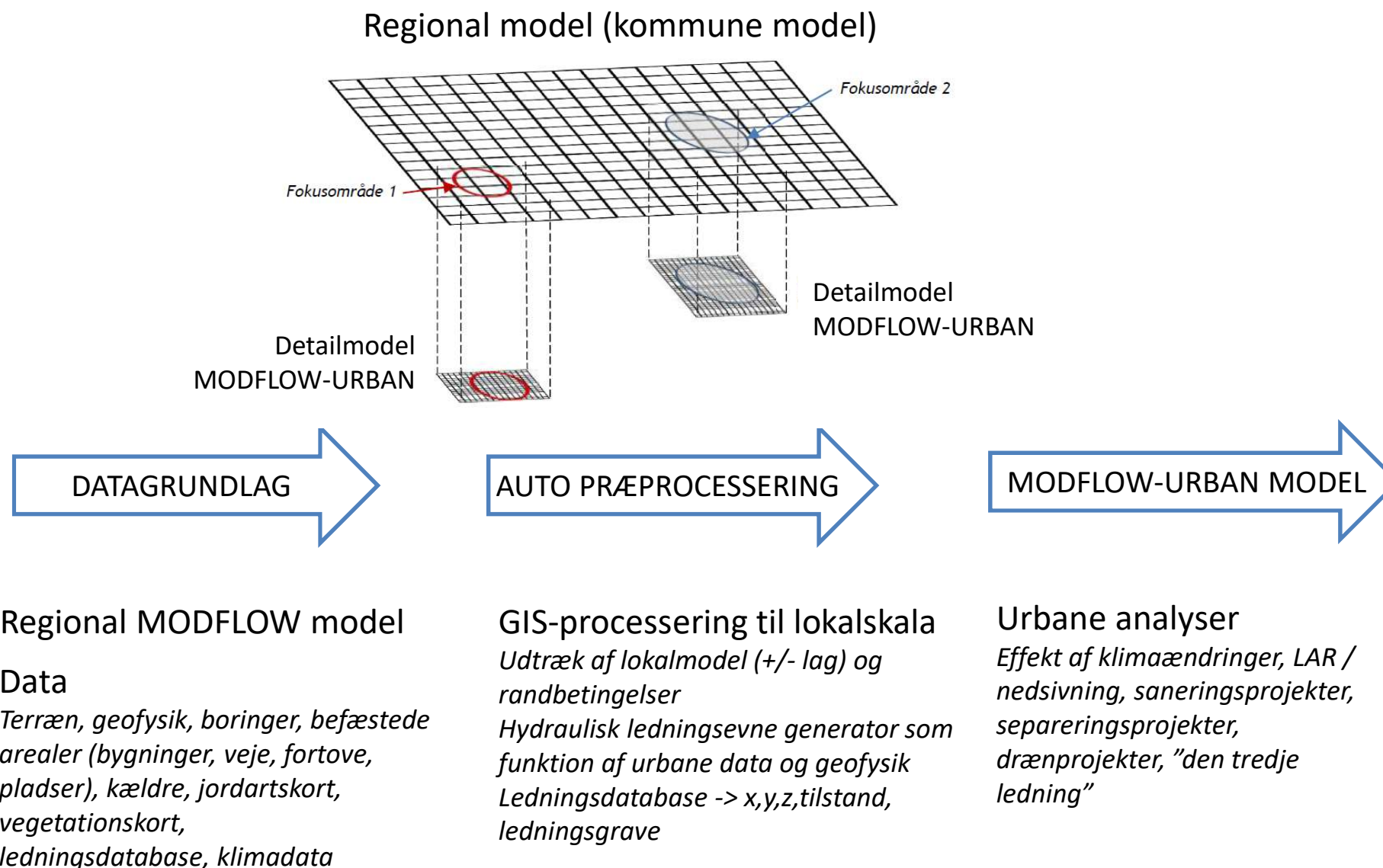
Urban-hydrologiske processor



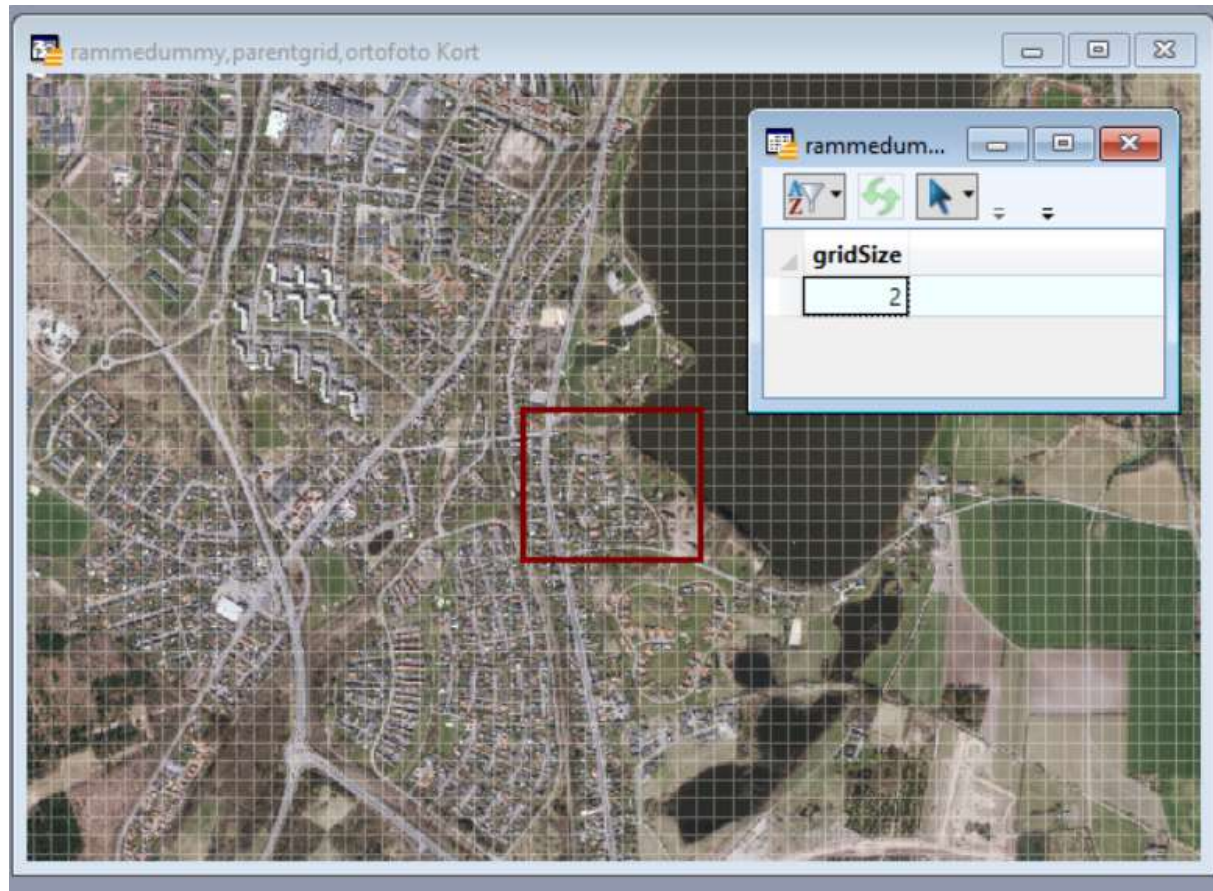
MODFLOW-URBAN



Workflow ved opstilling af MODFLOW-URBAN



På vej mod "on-the-fly" simuleringer



- Beregninger af 10 år i grove månedstidsskridt, 2x2 meter ~ 2 minutter

Eksempel på anvendelse

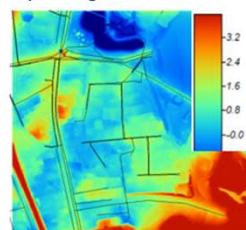
Eksempler på anvendelse af MODFLOW-URBAN - fiktivt scenarie!

- Lavtliggende område på moræner
- Høje kældre
- Fælleskloakeret, saneringsmodent
- Uvedkommende vand
- MODFLOW-URBAN model opstilles på 2x2 meter
- Modellen benyttes til analyse af effekten af saneringsstrategi

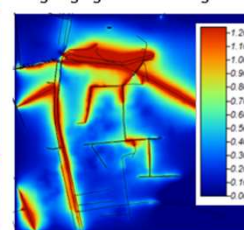


Eksempler på anvendelse af MODFLOW-URBAN - fiktivt scenarie!

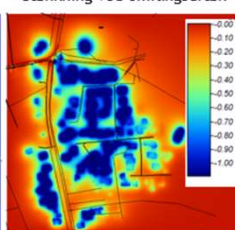
Dybde til gvs



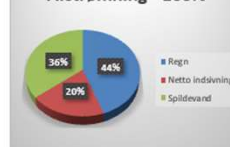
Stigning i gvs ved tætning



Sænkning ved omfangsdræn



Afstrømning - 100%



Afstrømning - 80 %



Afstrømning - 98 %



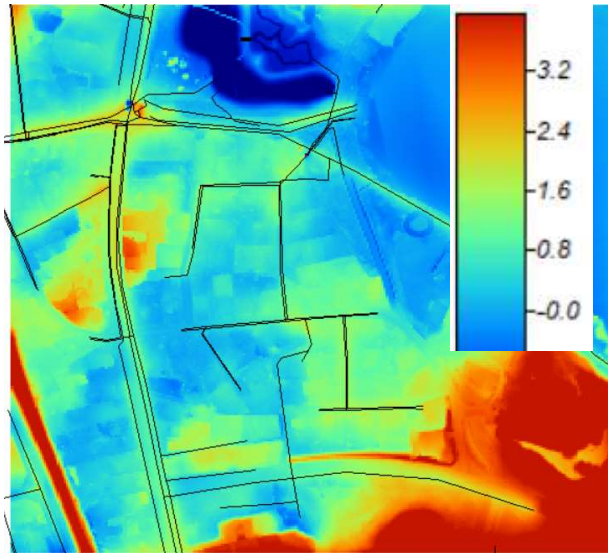
Eksempler på anvendelse af MODFLOW-URBAN - fiktivt scenarie!

- Lavtliggende område på moræneler
- Høje kældre
- Fælleskloakeret, saneringsmodent
- Uvedkommende vand
- MODFLOW-URBAN model opstilles på 2x2 meter
- Modellen benyttes til analyse af effekten af saneringsstrategi

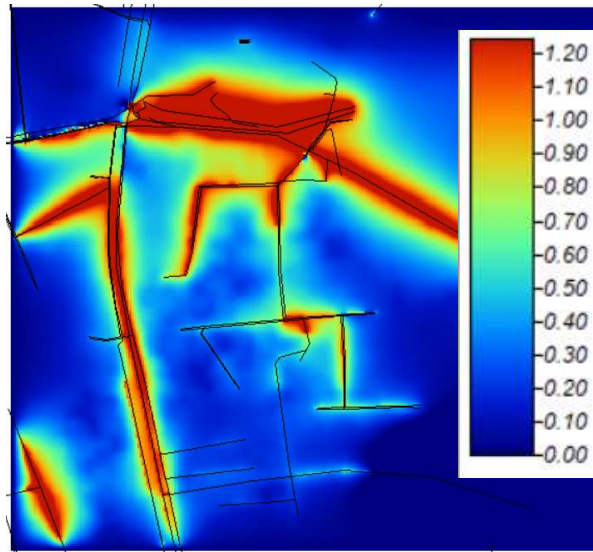


Eksempler på anvendelse af MODFLOW-URBAN - fiktivt scenarie!

