



GEUS

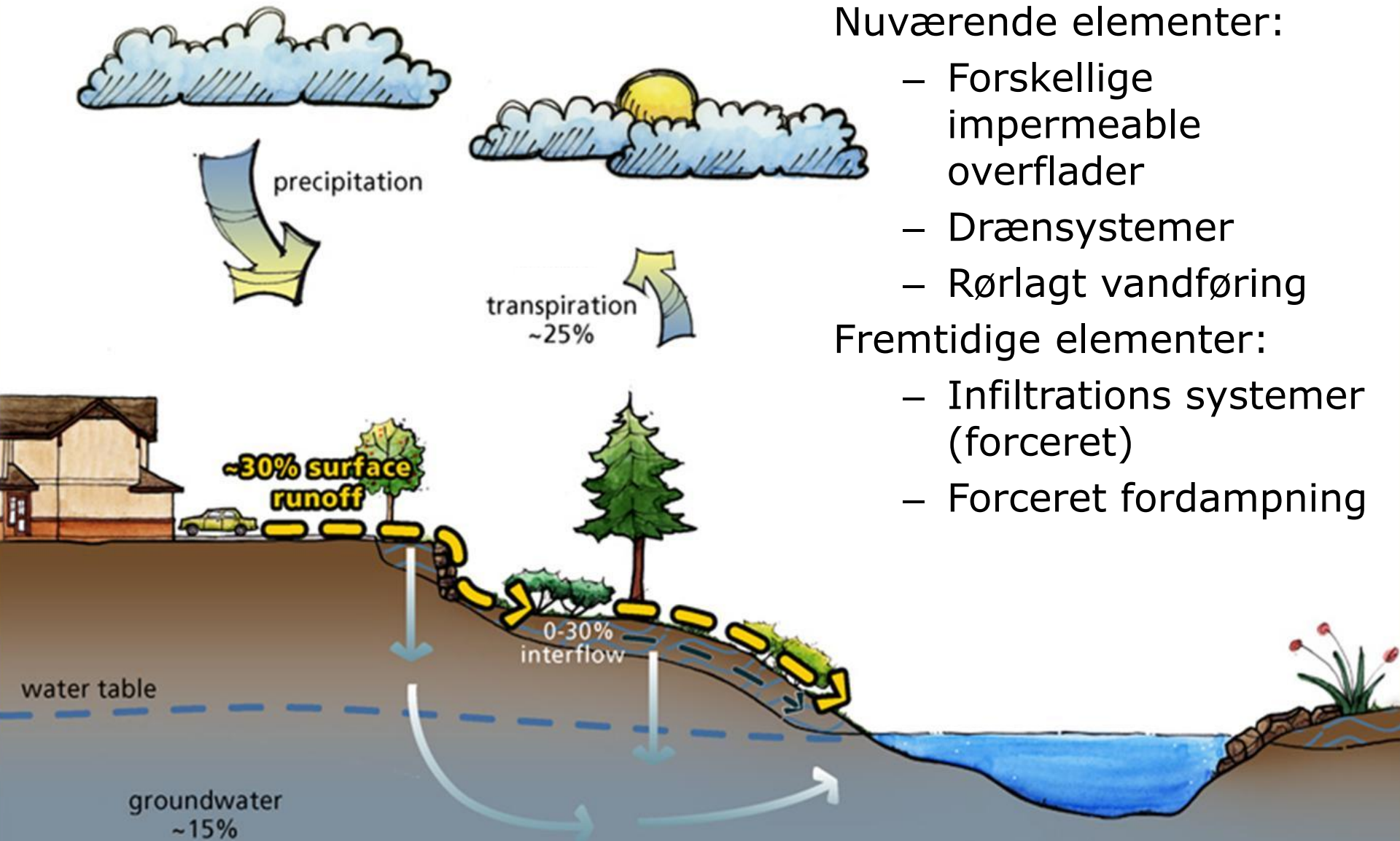
Integreret hydrologisk modellering i Silkeborg

Vandets afkoblede kredsløb?

