

Gymnasielærerdagen 2025: Naturgeografi

Deltagende repræsentanter fra AAU:

- Søren Thorndahl (Forskningsgruppeleder, ekspert i klima og klimatilpasning)
- Lene Werner Kristensen (PhD studerende i Naturgeografi)
- Maria Degn Jensen (5. års studerende i Naturgeografi)
- Jonas Krogh Svenstrup (4. års studerende i og studievejleder for Naturgeografi)
- Anette Næslund Pedersen (Laborant med speciale i Geografi, Miljø og Geoteknik)
- Per Møldrup (Studiekoordinator for bachelor og kandidatuddannelserne i Naturgeografi på AAU).

Aalborg Universitet, 6. November 2025



Program

11:30-12:30: Fagligt indlæg: For meget vand nu og i fremtiden: Hvad gør vi med det?

Terrænnært grundvand er et stigende problem mange steder i landet og i udlandet. Selv relativt små skybrud eller længerevarende stille regn kan give enorme oversvømmelser over jorden og ødelæggelse af infrastruktur på og under jorden, herunder også væsentlige problemer i forhold til sundhed og sikkerhed. Vi præsenterer den nye viden, der fortæller os, hvordan få mm skybrud kan give store oversvømmelser, og hvordan man kan få vand i kælderens, selv om man bor på en bakketop. Man har indtil videre "glemt" at medregne en vigtig zone nede i jorden, der kan omskabe få mm nedbør til mange cm eller meters stigning i grundvandsspejlet og dermed oversvømmelser. Nu kan vi bedre forstå og kortlægge problemer og risiko nu og i et fremtidigt klima, men hvad gør vi så med det overskydende vand, når det virkelig brænder på?

12:30-12:45 Kaffepause og snak

12:45-13:45: Praktisk indlæg: Hvordan måler vi jordens evne til at modtage skybrud?

Vi laver et 5-dobbelt skybrudsforsøg i en opstilling i felten (lige udenfor bygningen) og måler jorden evne til at modtage og aflede vand. Vi går også ind i laboratoriet og ser et forsøg, der viser den "glemte" jordzone som man i dag ikke regner med, men som hurtigt skaber lidt regn om til store oversvømmelser. NB. Apropos klima: Hvis vejret er helt slemt, bliver vi i laboratoriet og laver et par andre forsøg der i stedet for.

13:45-14:00 Kaffepause og snak

14:00-15:00: Vores "nye" uddannelse i geografi - bacheloren, kandidaten, studielivet

Uddannelsen er nu rettet mod natur, naturressourcer, naturgenopretning, miljøbeskyttelse, klima, klimaudfordringer og -løsninger. Vi arbejder både herhjemme og i udlandet (har studenterprojekter i f.eks. Grønland, Færøerne, Norge, Sverige, Sydeuropa og Afrika, det sidste i samarbejde med bl.a Verdens Skove og lokale NGO'er i Uganda). Diskussion af mulige samarbejder mellem jeres gymnasier og universitet - Hvad kan vi levere for at gøre det endnu mere spændende at interessere sig for Naturgeografi?



For meget vand nu og i fremtiden: Hvad gør vi med det?

Variation i det terrænnære grundvandsspejl på kort og lang tidsskala

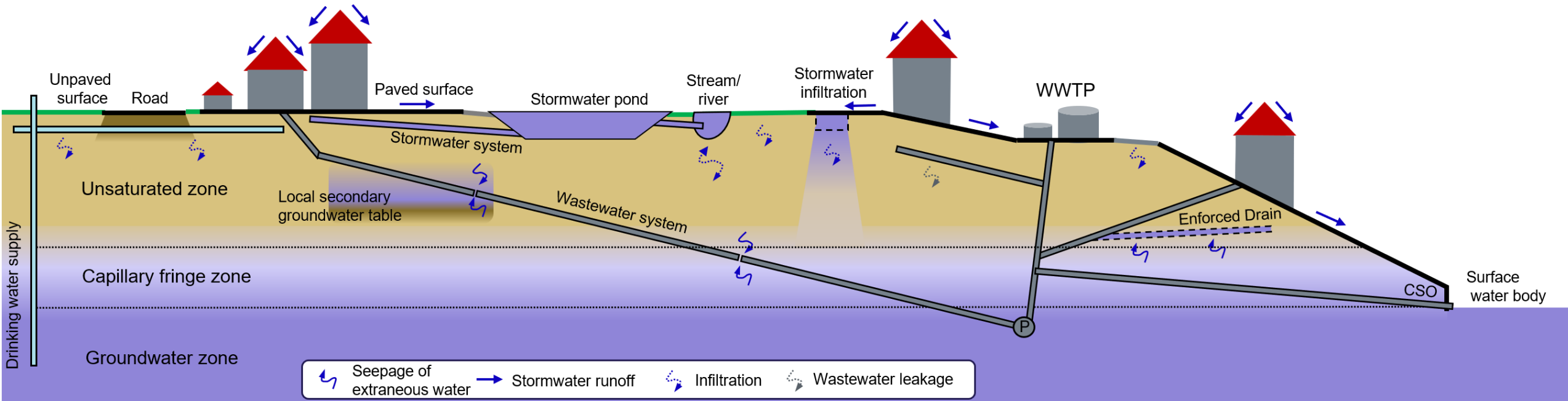
Søren Thorndahl, Aalborg Universitet
st@build.aau.dk



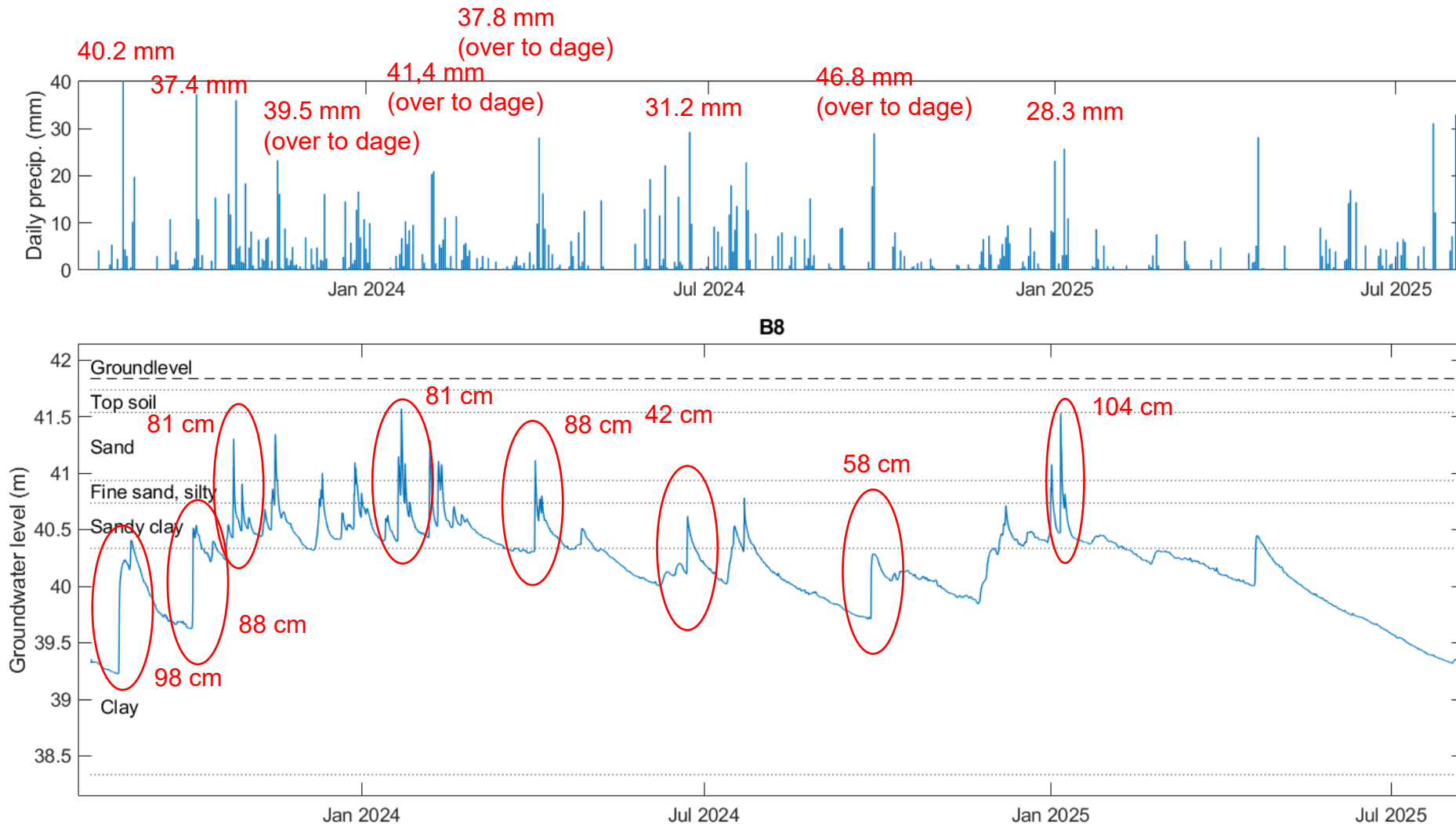
Problemstillinger

- Grundvandsinfiltration til afløbssystemer (uvedkommende vand)
- Grundvandsoversvømmelse
- Fugtindtrængning/infiltration af grundvand til bygninger/kældre
- Etablering af drænløsninger
- Interaktion med vandløb/naturlig hydrologi

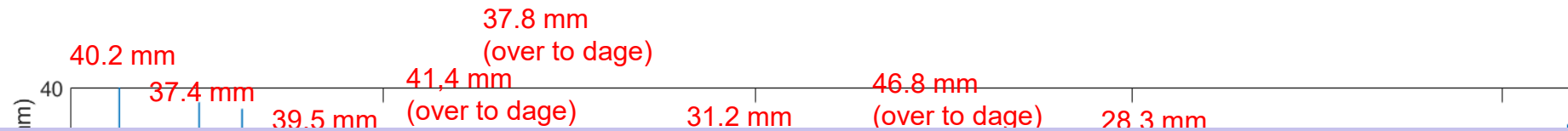
Er problemerne på kort tidsskala (dage, uger) eller på lang tidsskala (årstidsvariationer)?