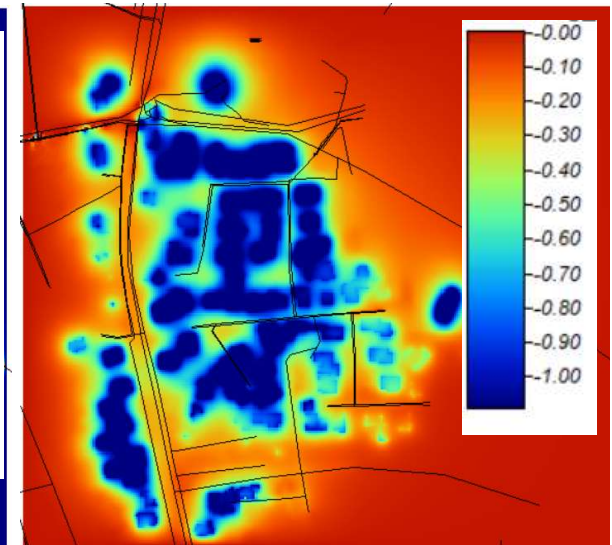
Dybde til gvs



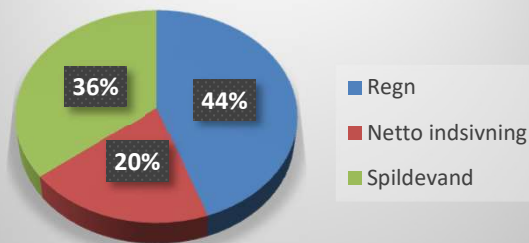
Stigning i gvs ved tætning



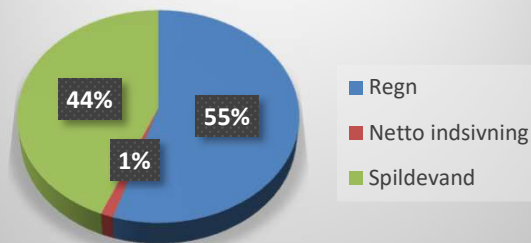
Sænkning ved omfangsdræn



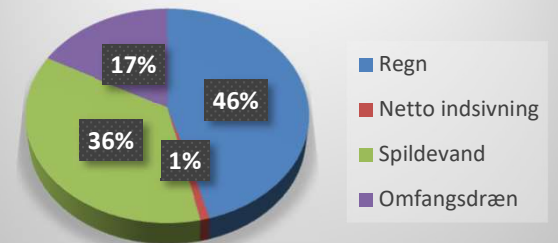
Afstrømning - 100%



Afstrømning - 80 %



Afstrømning - 98 %



Klimaprojekt Skibshus

Et ca. 15 ha fælleskloakeret villaområde er udpeget som pilotområde for implementering af LAR-løsninger.

Målet er 100 % afkobling af regnvand fra den nuværende fælleskloak.

Løsningerne skal anvendes på såvel privat som offentlig grund. Kan omfatte kombineret nedsivnings- og drænanlæg

Valg af løsninger er afhængig af de specifikke forhold omkring det urban-hydrologiske system. **En urban-hydrologisk model** skal danne beslutningsstøtte for valg