Jacob Kidmose, Lars Troldborg og Jens Christian Refsgaard

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
Klima- Energi- og Bygningsministeriet

Urban hydrologi



Nuværende elementer:

- Forskellige impermeable overflader
- Drænsystemer
- Rørlagt vandføring

Fremtidige elementer:

- Infiltrations systemer (forceret)
- Forceret fordampning

Modellering af opland hydrologi - Mike She

Integreret overflade og grundvandsmodel

Med beregning af:

- Evapotranspiration
- Overflade strømning
- Strømning igennem umættet zone, med RZ beskrivelse
- Grundvandsstrømning igennem mættet zone
- Vandføring Mike11
- Dræn strømning

Og drives af:

- Nedbør
- Temp.
- Potentiel (Ref.) fordampning



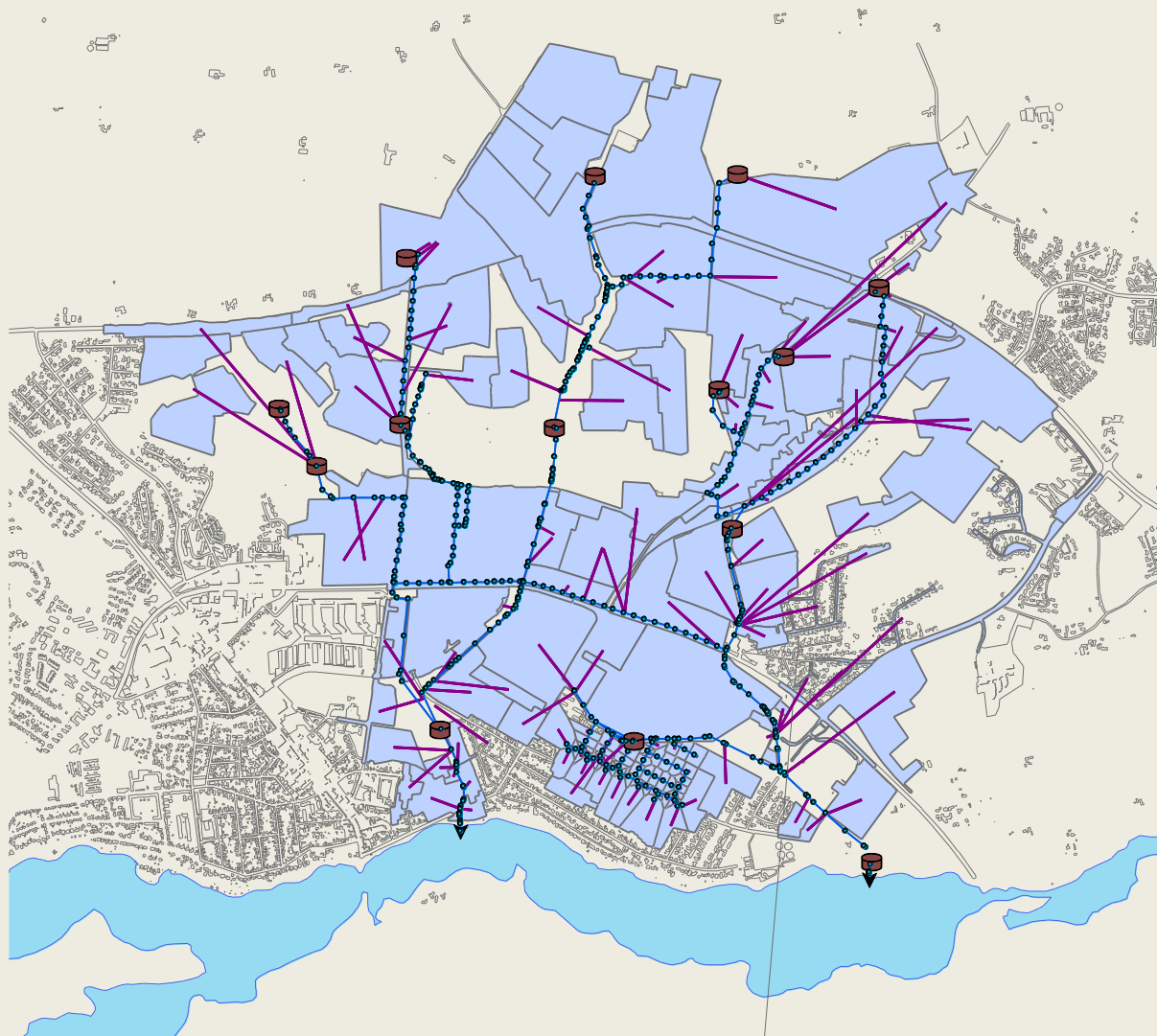
Modellering af regnvandsafstrømning fra byområder