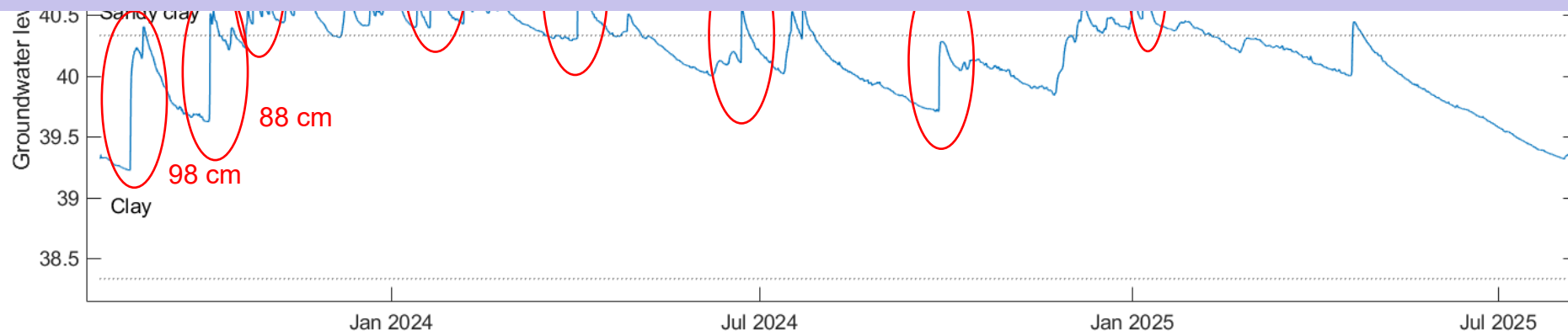
Observeret dynamik i grundvandsspejl



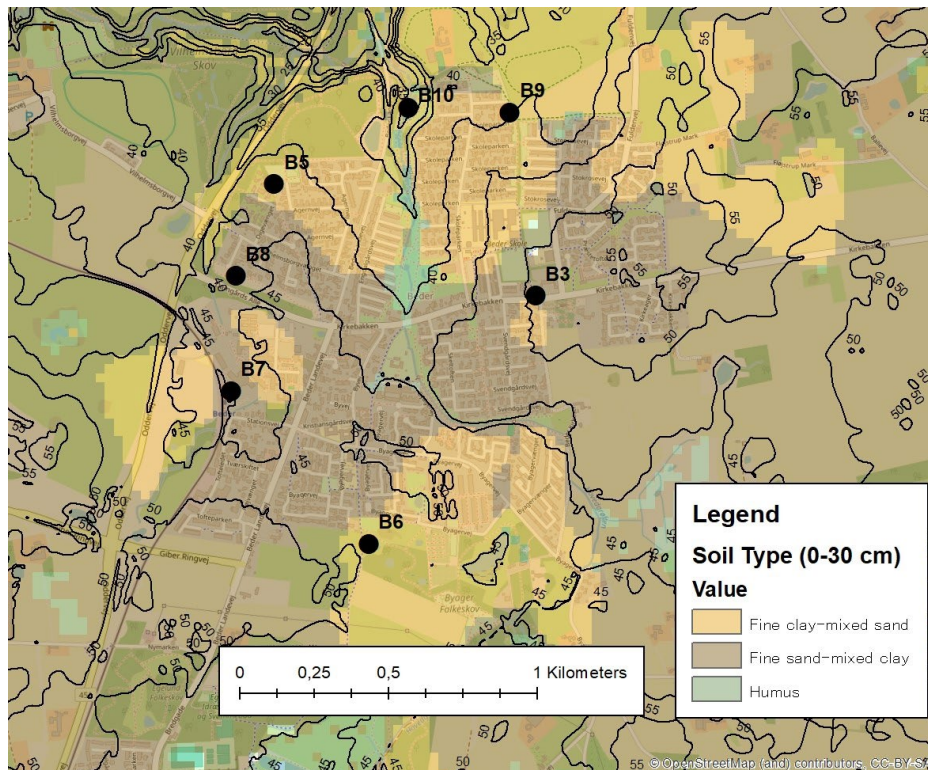
Observeret dynamik i grundvandsspejl



- Hvordan kan 40 mm regn give en 80 cm stigning i grundvandsspejlet?
- Hvis jordens porøsitet er 50 % (hvilket er højt sat) vil 40 mm regn give en 8 cm stigning i grundvandsspejlet – men vi ser det 10 dobbelte!?