ALECTIA



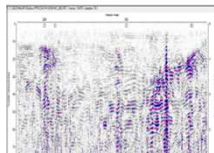
Skibshus kortlægning

Geofysik

EM-målinger af grønne områder



Georadar af vejkanter/ledningsgrave



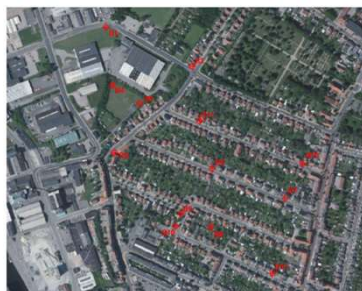
ALECTIA

Infiltrationstest

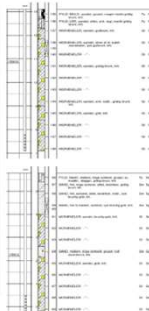


ALECTIA

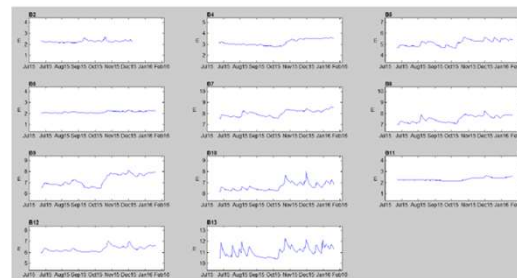
Geotekniske boringer



ALECTIA



Pejlinger

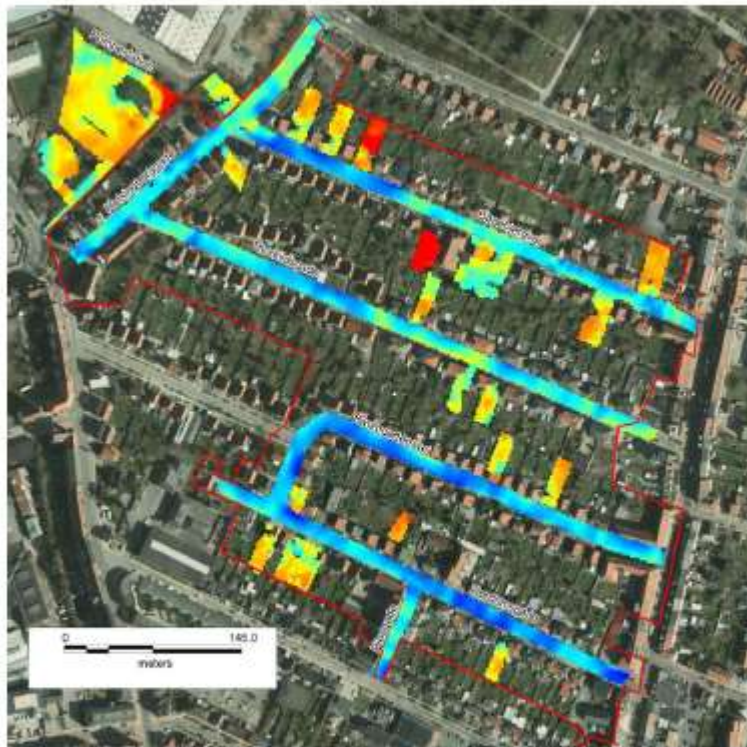


ALECTIA

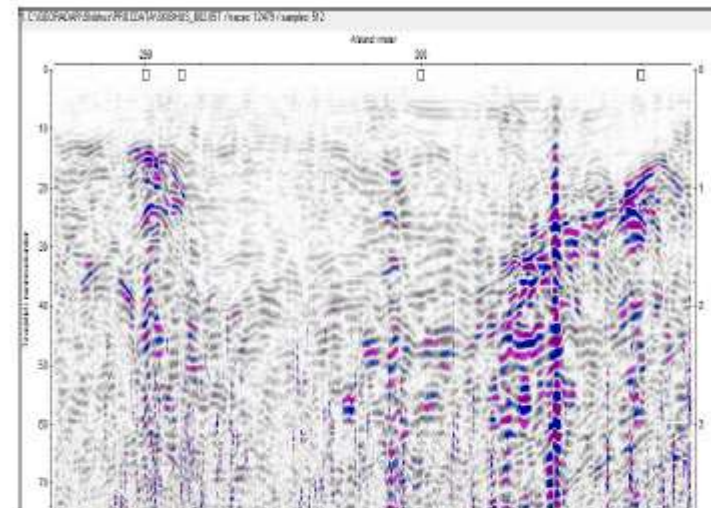


Geofysik

EM-målinger af grønne områder



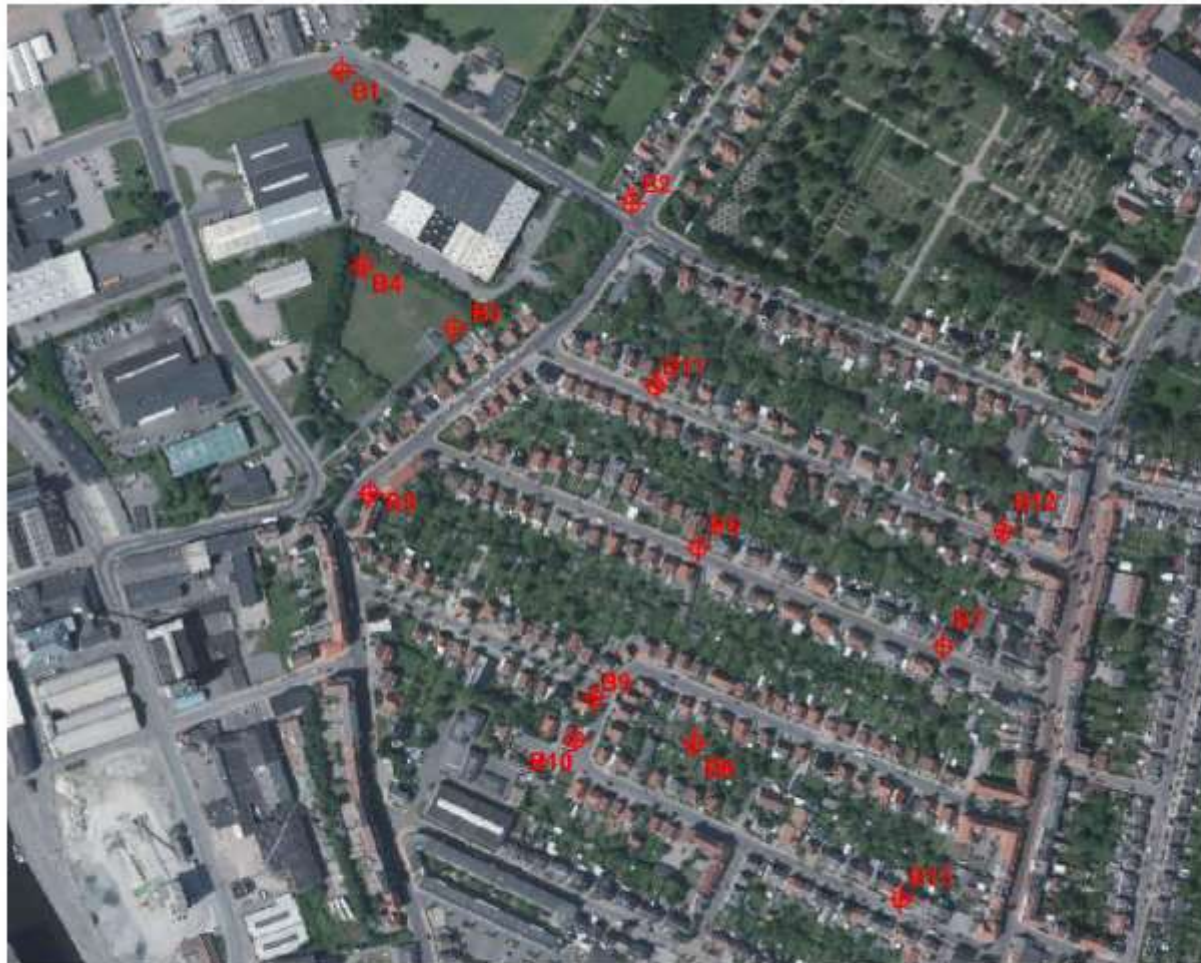
Georadar af vejfasser/ledningsgrave



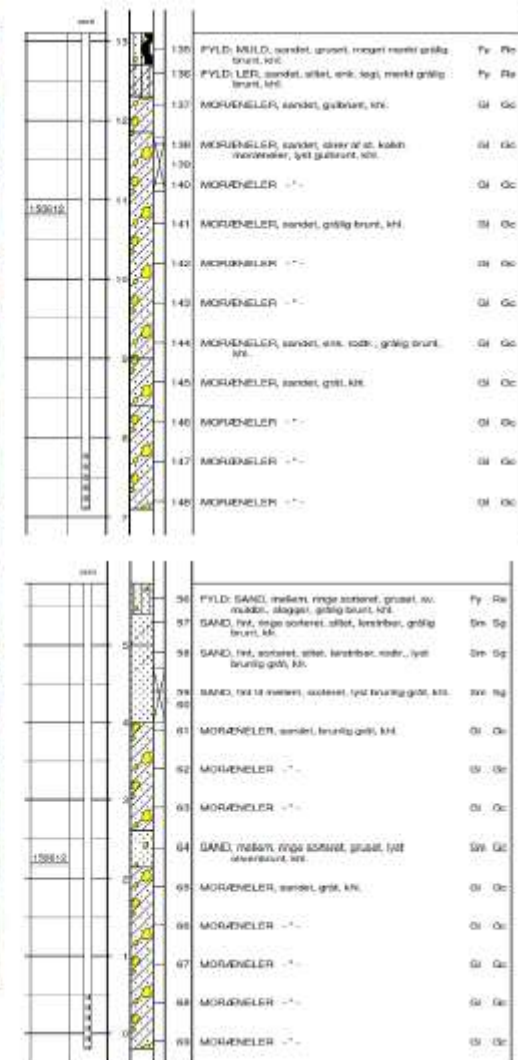
ALECTIA

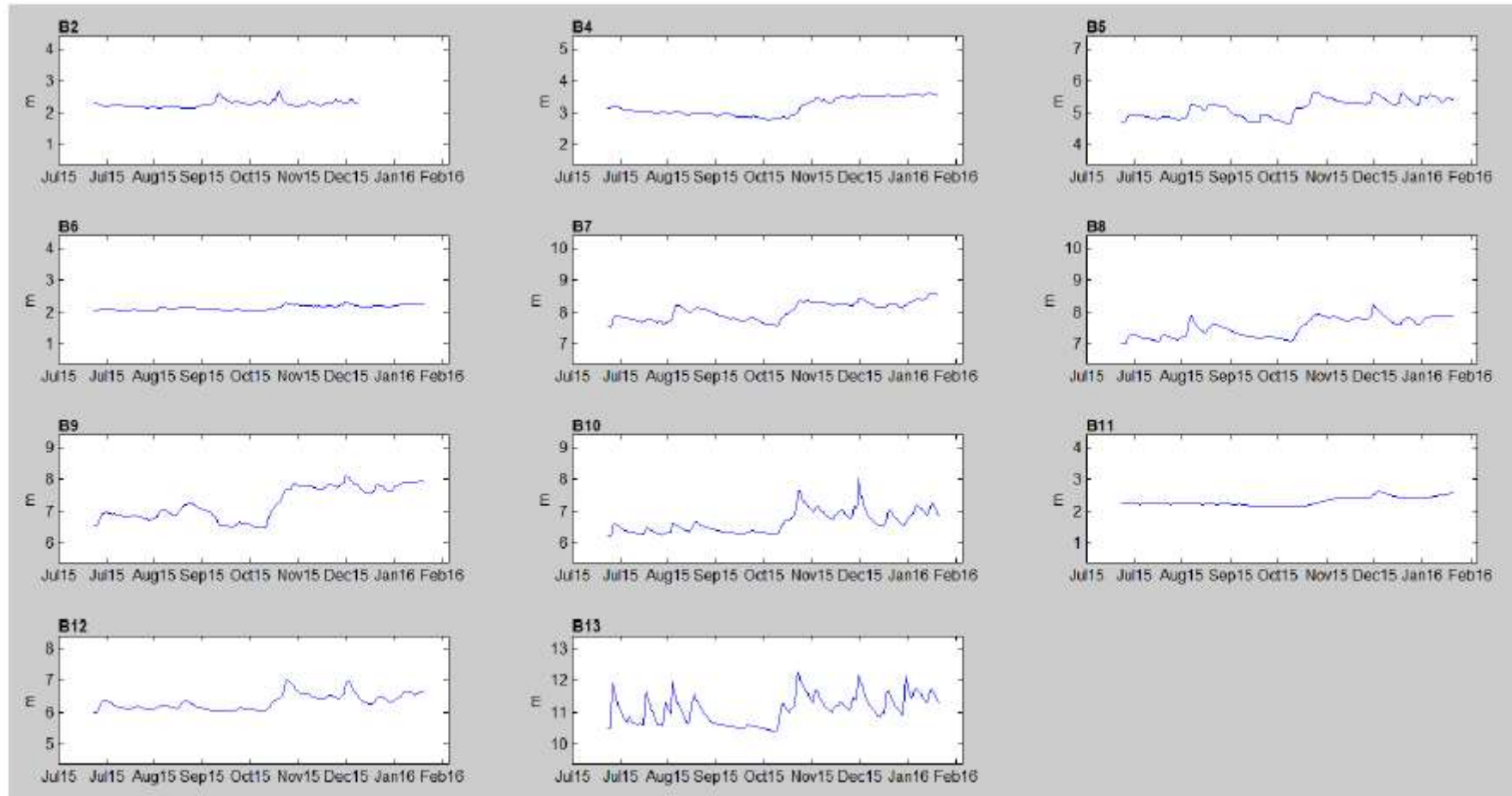


Geotekniske boringer



ALECTIA



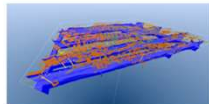


ALECTIA

Skibshus modelopstilling

Hydrogeologisk model

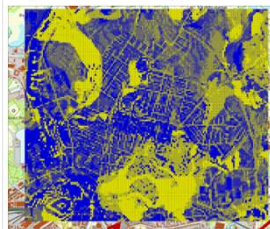
1. Hydrostratigrafisk model (I-GIS)
 - Voxel model med K-værdi fordeling
 - Baseret på terræn, geofysik, boringer, befæstede arealer, bygninger, kældre, jordartskort, forløb af ledningsgrave/kloakker
2. Arealanv. / befæstede arealer
 - Bygninger
 - Veje
 - Fortove
 - Pladser
3. Fordeling af omfangsdræn og kloakker
3. Klimadata (1990-2016)
 - SVK-nedbor fra Odense Vandværk
 - EP, temperatur



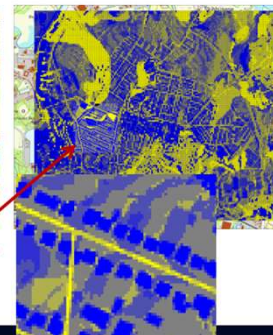
ALECTIA

Numerisk diskretisering

Hydraulisk ledningsevne



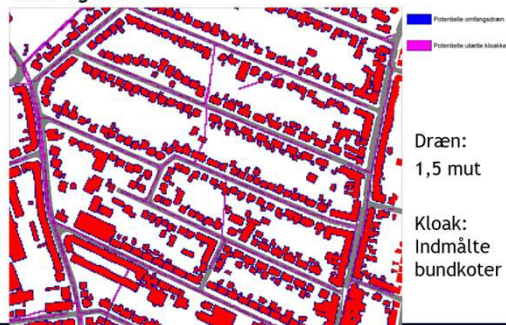
Parent model
20 x 20 m



Child model
2 x 2 m

Omfangsdræn og kloakker

Dræn og kloakker



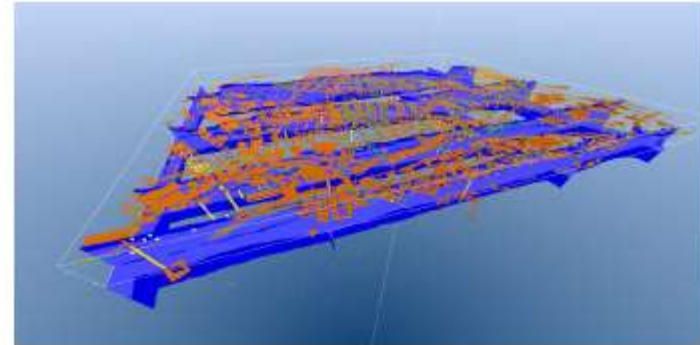
Dræn:
1,5 mut

Kloak:
Indmålte
bundkoter



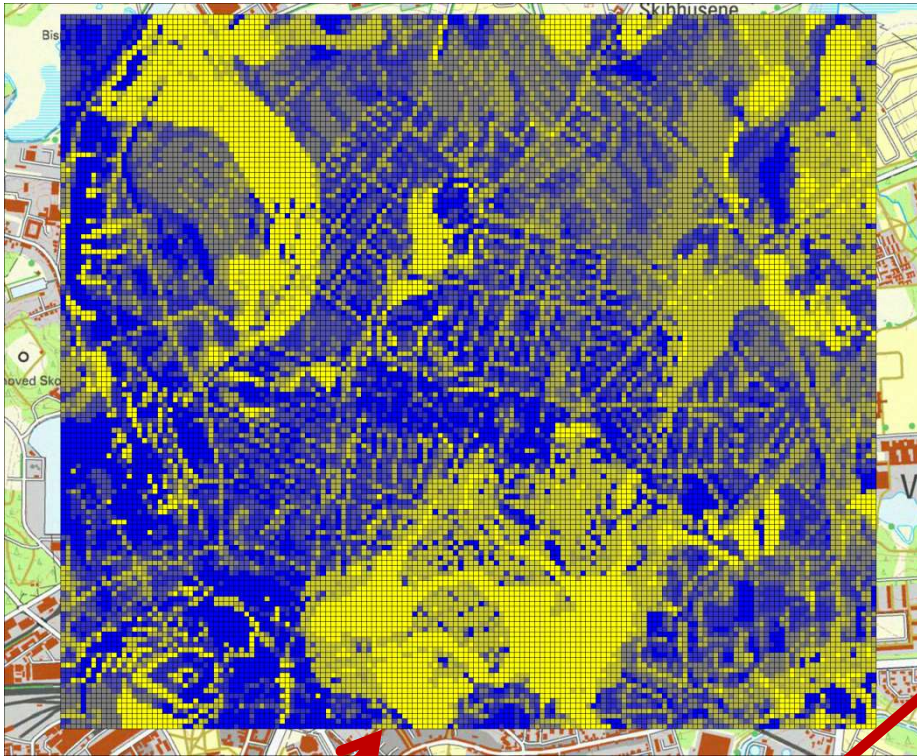
Hydrogeologisk model

1. Hydrostratigrafisk model (I-GIS)
 - Voxel model med K-værdi fordeling
 - Baseret på terræn, geofysik, boringer, befæstede arealer, bygninger, kældre, jordartskort, forløb af ledningsgrave/kloakker
2. Arealanv. / befæstede arealer
 - Bygninger
 - Veje
 - Fortove
 - Pladser
3. Fordeling af omfangsdræn og kloakker
3. Klimadata (1990-2016)
 - SVK-nedbør fra Odense Vandværk
 - EP, temperatur