MOUSE model

En urban
afstrømningsmodel

Opbygget af :

- Oplande
- Brønde
- Rør og åbne kanaler (*netværk*)
- Forsinkelses bassiner
- Udstrømningssteder



Kobling af urban afstrømningsmodel og hydrologisk oplandsmodel

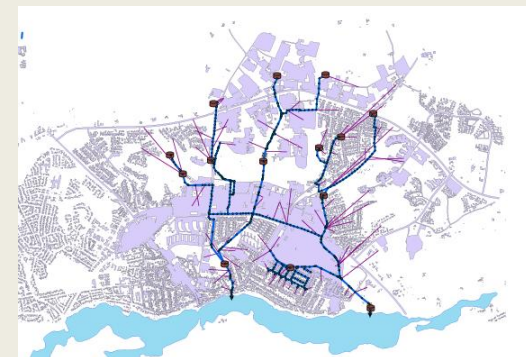
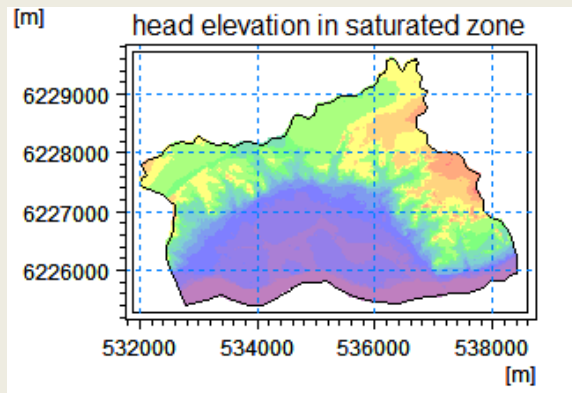
Overfladisk
afstrømning

Dræn
afstrømning

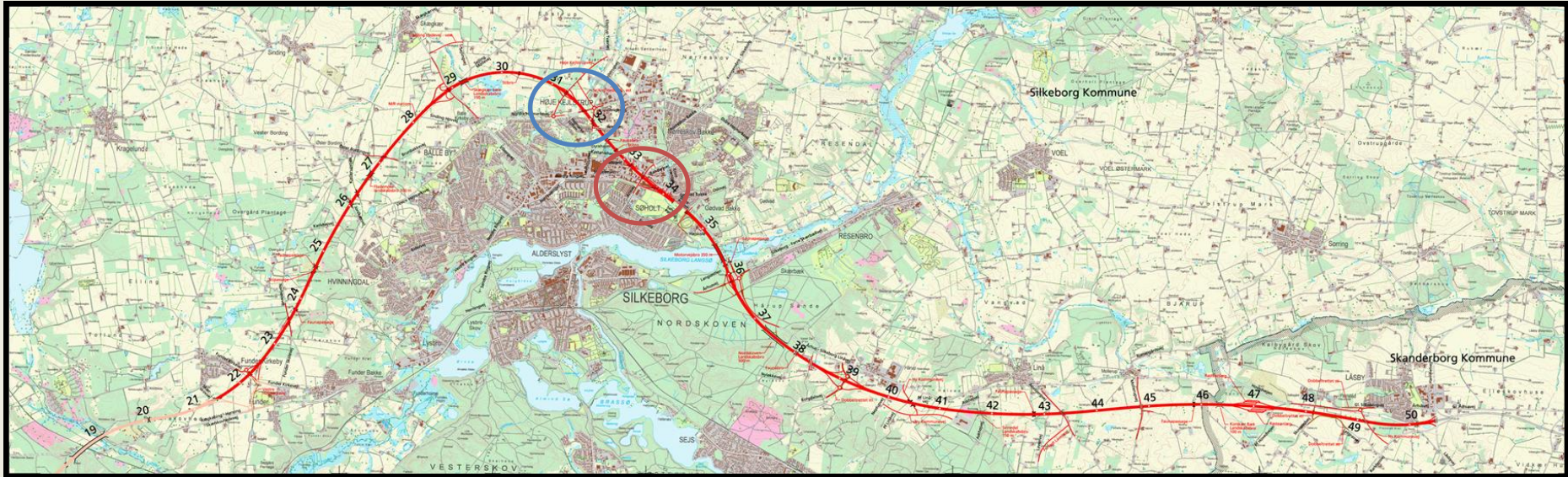
Mættet zone

Noder
(Brønde)