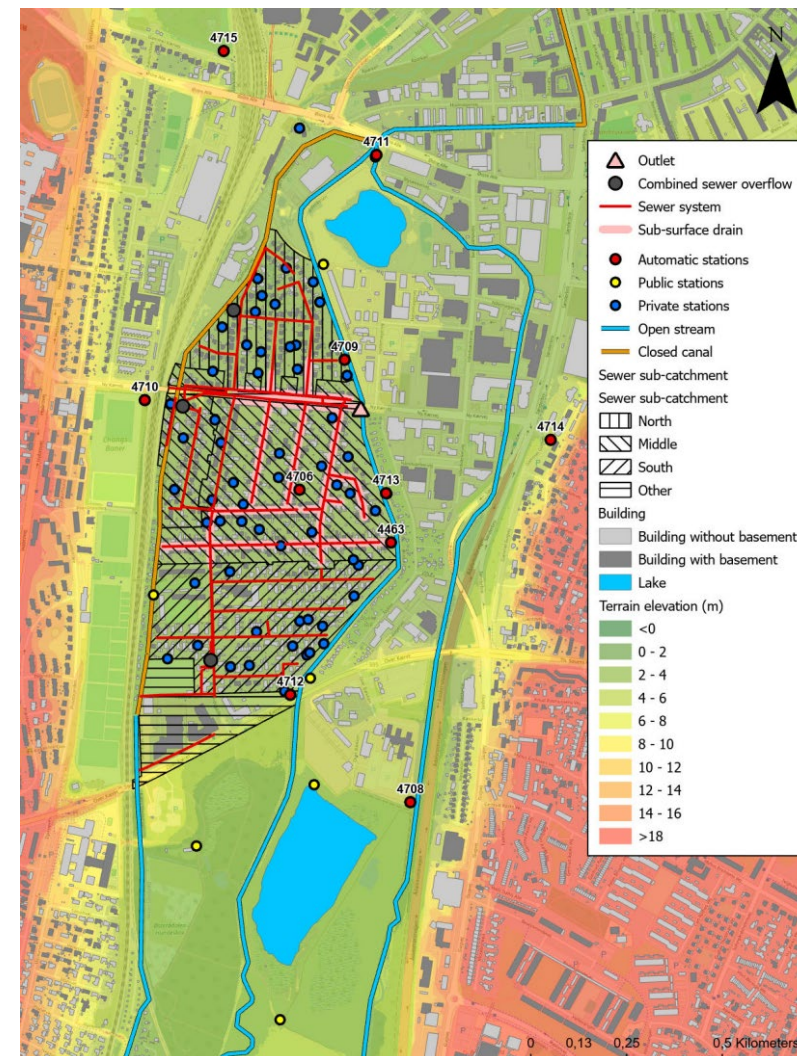


Caseområder



Beder, Aarhus

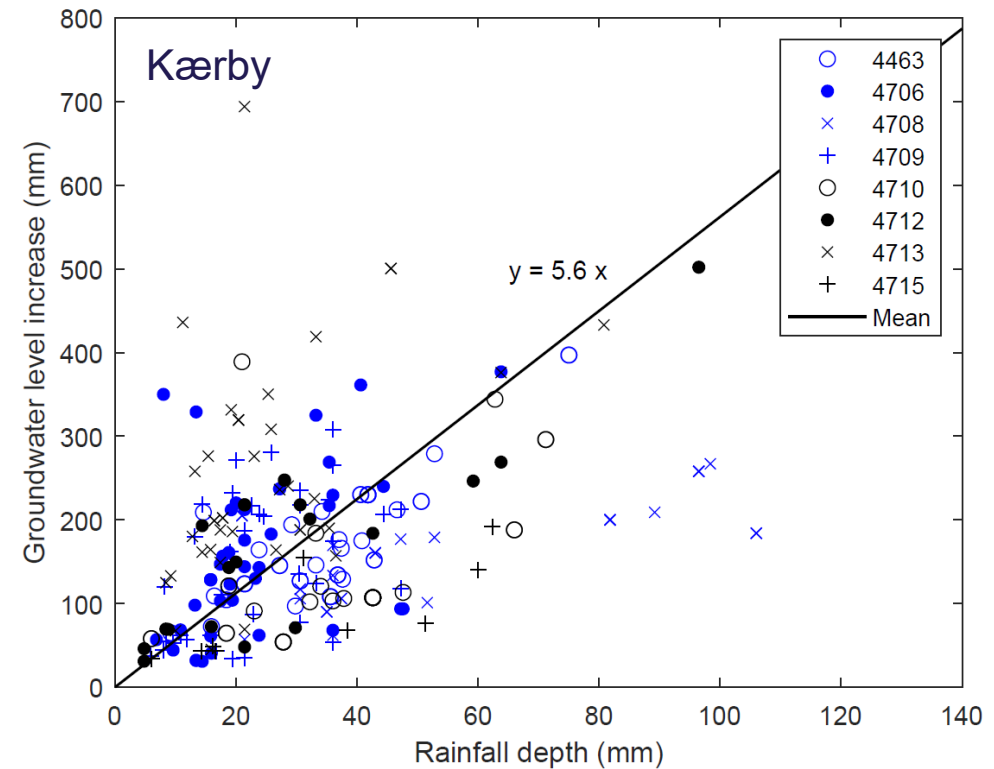
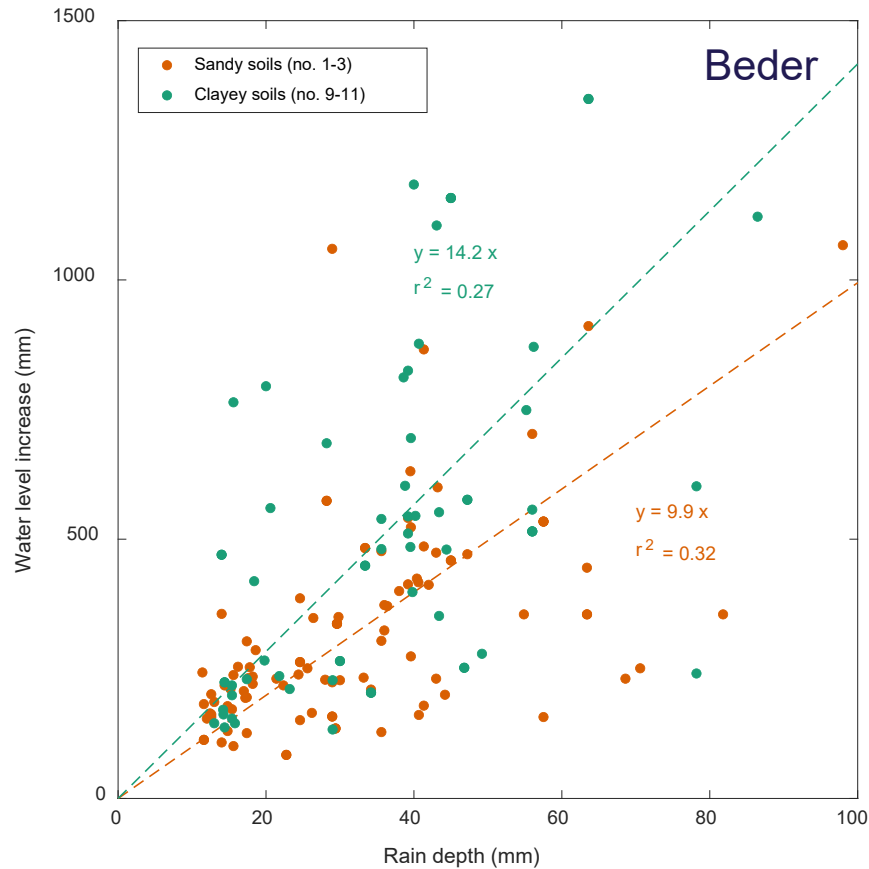
7 automatiske pejleboringer, ~2 års data
Morænelandskab med højtliggende sekundært
grundvandsspejl



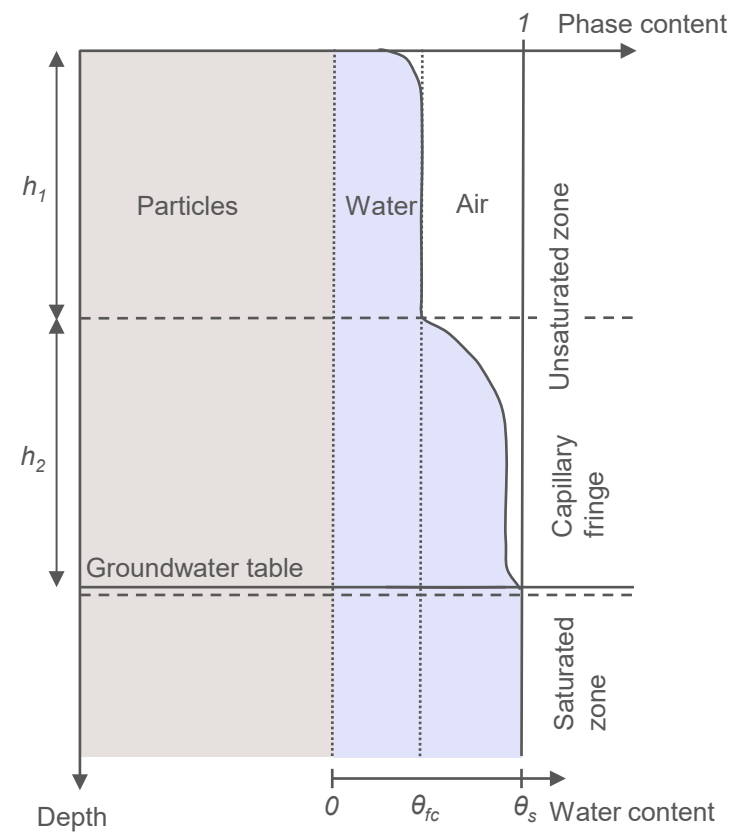
Kærby, Aalborg

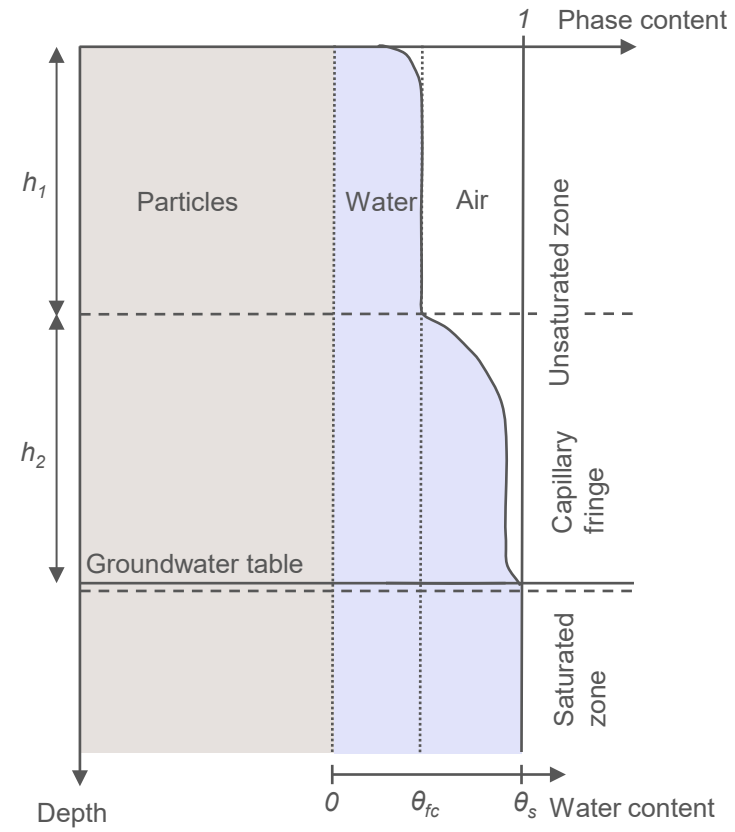
10 automatiske pejleboringer, ~5 års data
Sandet kystnært område med højtliggende
primært grundvandsspejl

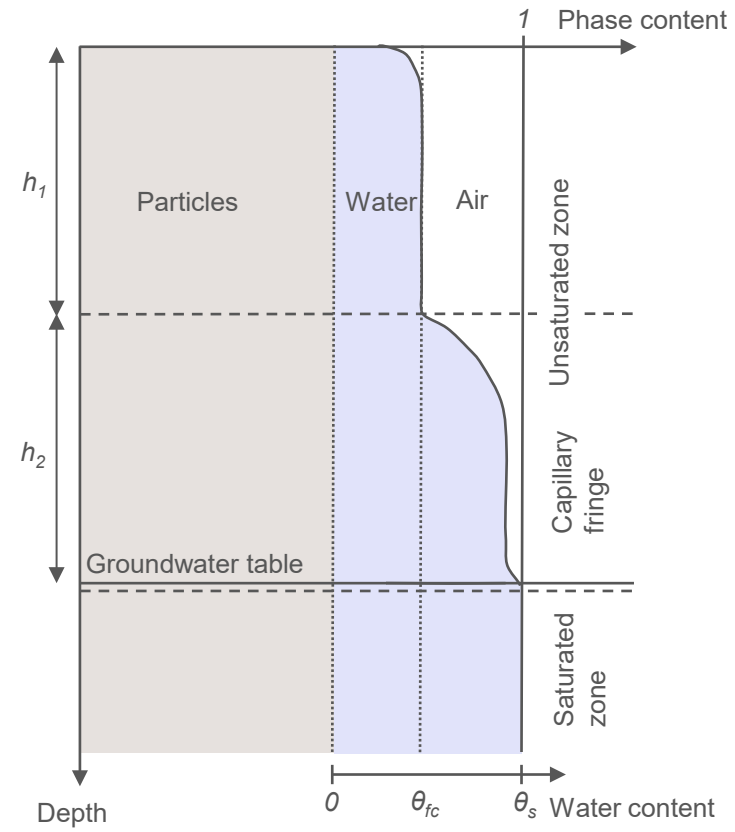
Sammenhæng mellem regn-impuls og stigende respons på grundvandsstand afhængigt af jordtype