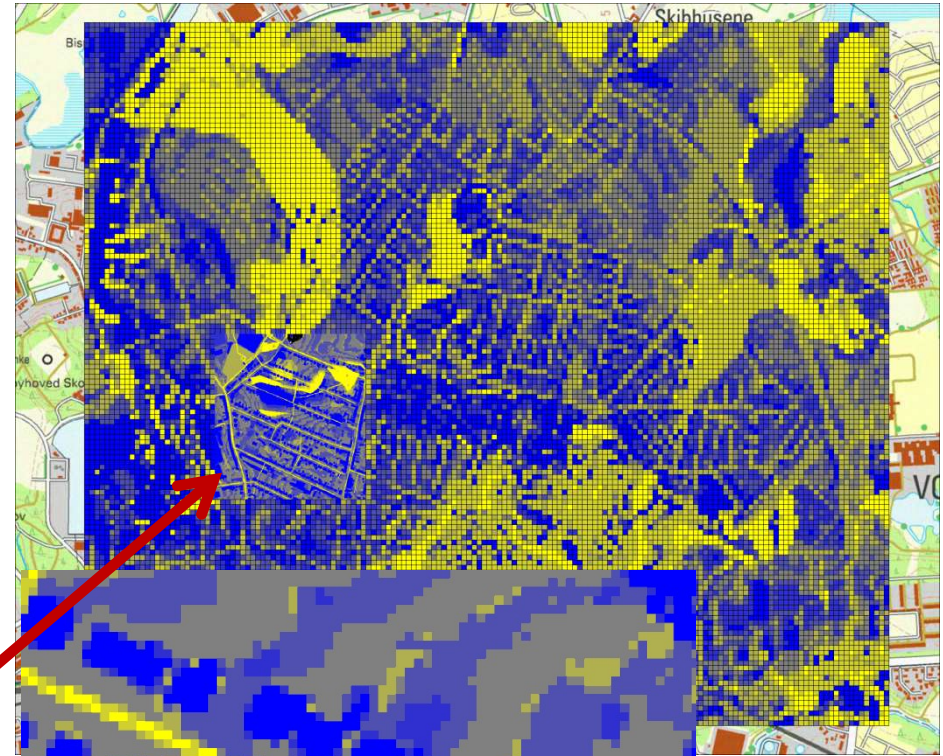


Numerisk diskretisering

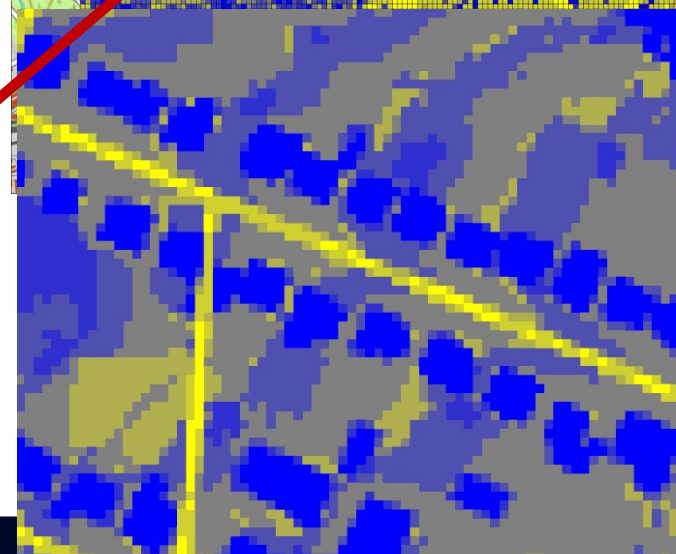
Hydraulisk ledningsevne



Parent model
20 x 20 m



Child model
2 x 2 m



Omfangsdræn og kloakker

Dræn og kloakker



Potentielle omfangsdræn

Potentielle utætte kloakker

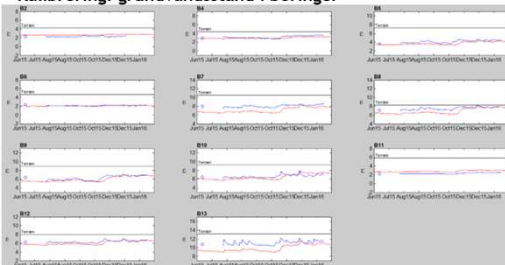
Dræn:
1,5 mut

Kloak:
Indmålte
bundkoter

Skibshus kalibrering

Kalibrering mod pejlinger

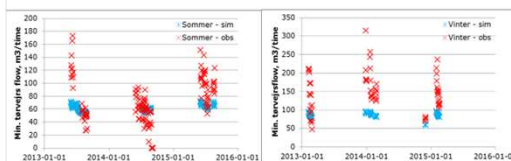
Kalibrering: grundvandsstand i boringer



Kalibrering mod flow

Kalibrering: flow til pumpestation (minimumsflow)

Simuleret uvekkommende (grund-)vand sammenlignes med målte nat-flowværdier (kl. 5)

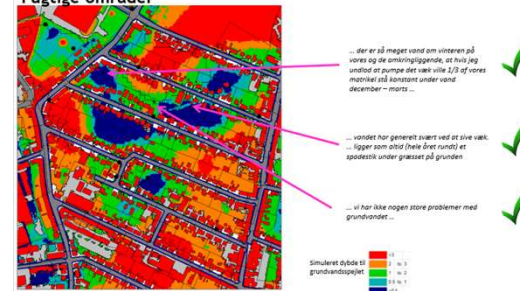


Minimumsflow, sommer er 50-70 m³/time

Minimumsflow, vinter er 70-100 m³/time

Kalibrering mod "borger-viden"

Fugtige områder



Klimaprojekt Skibshus

Kort over simuleret afstrømning til kloak



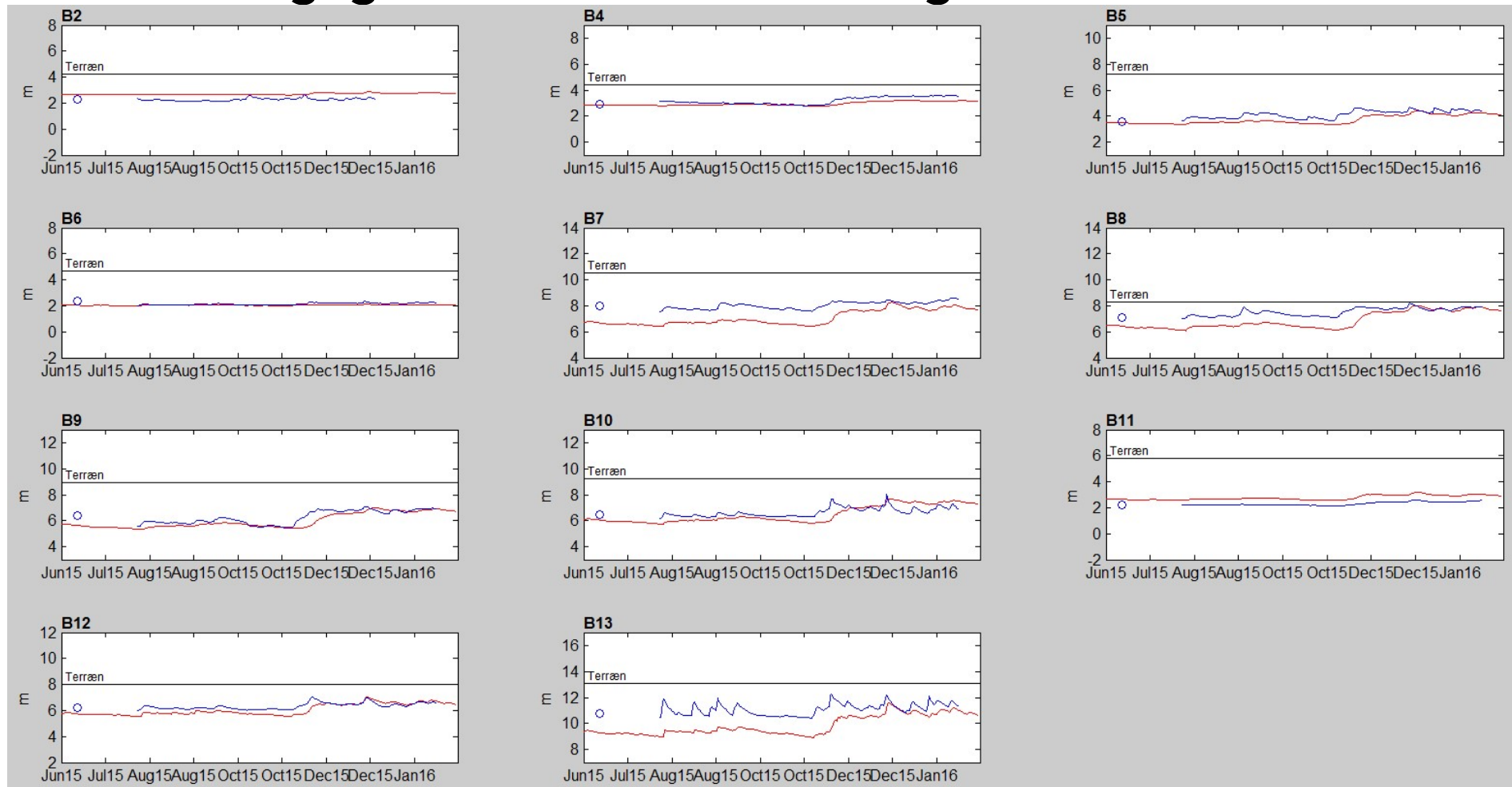
Klimaprojekt Skibshus

Kort over simuleret drænaflow



Kalibrering mod pejlinger

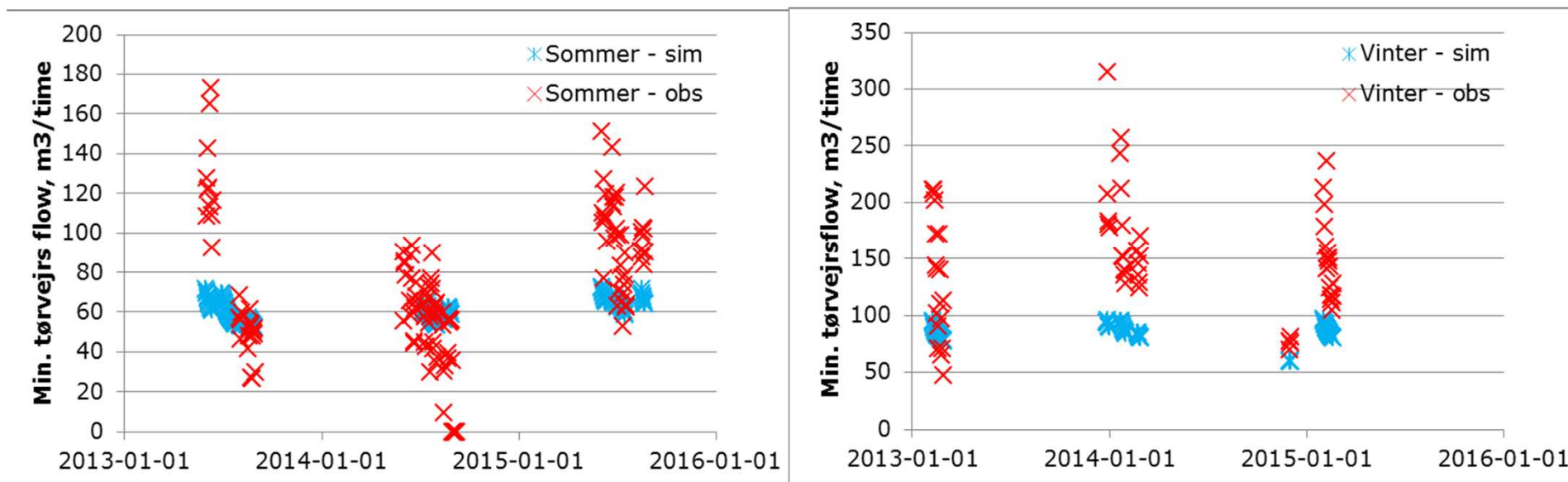
Kalibrering: grundvandsstand i boringer



Kalibrering mod flow

Kalibrering: flow til pumpestation (minimumsflow)

Simuleret uvedkommende (grund-)vand sammenlignes med målte nat-flowværdier (kl. 5)

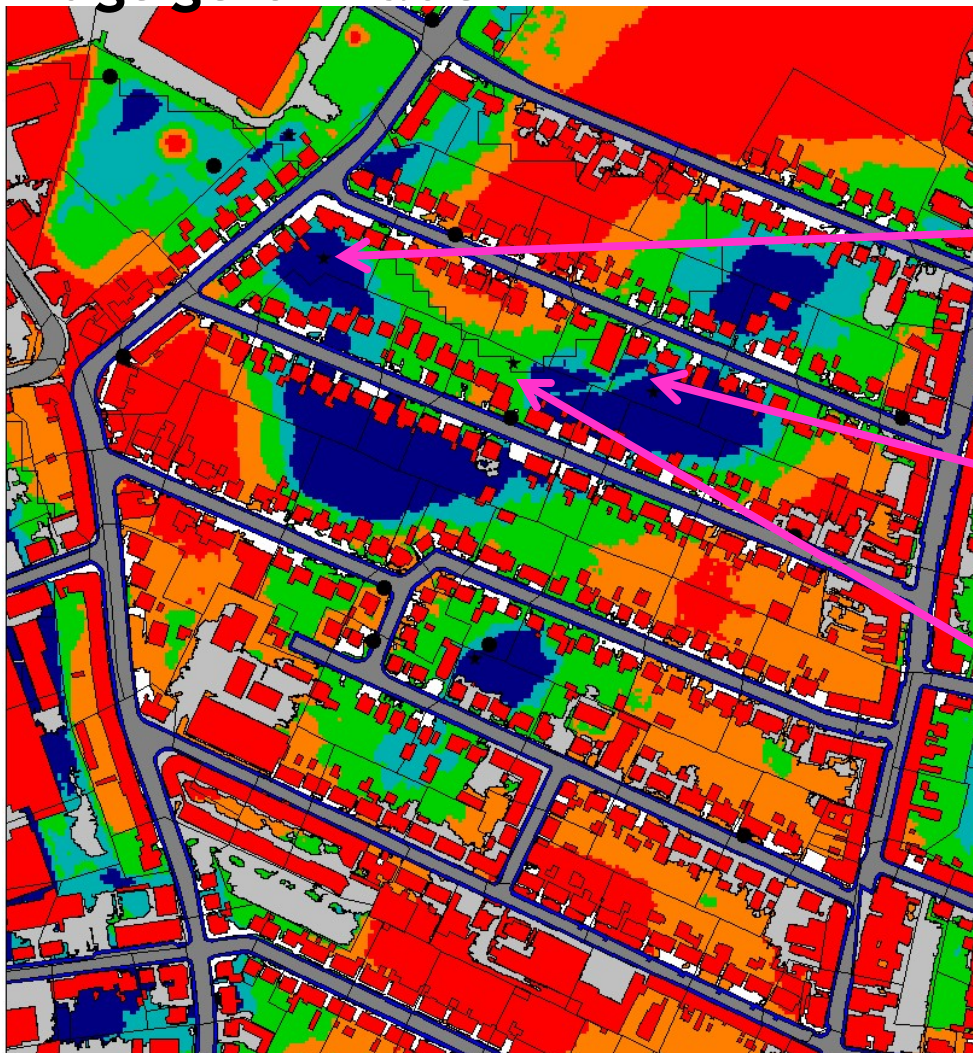


Minimumsflow, sommer er 50-70 m3/time

Minimumsflow, vinter er 70-100 m3/time

Kalibrering mod "borger-viden"

Fugtige områder



... der er så meget vand om vinteren på vores og de omkringliggende, at hvis jeg undlod at pumpe det væk ville 1/3 af vores matrikel stå konstant under vand december – marts ...