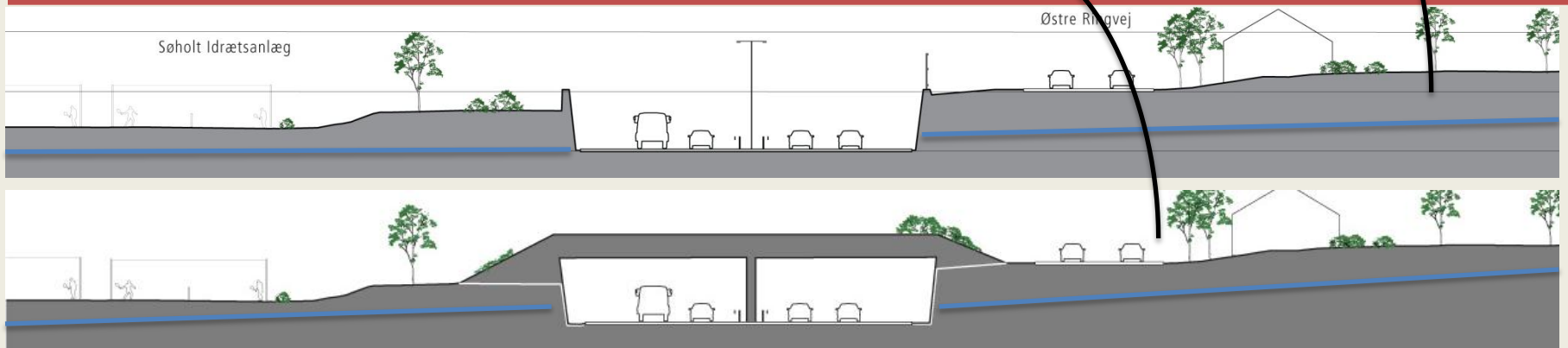
Links
(rør og kanaler)