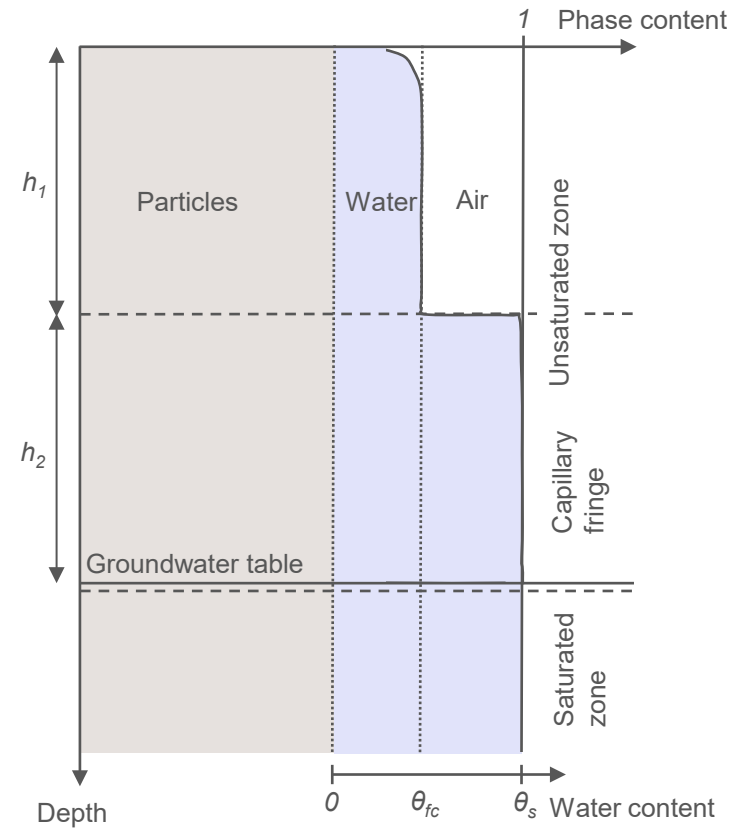


- Stigning i grundvandsspejl er 5-15 gange så stor som regndybden





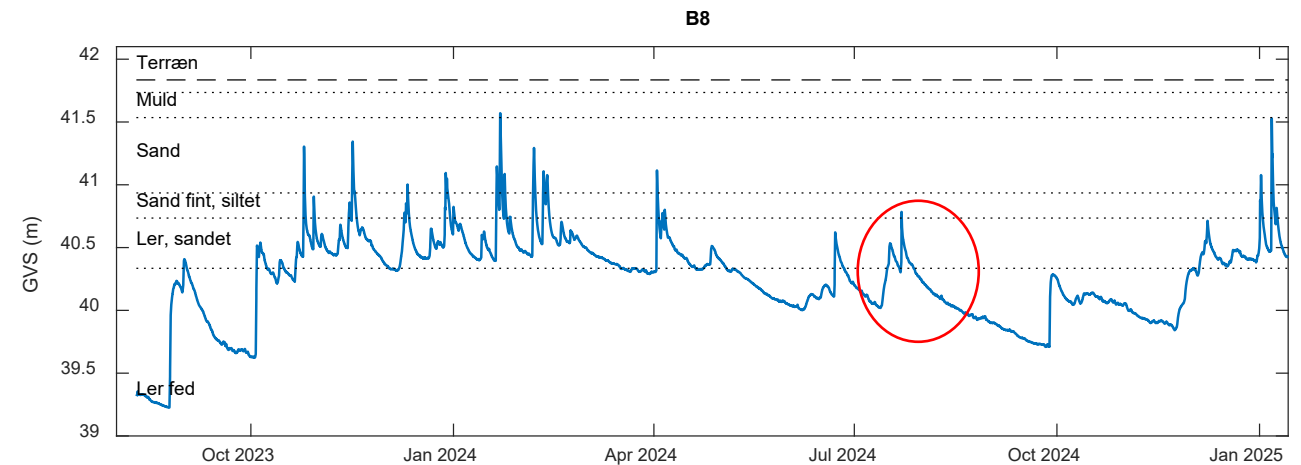
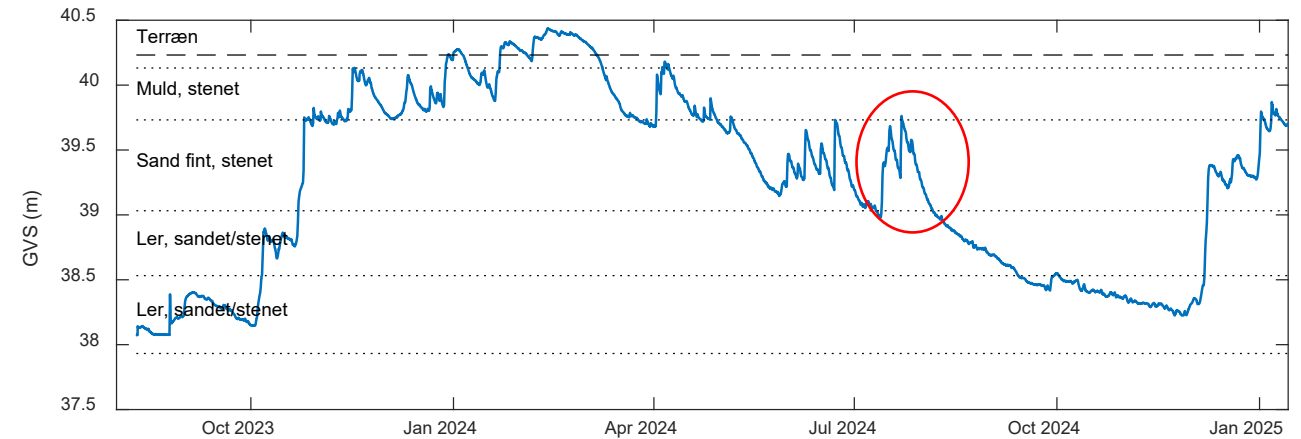
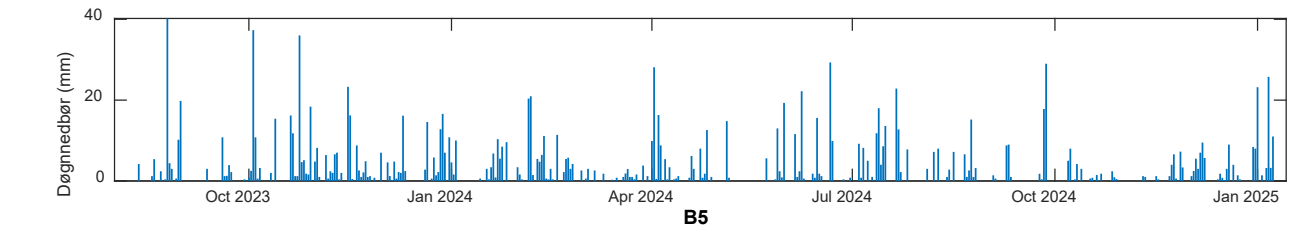
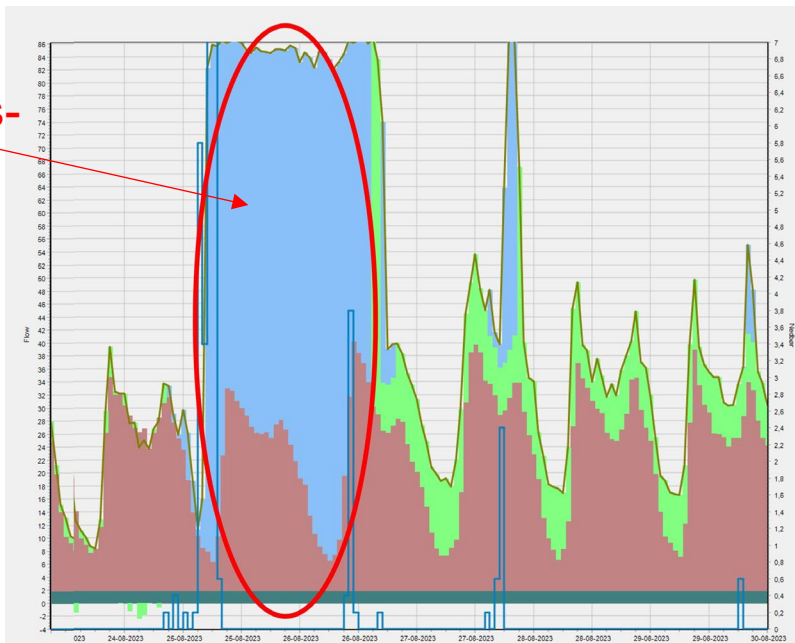




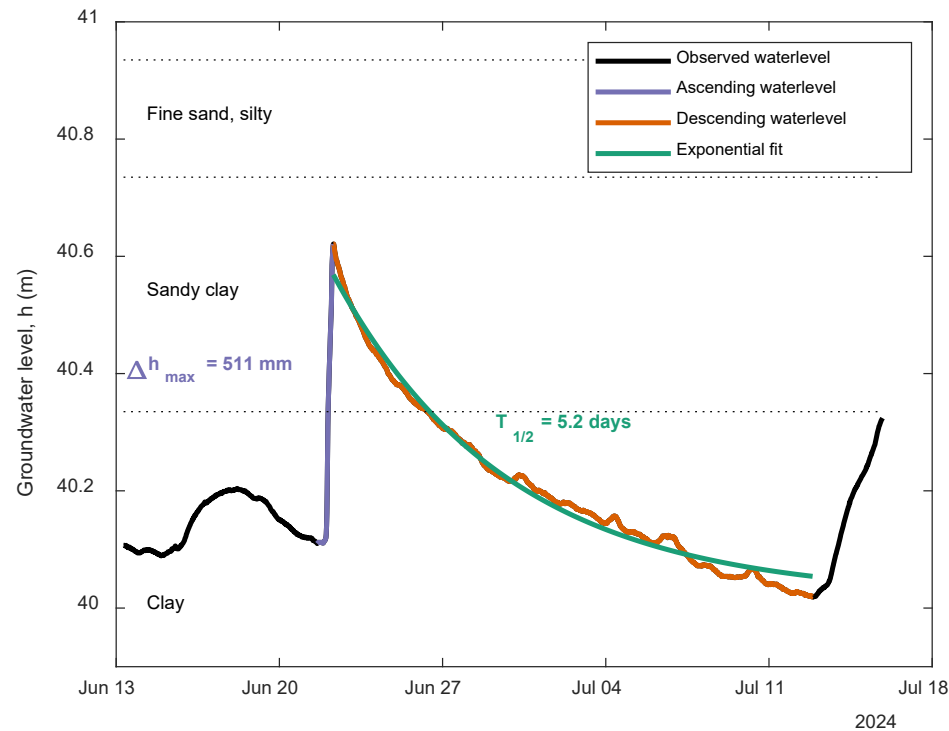
Observeret dynamik i aftagende grundvandsspejl

- "Længere haler" i leret jord end i sandet jord
- I afløbssystemer observeres i lange perioder efter nedbørshændelser et øget afstrømningsbidrag