... vandet har generelt svært ved at sive væk.
... ligger som altid (hele året rundt) et spadestik under græsset på grunden



... vi har ikke nogen store problemer med grundvandet ...



Simuleret dybde til grundvandsspejlet

Red	>3
Orange	2 to 3
Green	1 to 2
Light Blue	0.5 to 1
Dark Blue	<0.5

Klimaprojekt Skibshus

Kort over simuleret afstrømning til kloak

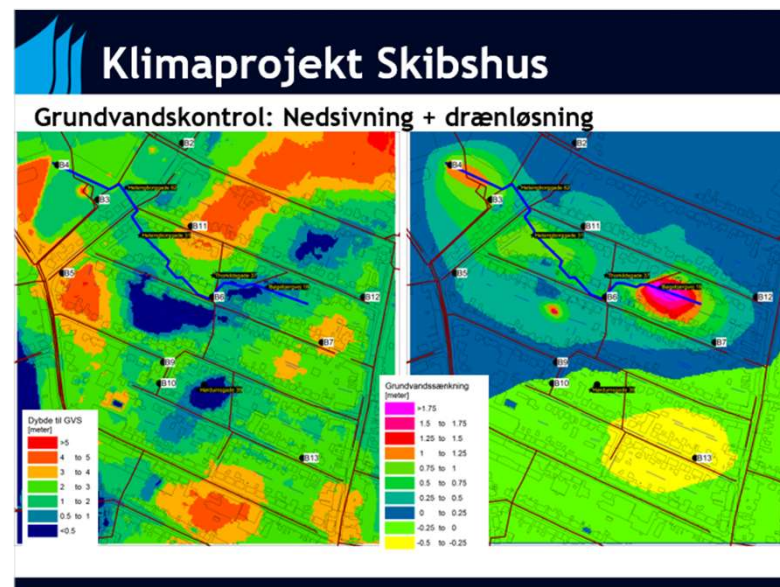
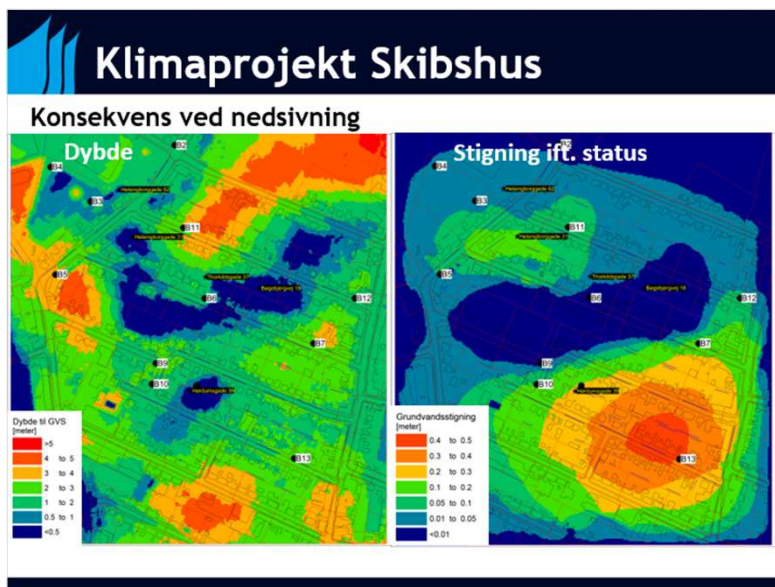


Klimaprojekt Skibshus

Kort over simuleret drænaflowstrømning

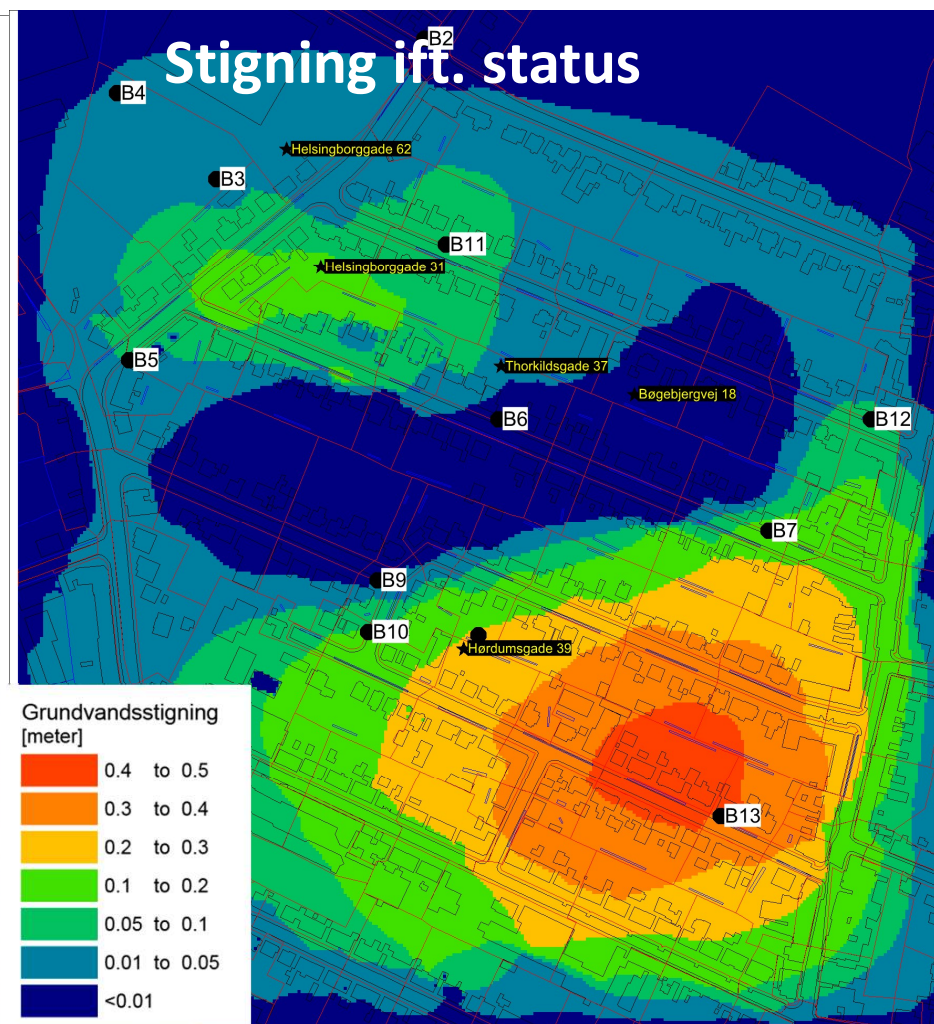
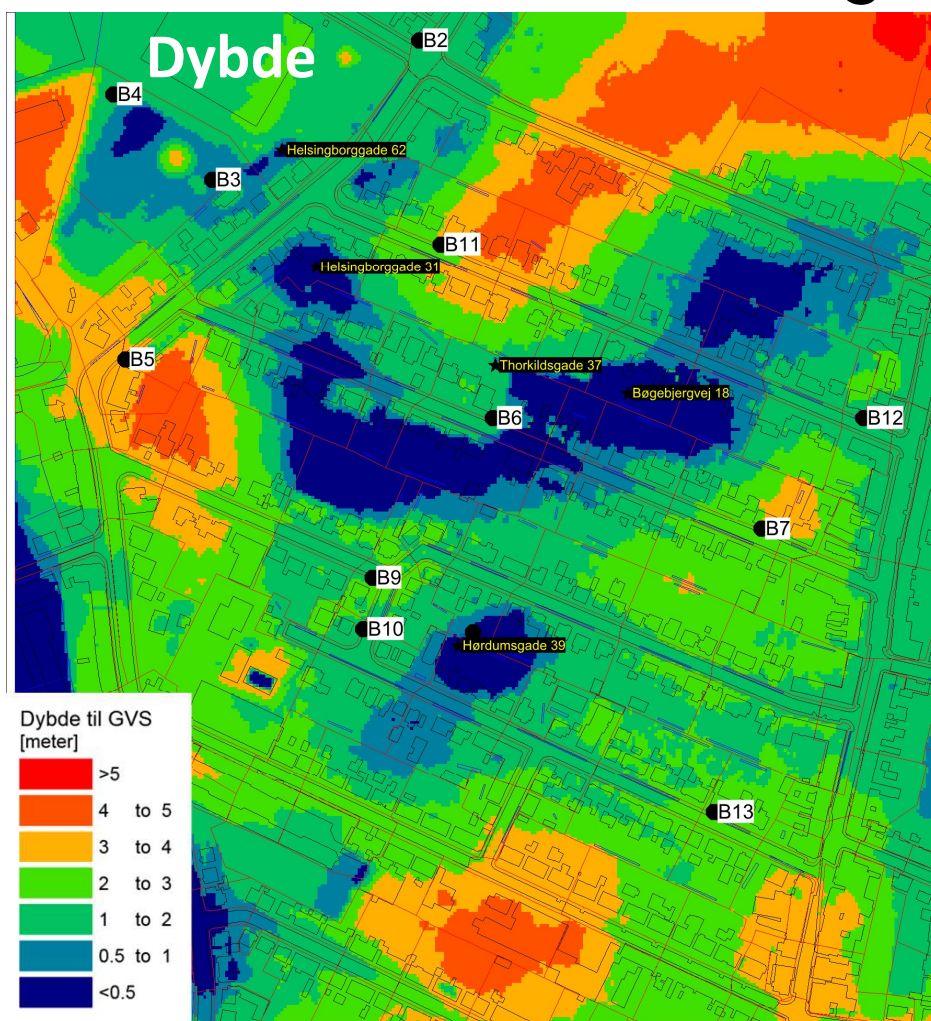