Byhydrologi og Silkeborg motorvej



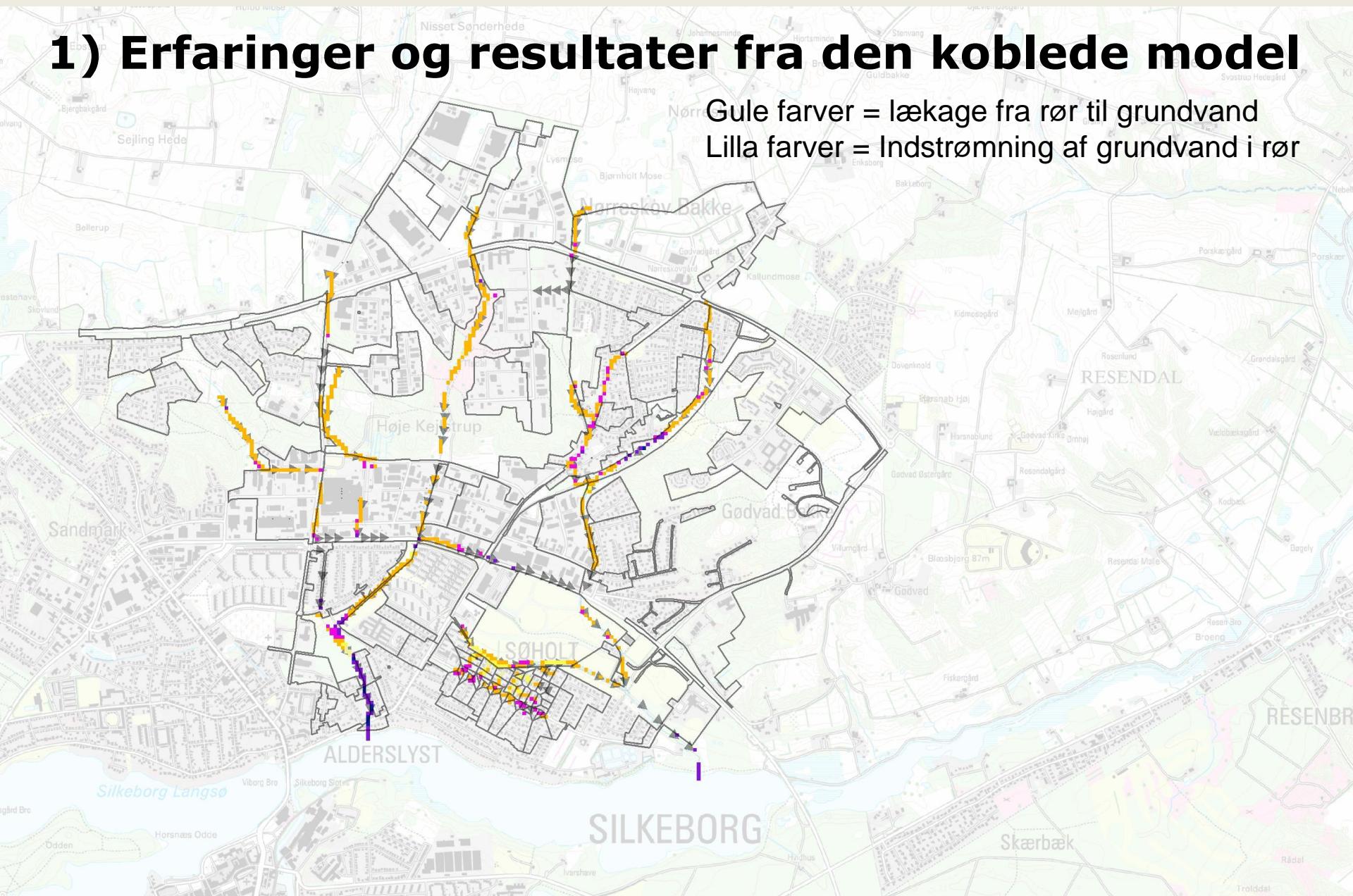
Et højtstående grundvandsspejl





1) Erfaringer og resultater fra den koblede model

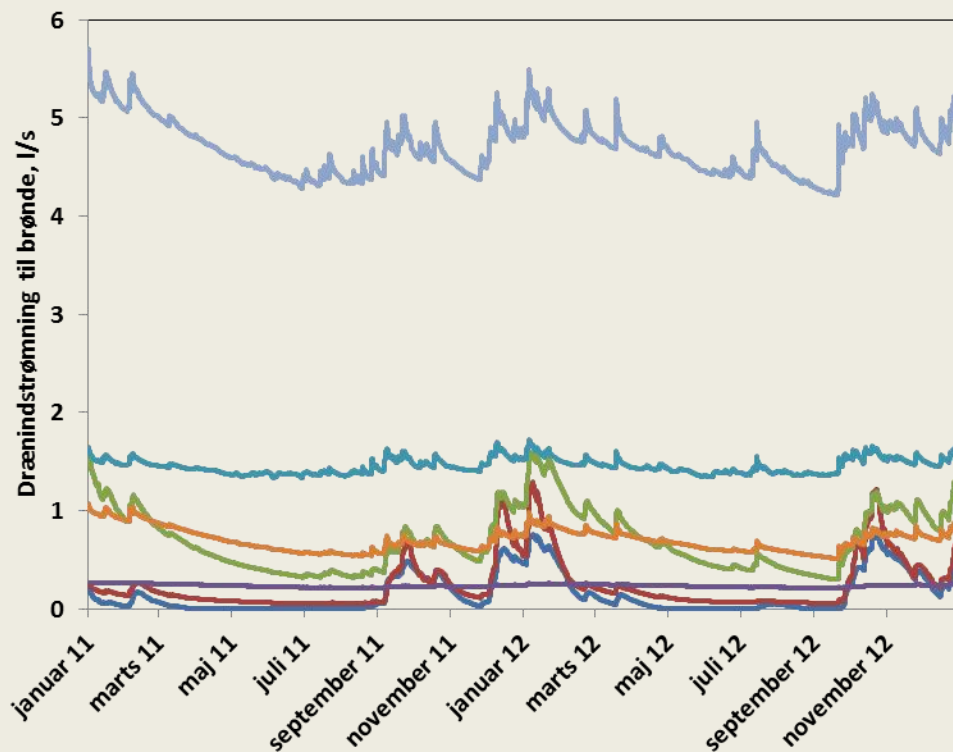
Gule farver = lækage fra rør til grundvand
Lilla farver = Indstrømning af grundvand i rør