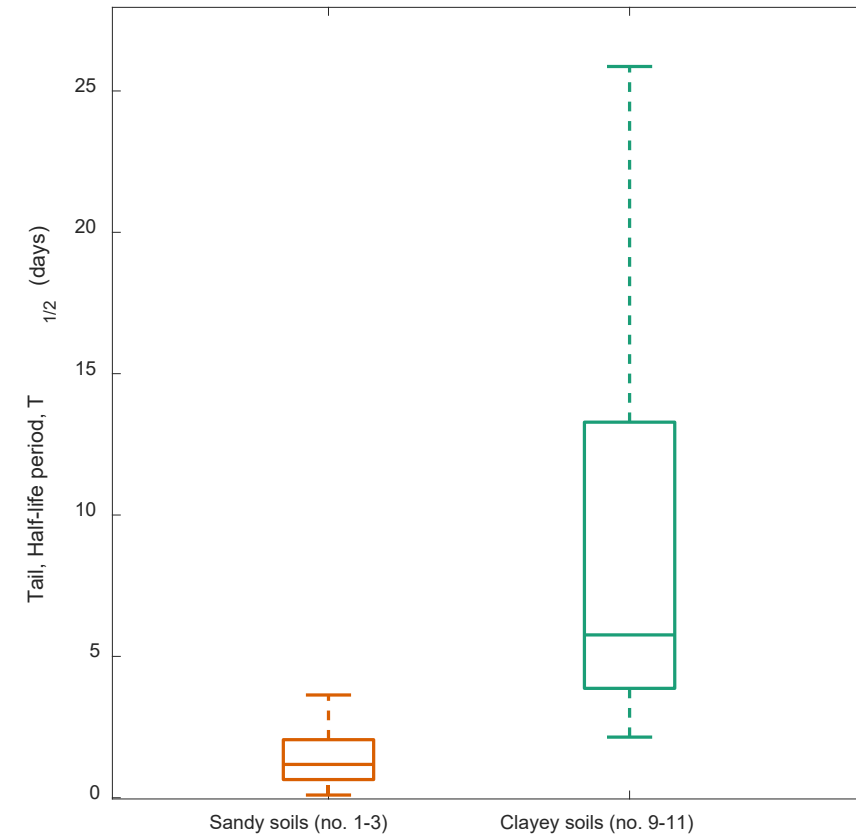
Grundvands-
infiltration



Faldende grundvandsstand efter regn afhængigt af jordtype



$$h = h_0 \cdot \exp(-k \cdot t) \quad T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$$



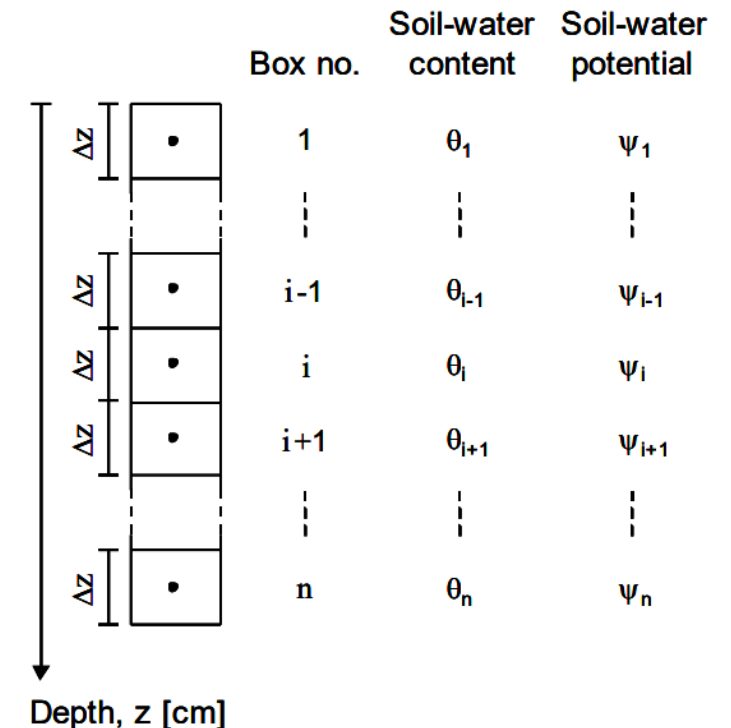
Modellering af vandindhold og infiltration

Model: Moving Mean Slope (MMS)

- Fysisk baseret umættet-zonemodel
- Diskretisering i dybden og derfor kan den virkelige vådfront modelleres
- Mulighed for heterogent jordprofil

Jordparametre:

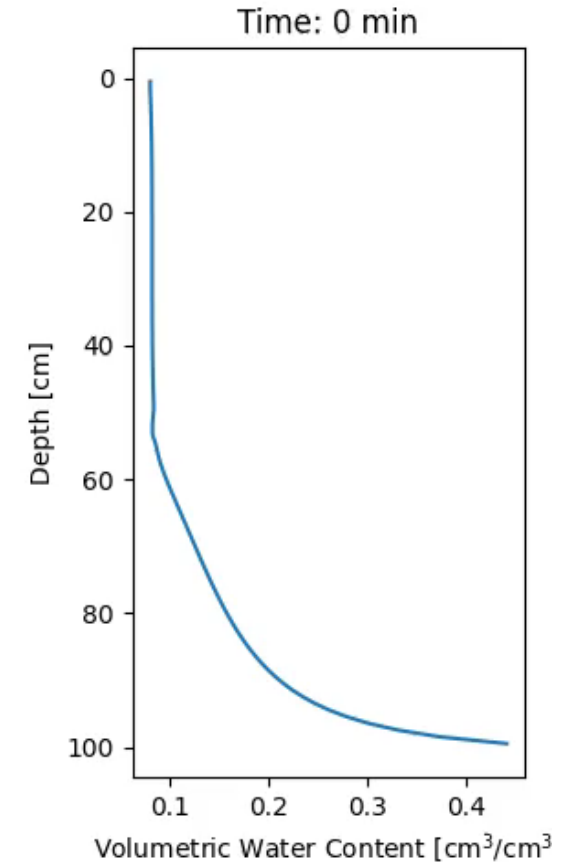
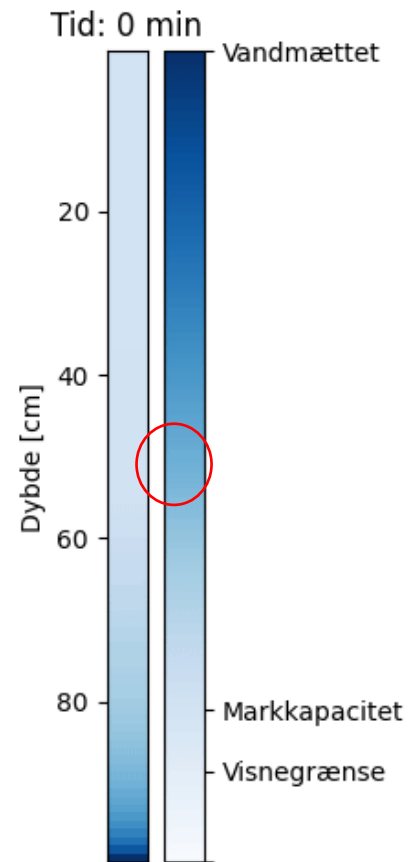
- Retentionskurve (trykpotentiale som funktion af vandindhold)
- Mættet hydraulisk ledningsevne
- Totalporøsitet