Skibshus scenarier



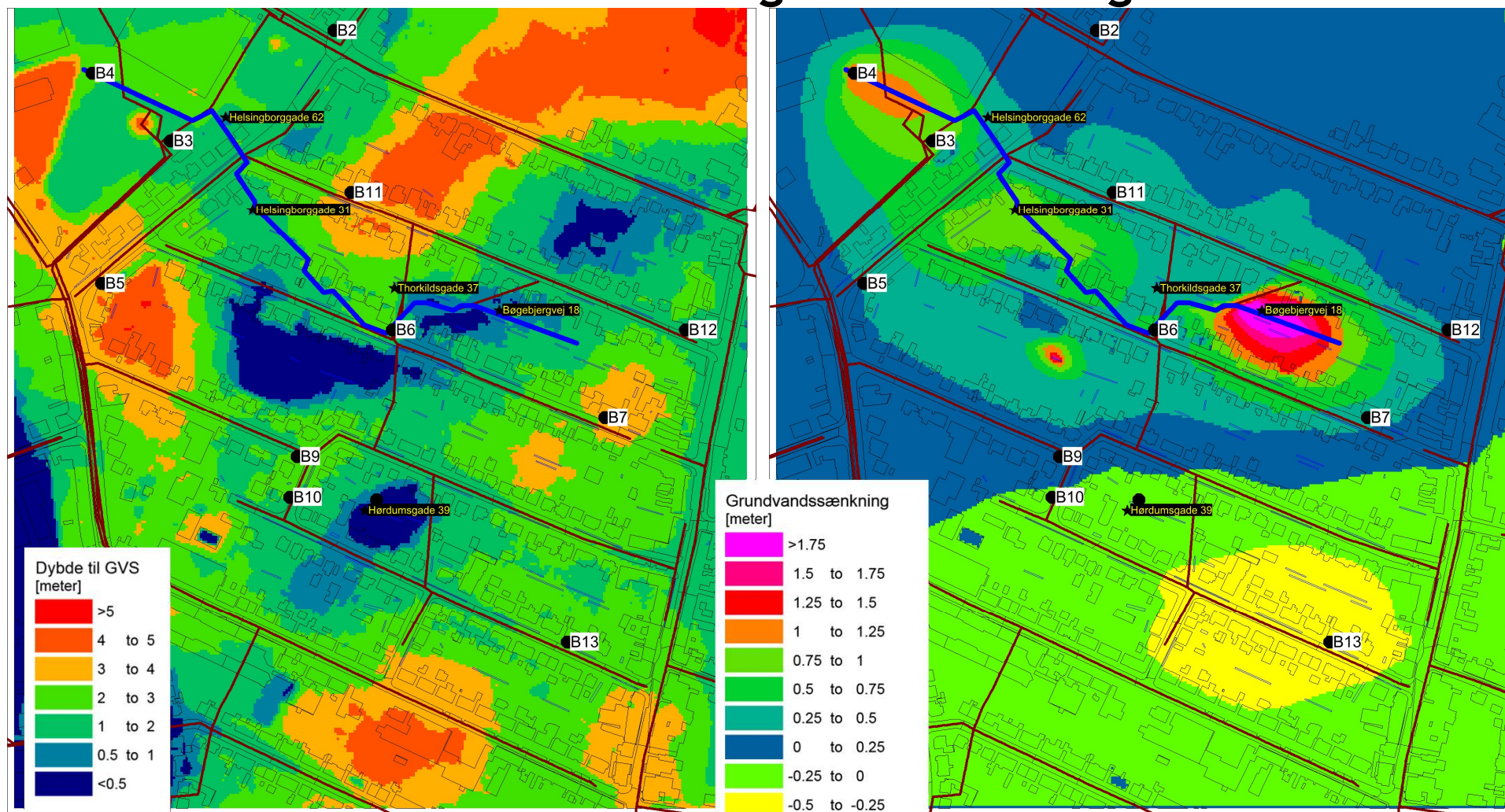
Klimaprojekt Skibshus

Konsekvens ved nedsivning



Klimaprojekt Skibshus

Grundvandskontrol: Nedsivning + drænløsning



Uvedkommende vand



Mængder på nationalt niveau:

Totalt: 250 mio. m³/år (1/3 af årsmængden på renseanlæg)

Markdræn: 113 mio. m³/år (1/2 af UV)

Økonomiske konsekvenser:

Merudgifter til pumpning og rensning på ca. 500 mio. kr/år

Dertil omkostninger til større dimensionering ved nyanlæg.

Miljømæssige konsekvenser:

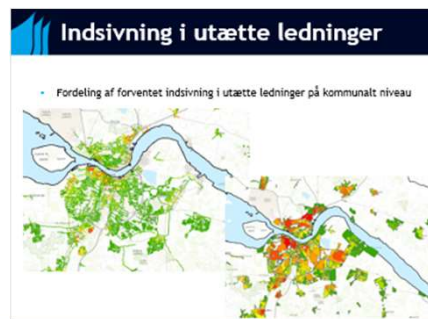
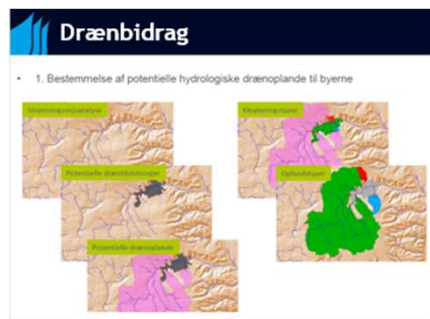
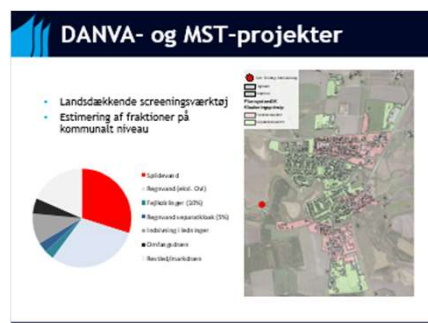
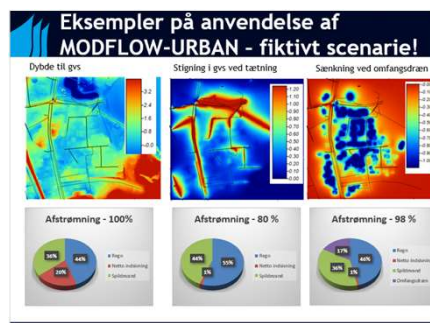
Overløb – mindre plads i rør, større udledning af næringstoffer, energiforbrug til rensning og pumpning, flere oversvømmelser

Konsekvenser ved fjernelse af uvedkommende vand:

Svovlbrinte, øget behov for spuling af rør, fungerer som dræn – tætte rør kan give problemer med højtstående grundvand

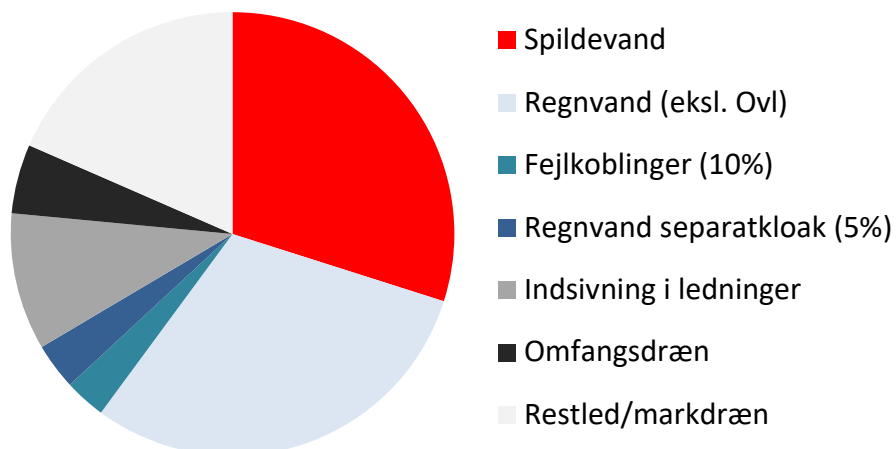
Tiltag til nedbringelse af uvedkommende vand:

Strømpeforing, fjernelse af etagebrønde, fjernelse af fejlkoblinger, separatkloakering, fjernelse af punktkilder.