2) Erfaringer og resultater fra den koblede model

- Samlet strømning fra hydrologisk model til MOUSE netværk
 - Overfladisk afstrømning 2,3%
 - Grundvandsinstrømning til rør i MOUSE netværk 0,1% (meget usikkert da lækagekoefficient ikke er kalibreret/valideret)
 - Strømning fra mættet zone (simuleret drænstrømning I MikeShe) 15,1%

17-18% af vandføring i afstrømningsmodellen (Urban model) kommer fra mættet zone, via dræn eller direkte til rør/brønde, og overflade strømning,



- SO673
- SO2152
- AR9004R
- GO1153
- KE1707
- BG303AC
- SO2898



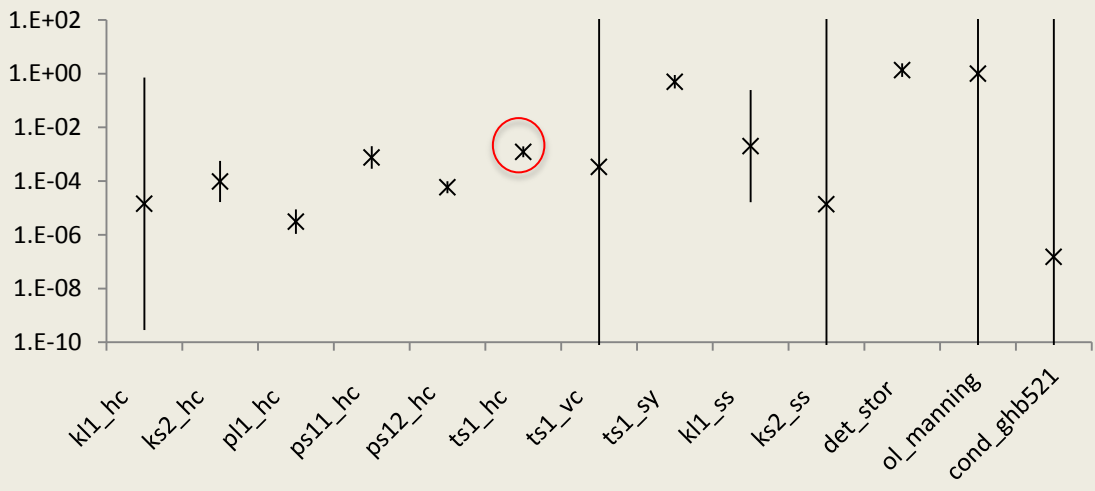
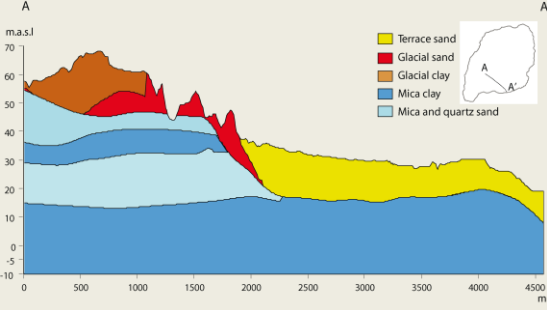
2) Erfaringer og resultater fra den koblede model

- 27% af tiden er vandføringen under 5,1 l/s, som er den gennemsnitlige drænaflowstrømning til afstrømningsnetværket

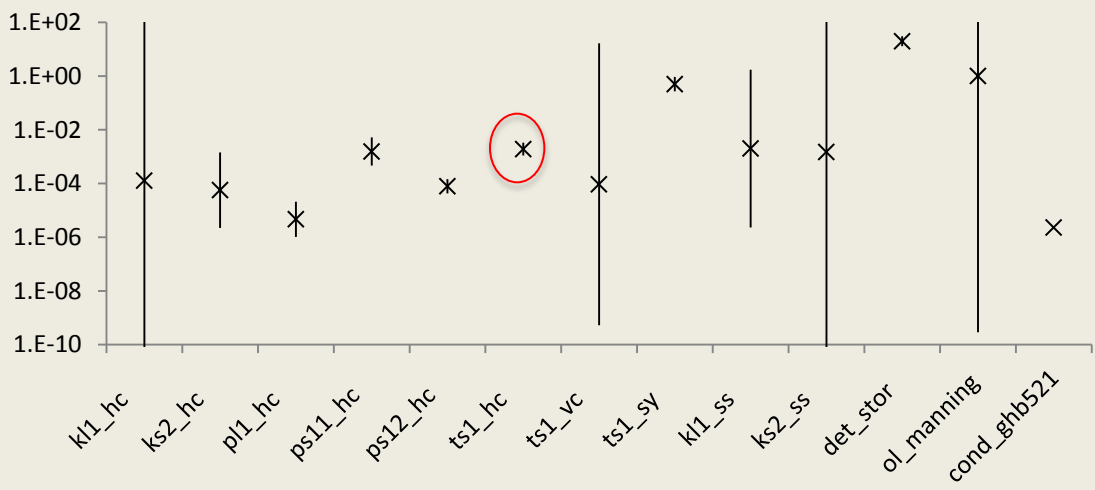
3) Erfaringer og resultater fra den koblede model