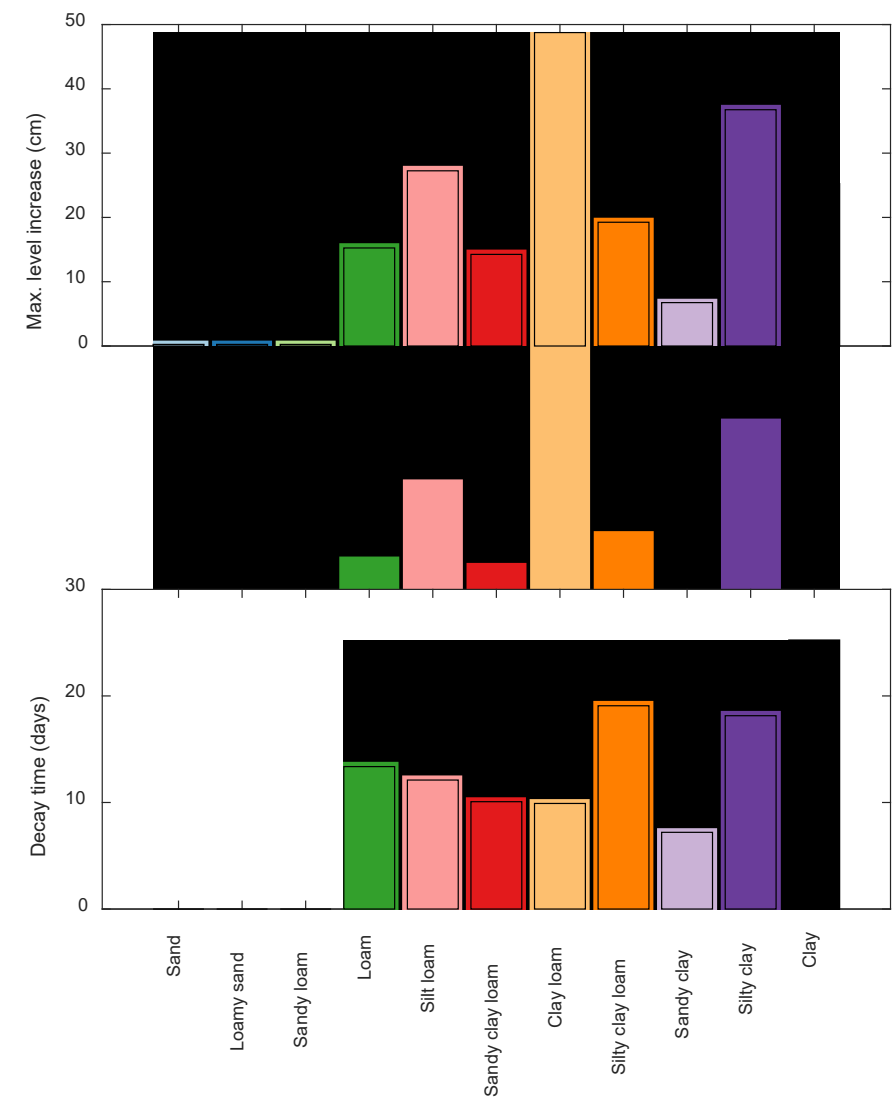
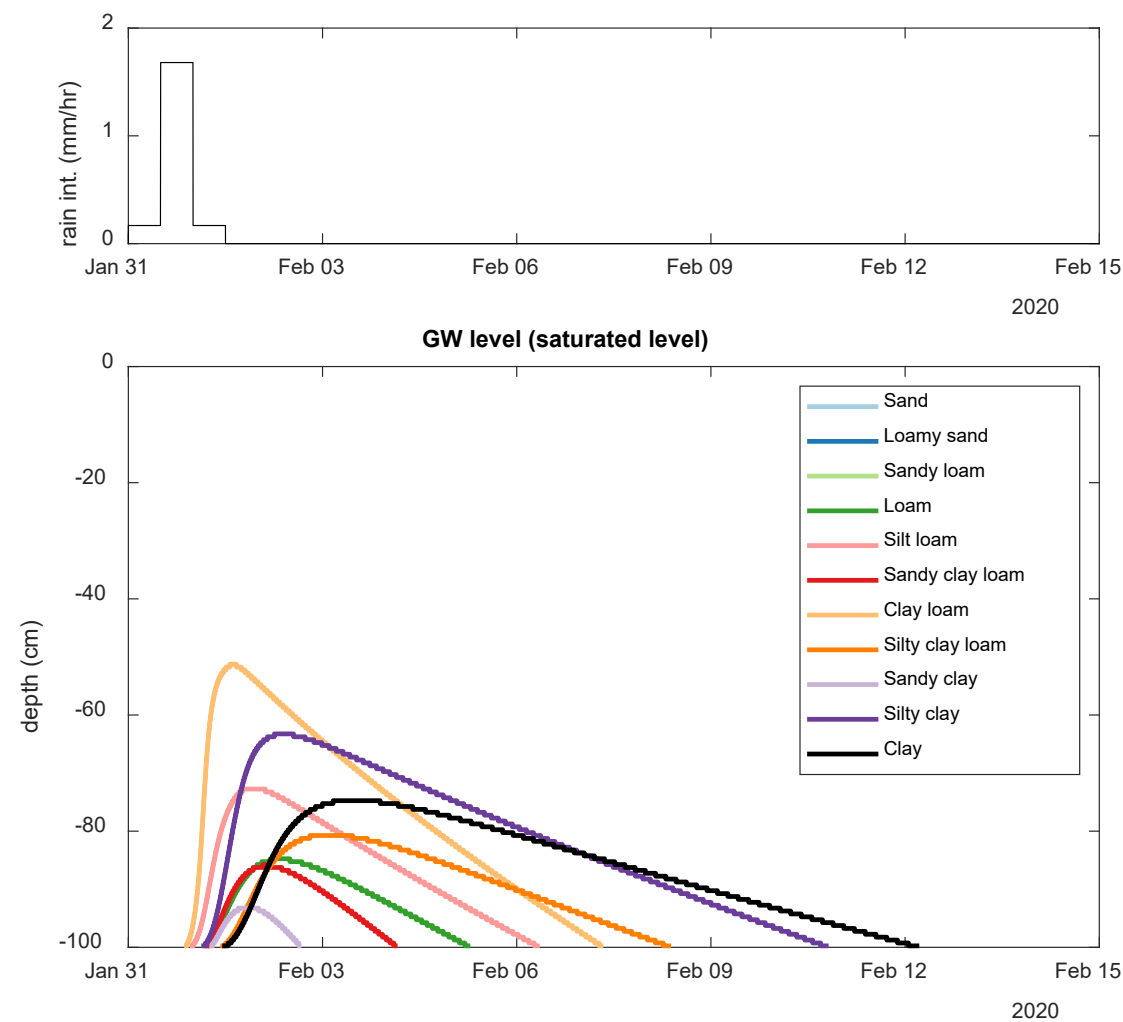
Modellering af vandindhold og infiltration

Features:

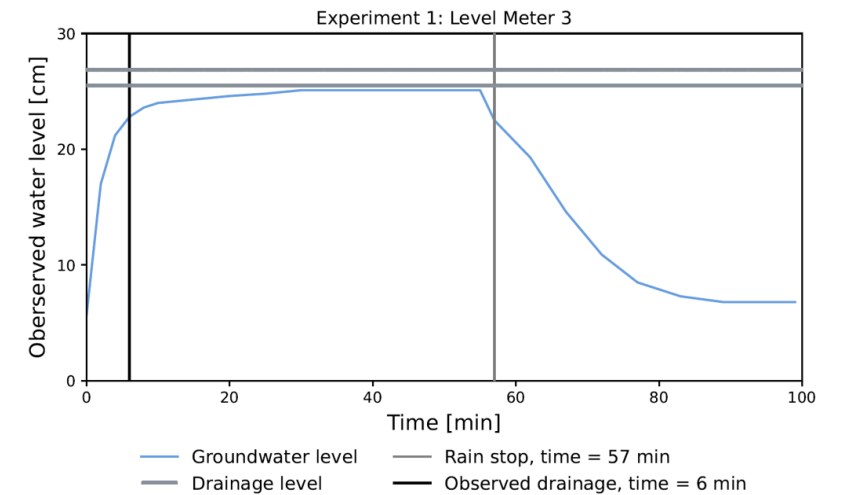
- Regnbelastning
- Initial kapillær stighøjde
- Kompakteret jordlag 



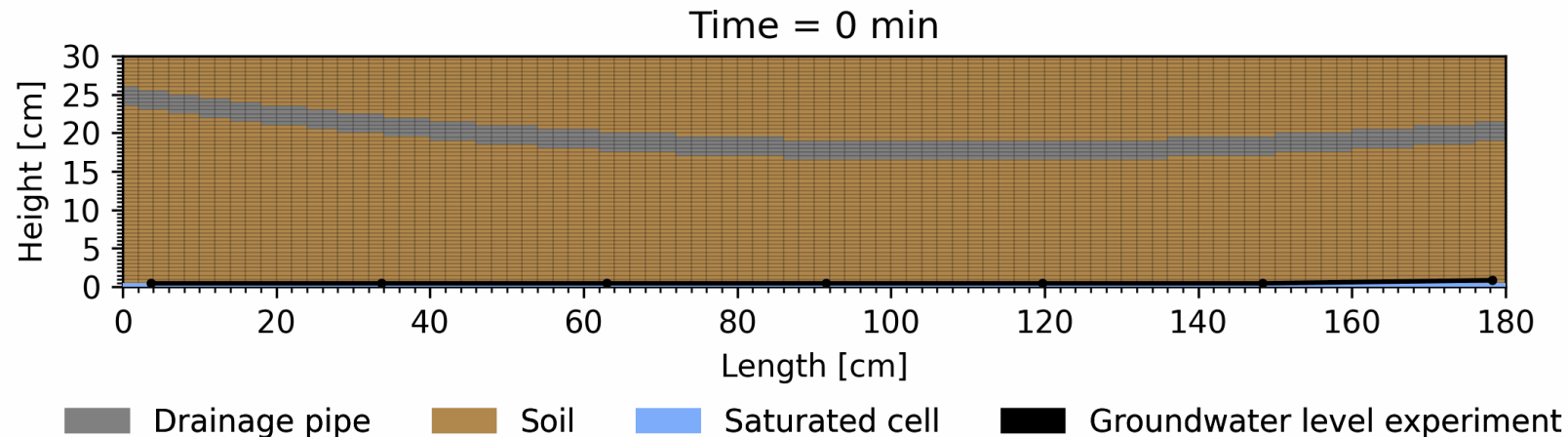
Modelling af typejorde



Fysiske forsøg med infiltration til drænledninger



Modellering af indsivning til drænelledning



Accumulated volume:

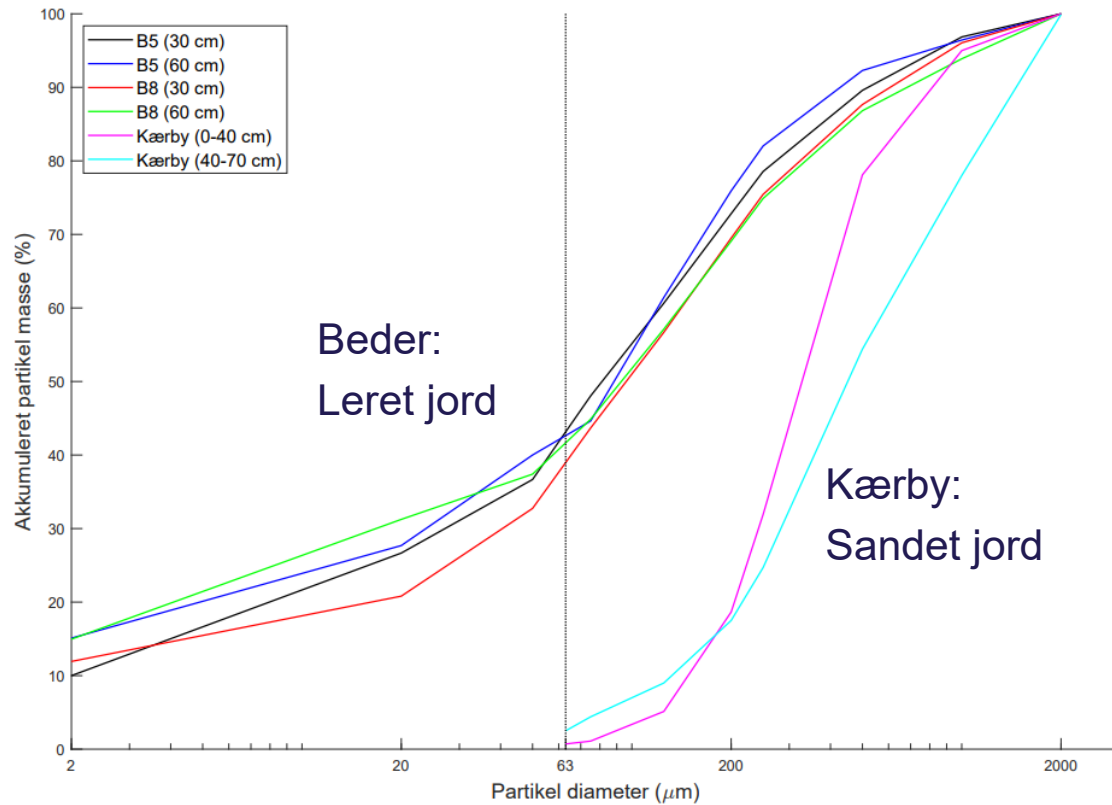
Rain:	0.0 L	Drainage pipe:	0.0 L
Left outlet:	0.0 L	Right outlet:	0.0 L