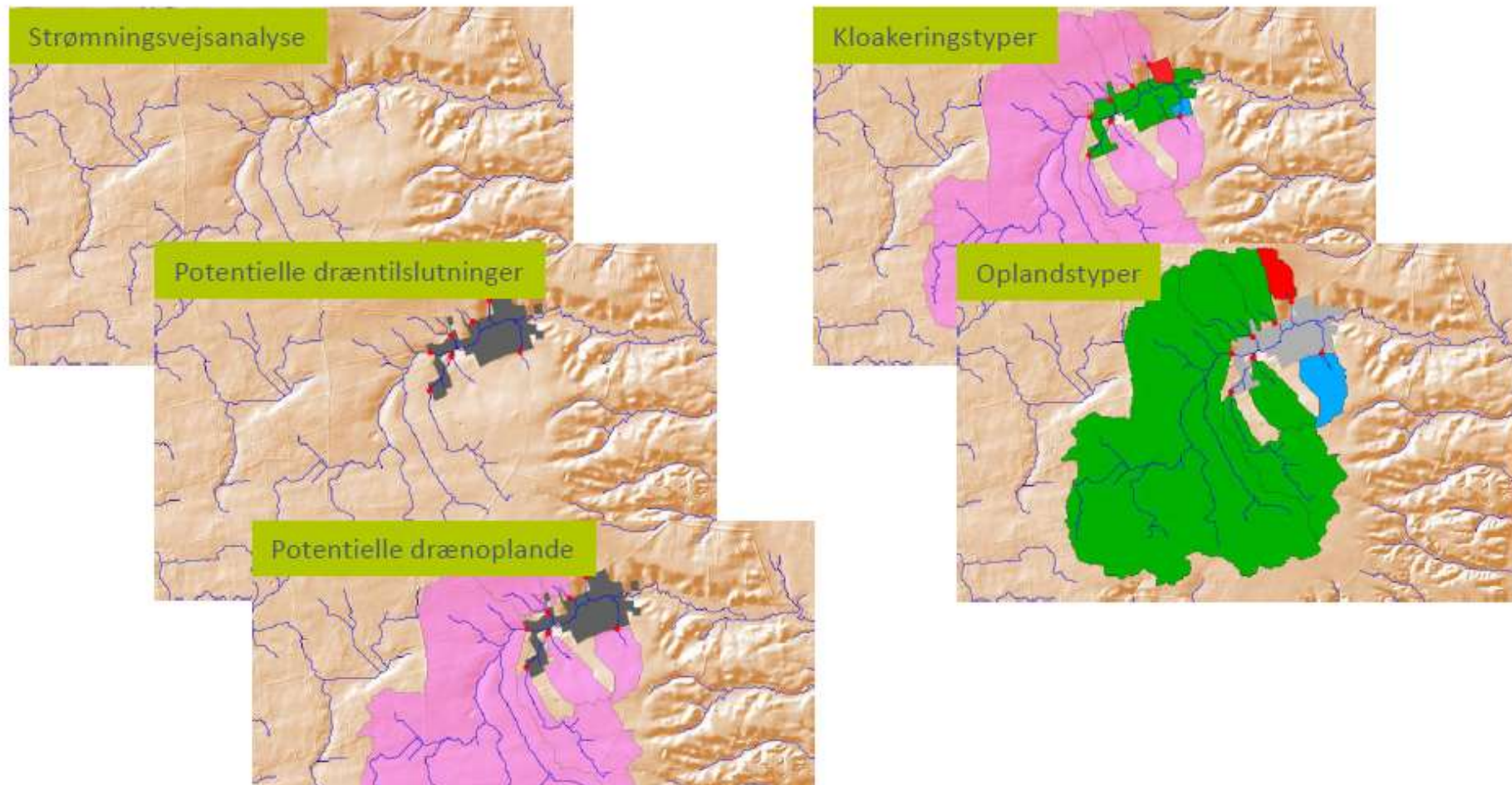
DANVA- og MST-projekter

- Landsdækkende screeningsværktøj
- Estimering af fraktioner på kommunalt niveau



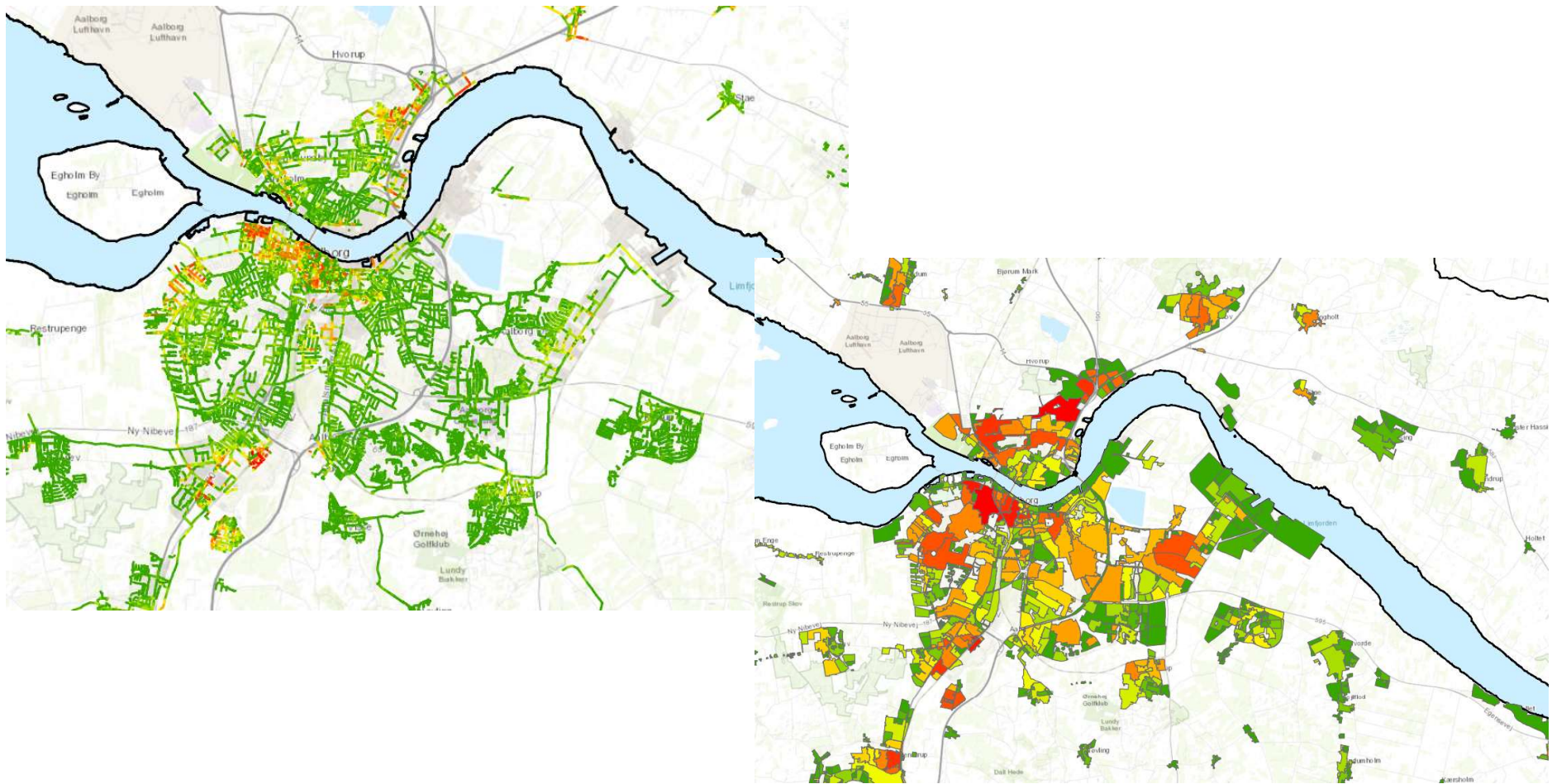
Drænbidrag

- 1. Bestemmelse af potentielle hydrologiske drænoplande til byerne

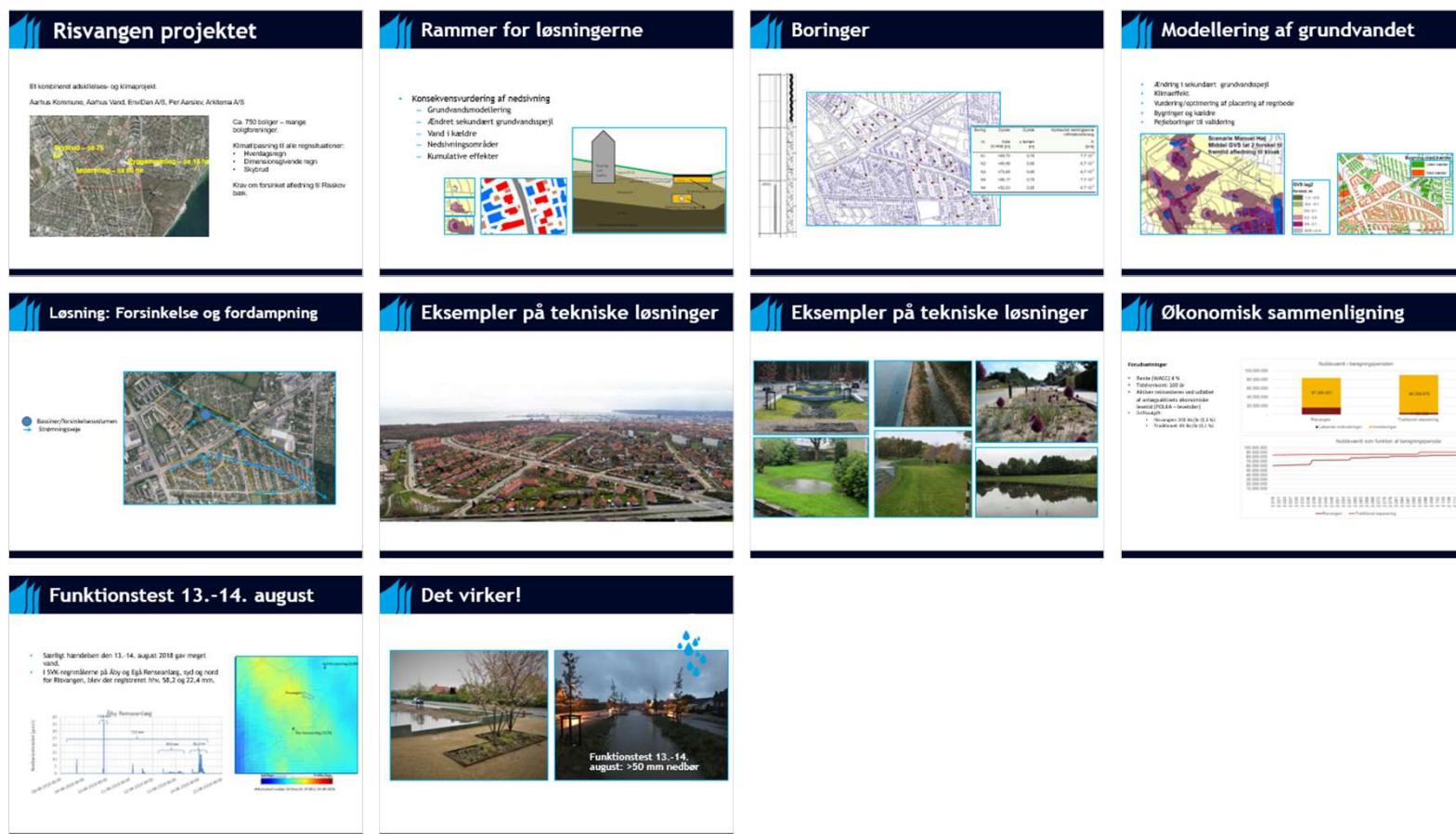


Indsivning i utætte ledninger

- Fordeling af forventet indsivning i utætte ledninger på kommunalt niveau



Risvangen projektet (adskillelse og klimatilpasning)



Risvangen projektet

Et kombineret adskillelses- og klimaprojekt.

Aarhus Kommune, Aarhus Vand, EnviDan A/S, Per Aarslev, Arkitema A/S



Ca. 750 boliger – mange boligforeninger.

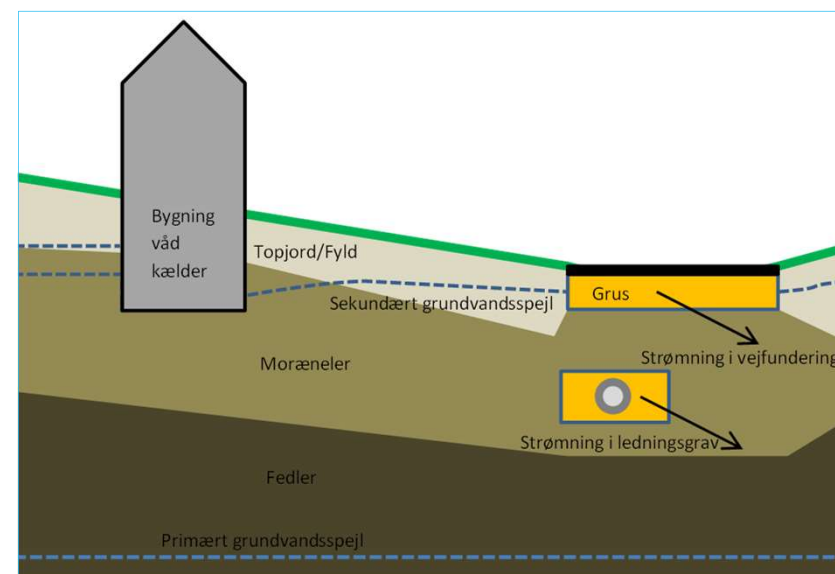
Klimatilpasning til alle regnsituationer:

- Hverdagsregn
- Dimensionsgivende regn
- Skybrud

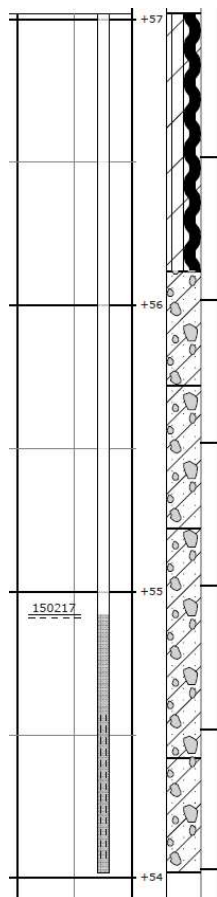
Krav om forsinket afledning til Risskov bæk.

Rammer for løsningerne

- Konsekvensvurdering af nedsivning
 - Grundvandsmodellering
 - Ændret sekundært grundvandsspejl
 - Vand i kældre
 - Nedsivningsområder
 - Kumulative effekter



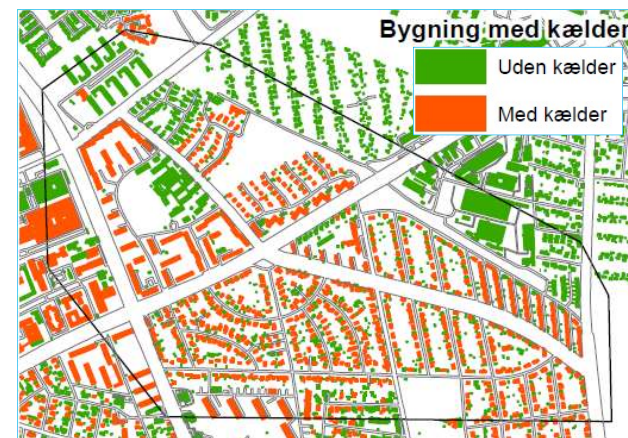
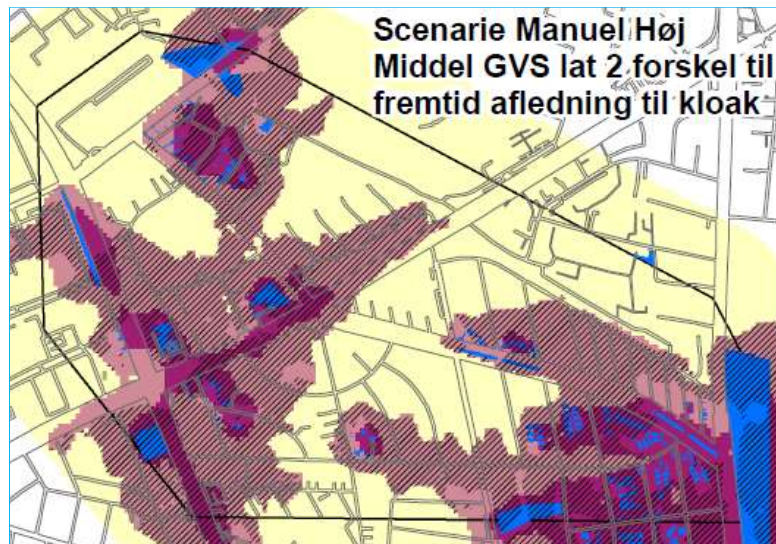
Boringer



Boring	Dybde	Dybde	Hydraulisk ledningsevne
nr.	Kote DVR90 [m]	u terræn [m]	Infiltrationsforsøg K [m/s]
N1	+69,73	0,70	$7,7 \cdot 10^{-5}$
N2	+65,58	0,80	$6,7 \cdot 10^{-5}$
N3	+73,65	0,80	$6,7 \cdot 10^{-5}$
N5	+58,17	0,70	$7,7 \cdot 10^{-5}$
N4	+52,03	0,80	$6,7 \cdot 10^{-5}$