- Grundvandsdannelse
 - I høj grad påvirket af de befæstede områder da det afledte vand ellers vil infiltrere til grundvandet afhængigt af forhold som markkapacitet
 - Invers kalibrering (PEST) af den hydrologiske model bekræfter også dette.

	Relativ fejl		Reduktion, %
	Model uden befæstigelse	Model med befæstigelse	
Total fejl	1509	985	35
Trykniveau tidsserier	684	682	0.3
Trykniveau årlig fluktuation	276	224	19
Vinter vandføring	381	31	92
Forårs vandføring	92	19	79
Sommer vandføring	3,4	3,4	0
Efterårs vandføring	47	4.8	90
Middel trykniveau	27	20	26



kl1_hc	1.43E-05
ks2_hc	9.75E-05
pl1_hc	3.10E-06
ps11_hc	7.59E-04
ps12_hc	5.89E-05
ts1_hc	1.23E-03
ts1_vc	3.36E-04
ts1_sy	0.5
kl1_ss	2.00E-03
ks2_ss	1.38E-05
det_stor	1.35669
ol_manning	1
cond_ghb521	1.52E-07



kl1_hc	1.27E-04
ks2_hc	5.67E-05
pl1_hc	4.66E-06
ps11_hc	1.55E-03
ps12_hc	7.88E-05
ts1_hc	1.91E-03
ts1_vc	9.33E-05
ts1_sy	0.5
kl1_ss	2.00E-03
ks2_ss	1.48E-03
det_stor	19.778
ol_manning	1
cond_ghb521	2.28E-06

- Grundvandsdannelsen under urbanisering kan være til- eller aftagende.
 - ↓ – Erickson and Stefan, 2009; Jeppesen et. al, 2011
 - ↑ – Lerner (2002); Barron et. al, 2013
- Ved Silkeborg øges den beregnede grundvandsdannelse med 72 mm/år (421-349mm, 2011) hvis de befæstede områder ikke inkluderes I modelleringen.

Konklusion

- Interaktion mellem grundvand og rørlagte afstrømnings systemer kan være betydelig.
- Simulering af grundvandsspejl under by forhold kan være meget påvirket af befæstede områder, reduktion af infiltration, effekt på grundvandsspejl
- Informationer indeholdt i URBAN modeller kan være meget værdifulde og integreres i grundvandsmodeller, enten konceptuelt eller ved direkte kobling, resulterende i forbedret simulering af grundvandsstand.

Videre arbejde

- Den koblede model er meget beregningstung.
- Koblet invers kalibrering er mulig men upraktisk pga. kørselstid og modelleringsstruktur af Urban del med hhv. afstrømnings og netværks simuleringer.
- Der arbejdes på en konversion af den præcise fysiske beskrivelse i MOUSE setup til Mike11

Referencer

Barron, O.V., Barr, A.D., Donn, M.J., 2013a. Effect of urbanisation on the water balance of a catchment with shallow groundwater. *Journal of Hydrology*, 485: 162-176.

Erickson, T.O., Stefan, H.G., 2009. Natural Groundwater Recharge Response to Urbanization: Vermillion River Watershed, Minnesota. *Journal of Water Resources Planning and Management-Asce*, 135(6): 512-520.

Jeppesen, J., Christensen, S., Ladekarl, U.L., 2011. Modelling the historical water cycle of the Copenhagen area 1850-2003. *Journal of Hydrology*, 404(3-4): 117-129.

Lerner, D.N., 2002. Identifying and quantifying urban recharge: a review. *Hydrol. J.* 10 (1) 143-152.