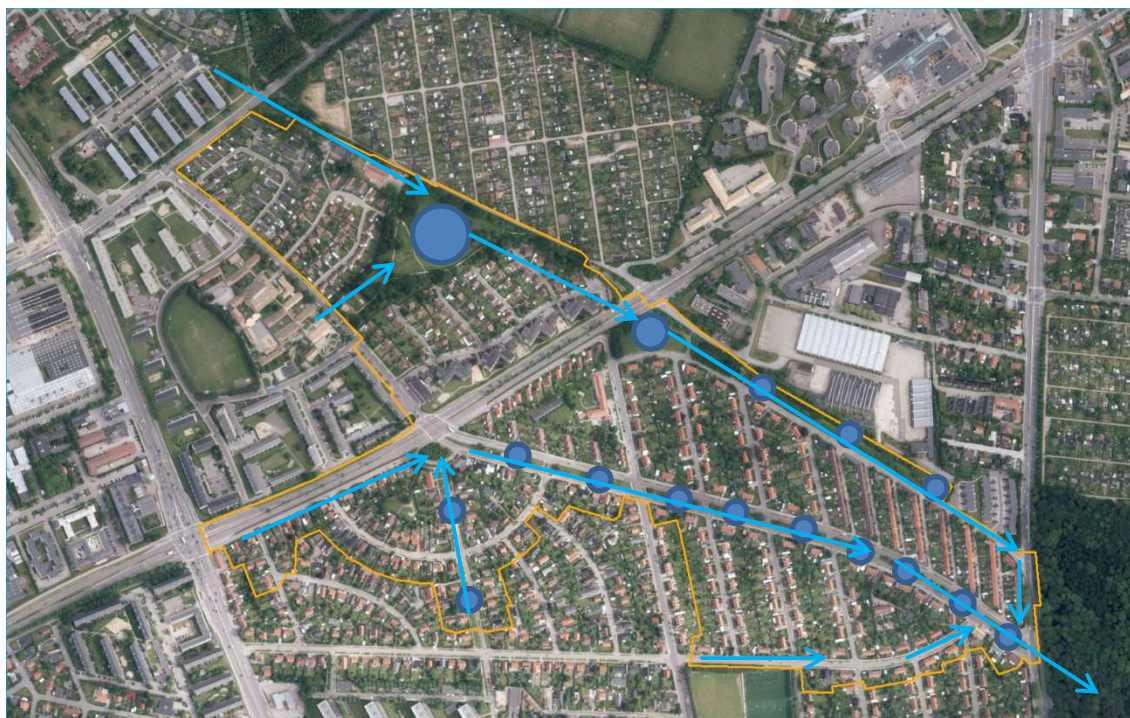
Modellering af grundvandet

- Ændring i sekundært grundvandsspejl
- Klimaeffekt
- Vurdering/optimering af placering af regnbede
- Bygninger og kældre
- Pejleboringer til validering



Løsning: Forsinkelse og fordampning

- Bassiner/forsinkelsesvolumen
- Strømningsveje



Eksempler på tekniske løsninger



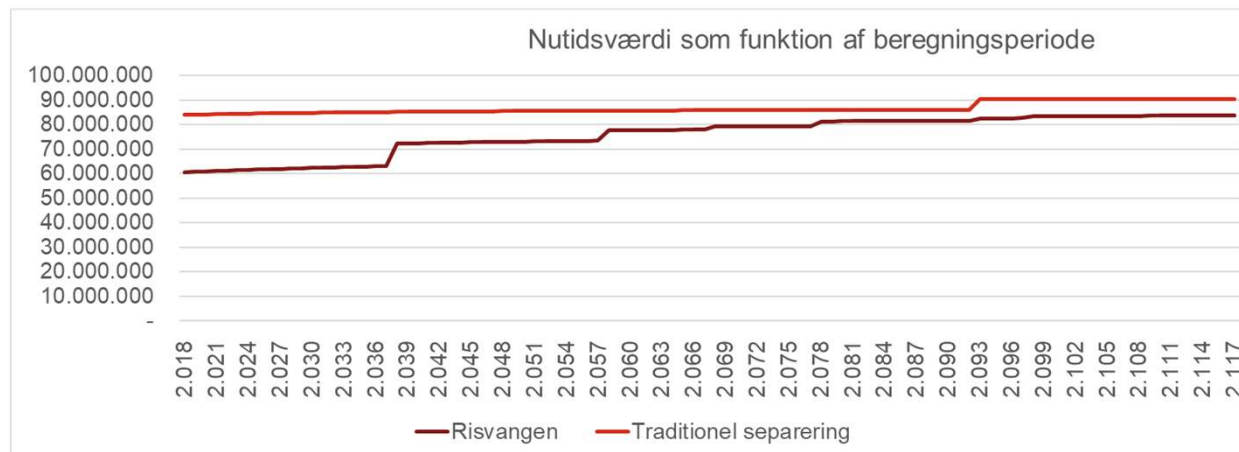
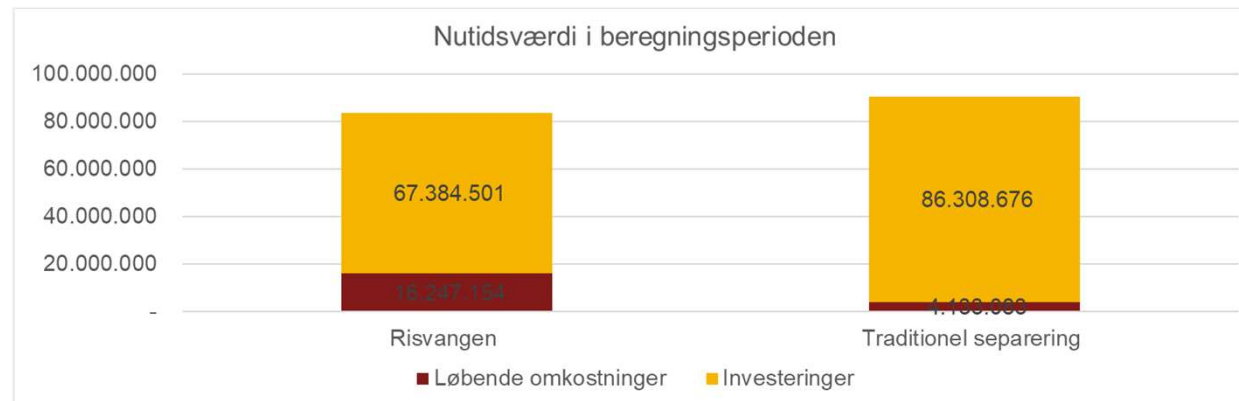
Eksempler på tekniske løsninger



Økonomisk sammenligning

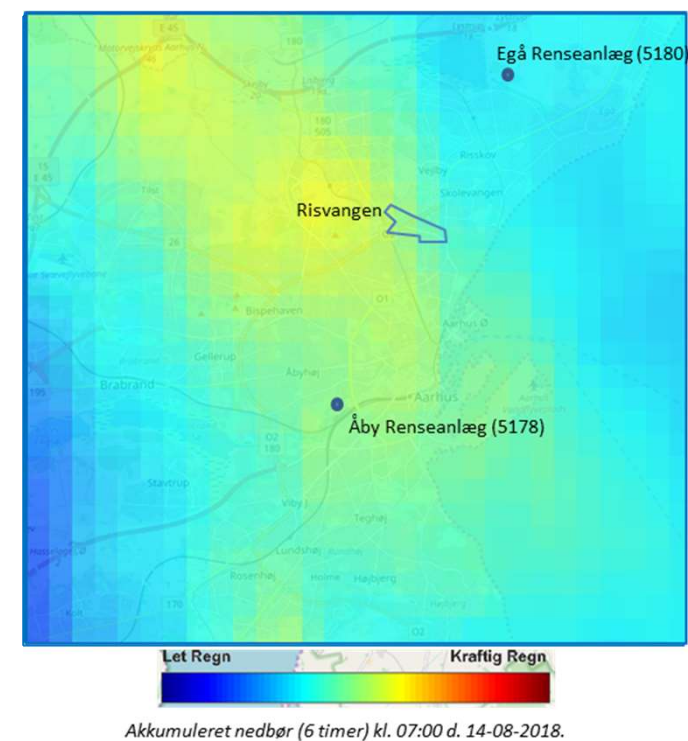
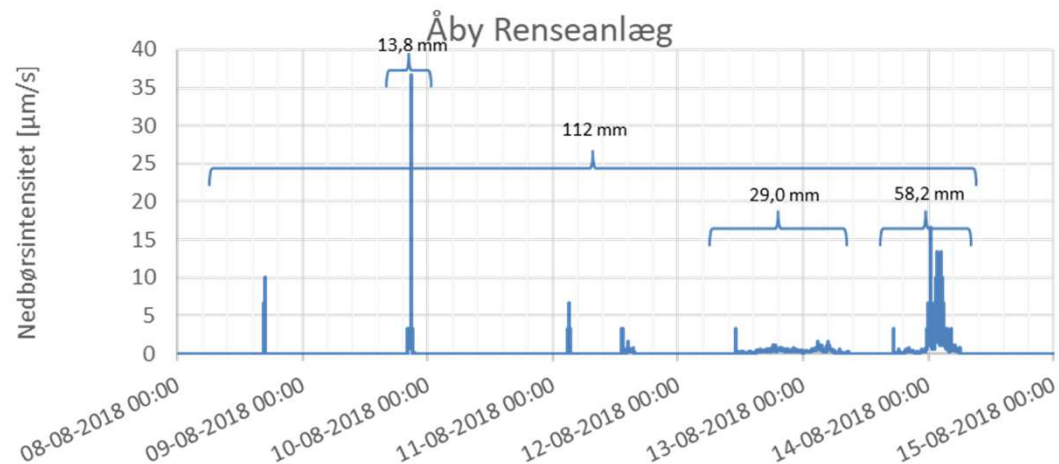
Forudsætninger

- Rente (WACC) 4 %
- Tidshorisont: 100 år
- Aktiver reinvesteres ved udløbet af anlægsaktivets økonomiske levetid (POLKA – levetider)
- Driftsudgift:
 - Risvangen: 200 tkr/år (0,5 %)
 - Traditionel: 85 tkr/år (0,1 %)

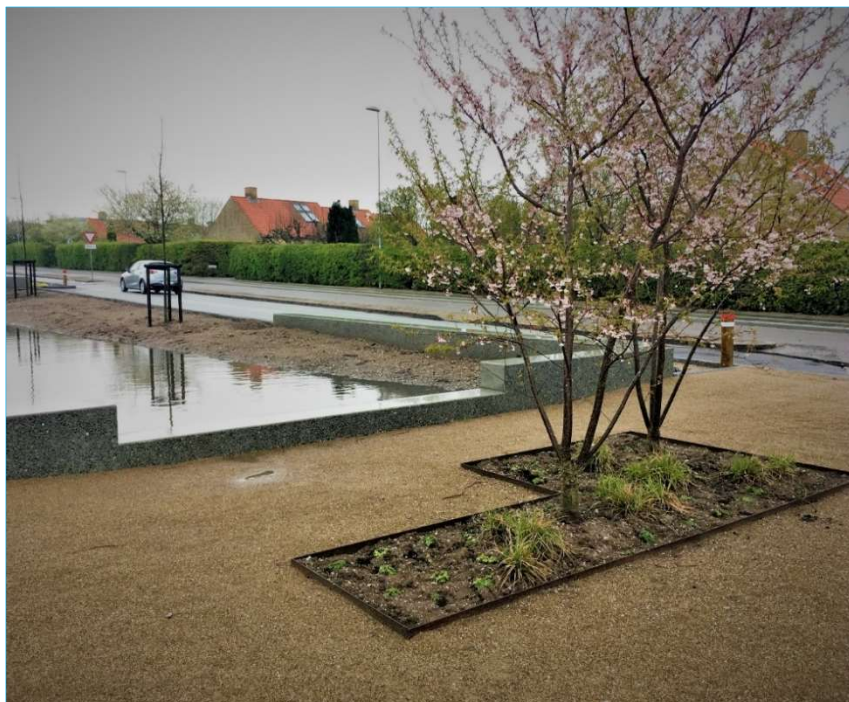


Funktionstest 13.-14. august

- Særligt hændelsen den 13.-14. august 2018 gav meget vand.
- I SVK-regnmålerne på Åby og Egå Renseanlæg, syd og nord for Risvangen, blev der registreret hhv. 58,2 og 22,4 mm.



Det virker!



Funktionstest 13.-14.
august: >50 mm nedbør

... tak for opmærksomheden!



Jan Jeppesen
jje@envidan.dk
+45 27 15 37 27