Current volume:

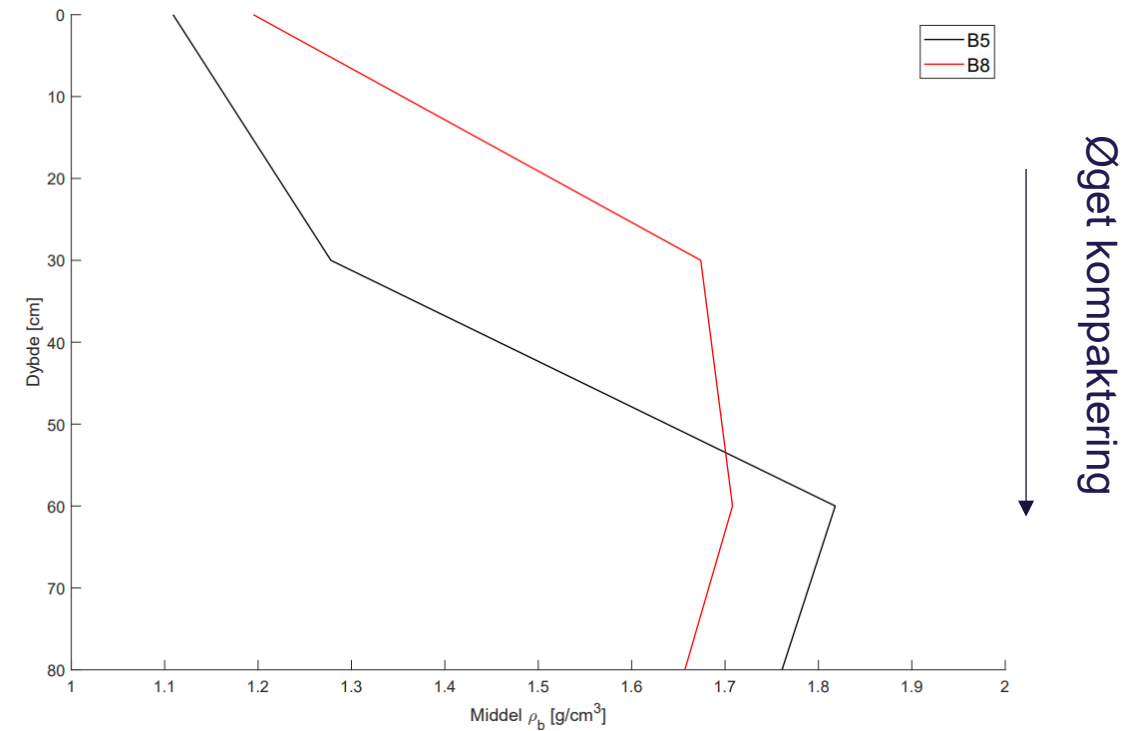
Box storage:	0.0 L
Top reservoir:	0.0 L

Jordtekstur og -kompaktering

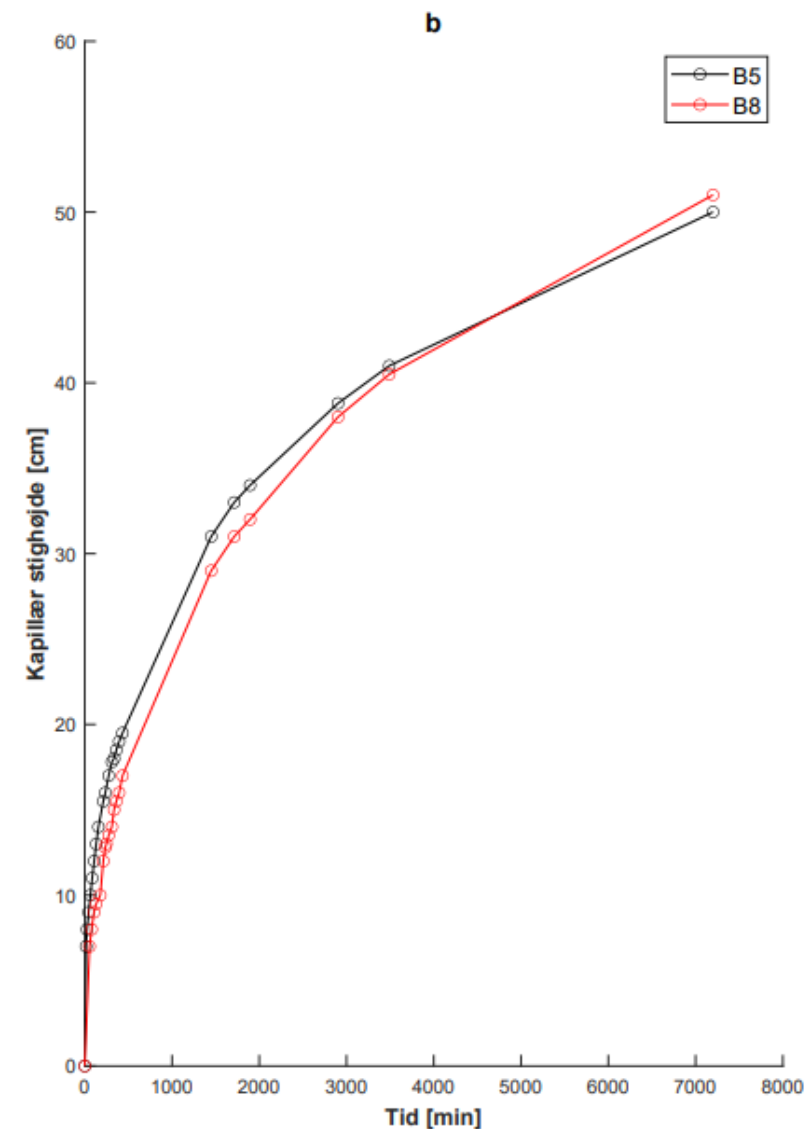
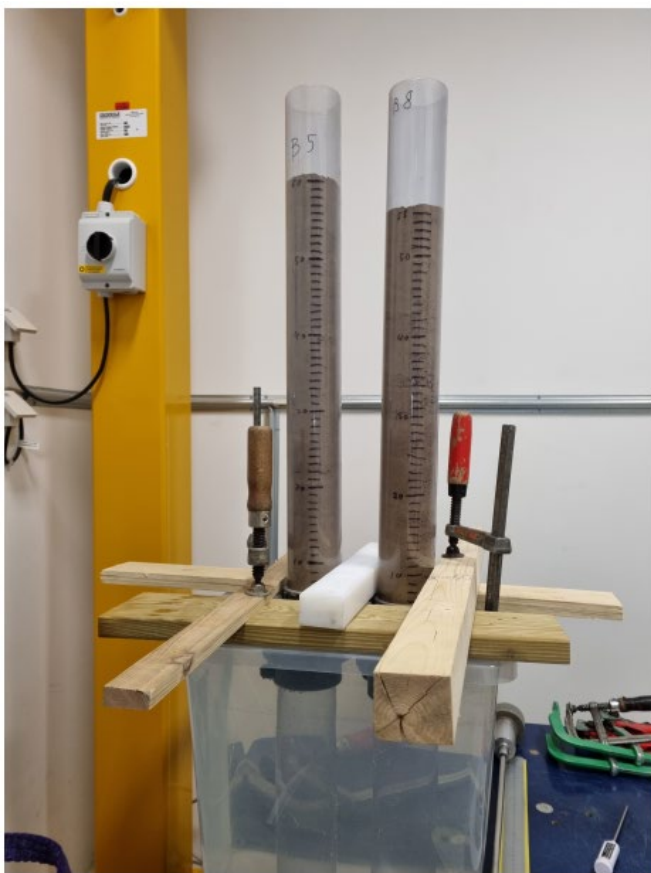
Kornkurver:



Volumenvægt som funktion af dybde



Måling af kapillær stighøjde i laboratoriet



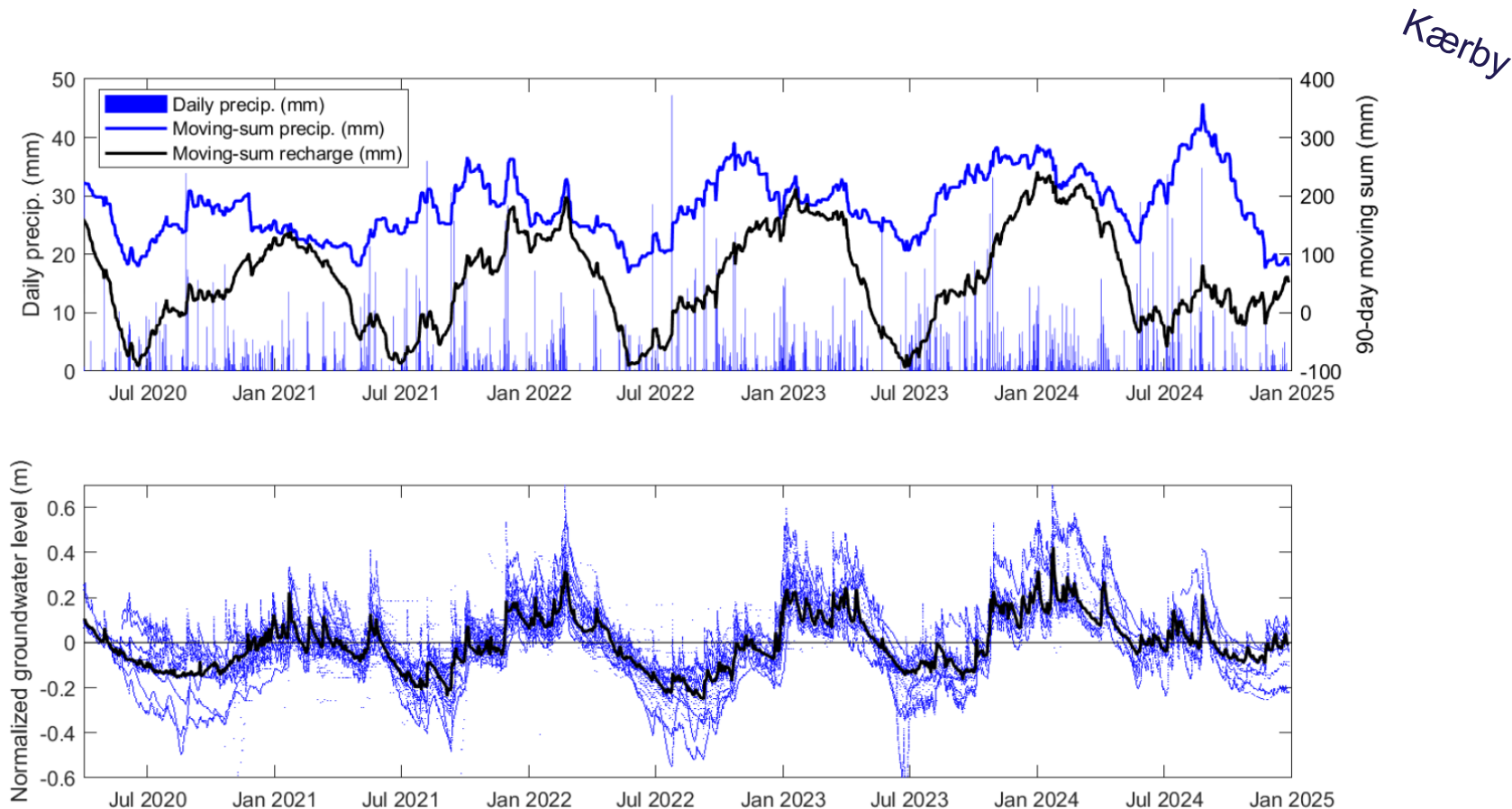
Jacob Bomholt: Kapillarzonens effekt på grundvandsstigninger og uvedkommende vand i urbane områder. Civilingeniørspéciale AAU, 2025

Grundvandsdynamik på kort tidsskala

- Hurtige stigninger i grundvandsspejlet sker pga. af en næsten mættet kapillærzone.
- Grundvandet kan lokalt forblive højt længe efter nedbør – især i lerede jorde med lav hydraulisk ledningsevne – dette kan medføre længerevarende indsivning til afløbssystemer og dræn.
- Det er vigtigt at forstå denne dynamik for at kunne lave løsninger til håndtering af terrænnært grundvand.

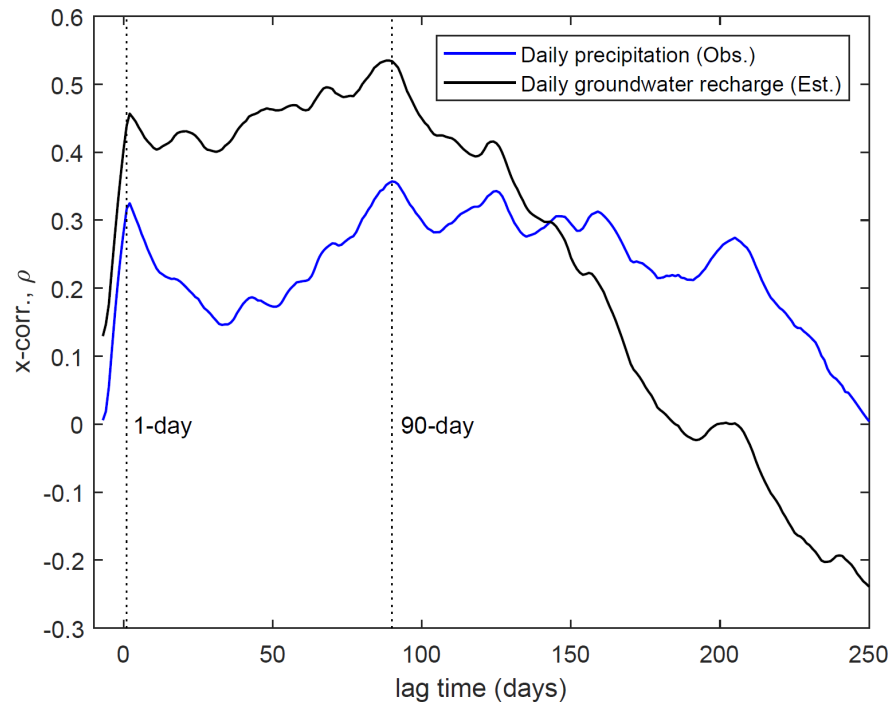


Normaliseret grundvandsstand: 2020-2024



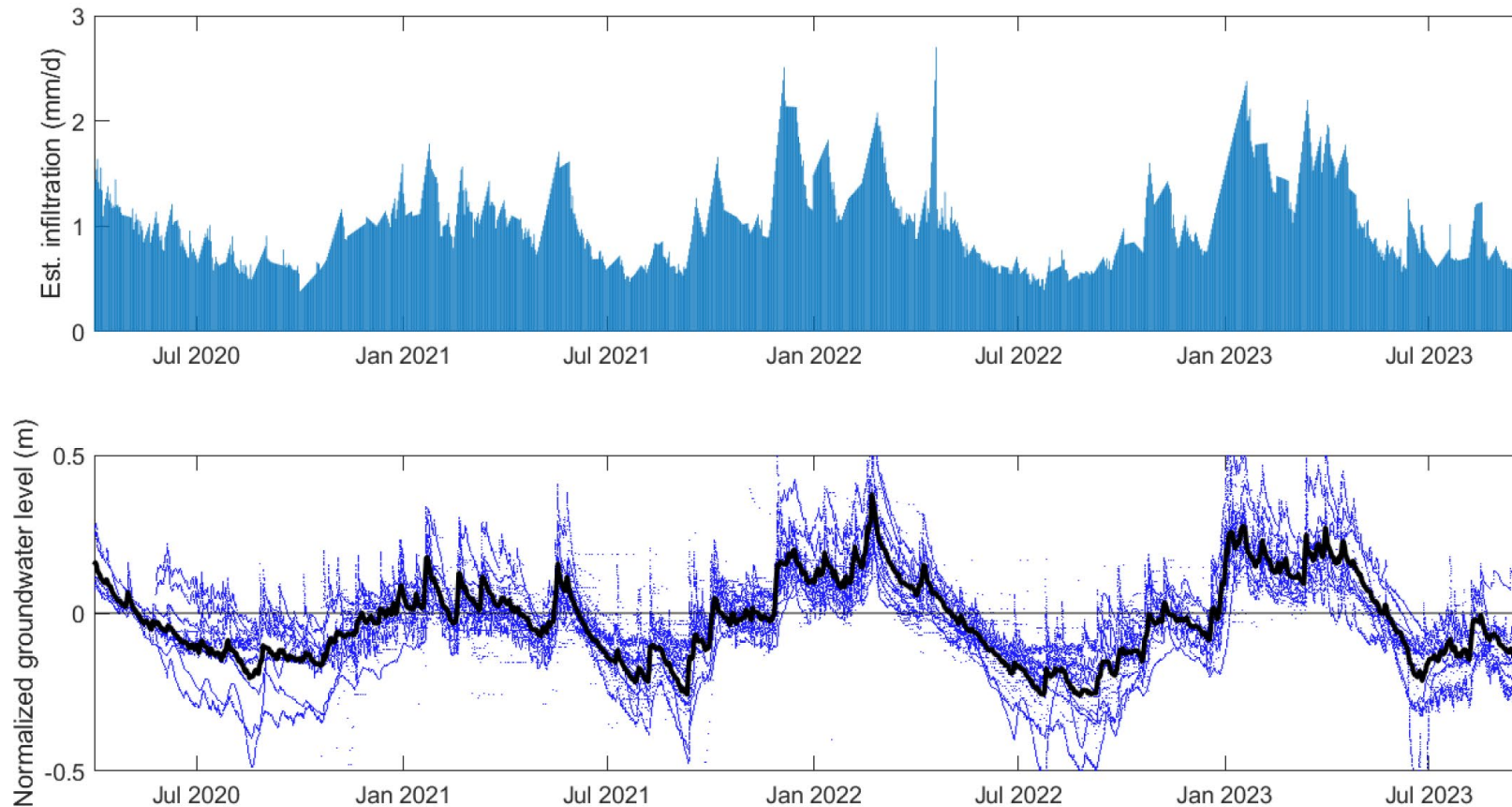
- Sommeren 2024 har været vådere end de tre tidligere år → højere grundvandsstand
- I vinteren 2023/2024 er der målt de højeste grundvandsstande i perioden.

Krydskorrelation mellem nedbør og grundvandsstand



- GVS korrelerer godt med 1-dags forsinkelse → hurtig respons på regn
- GVS korrelerer godt med 90-dags forsinkelse → årstidsvariation

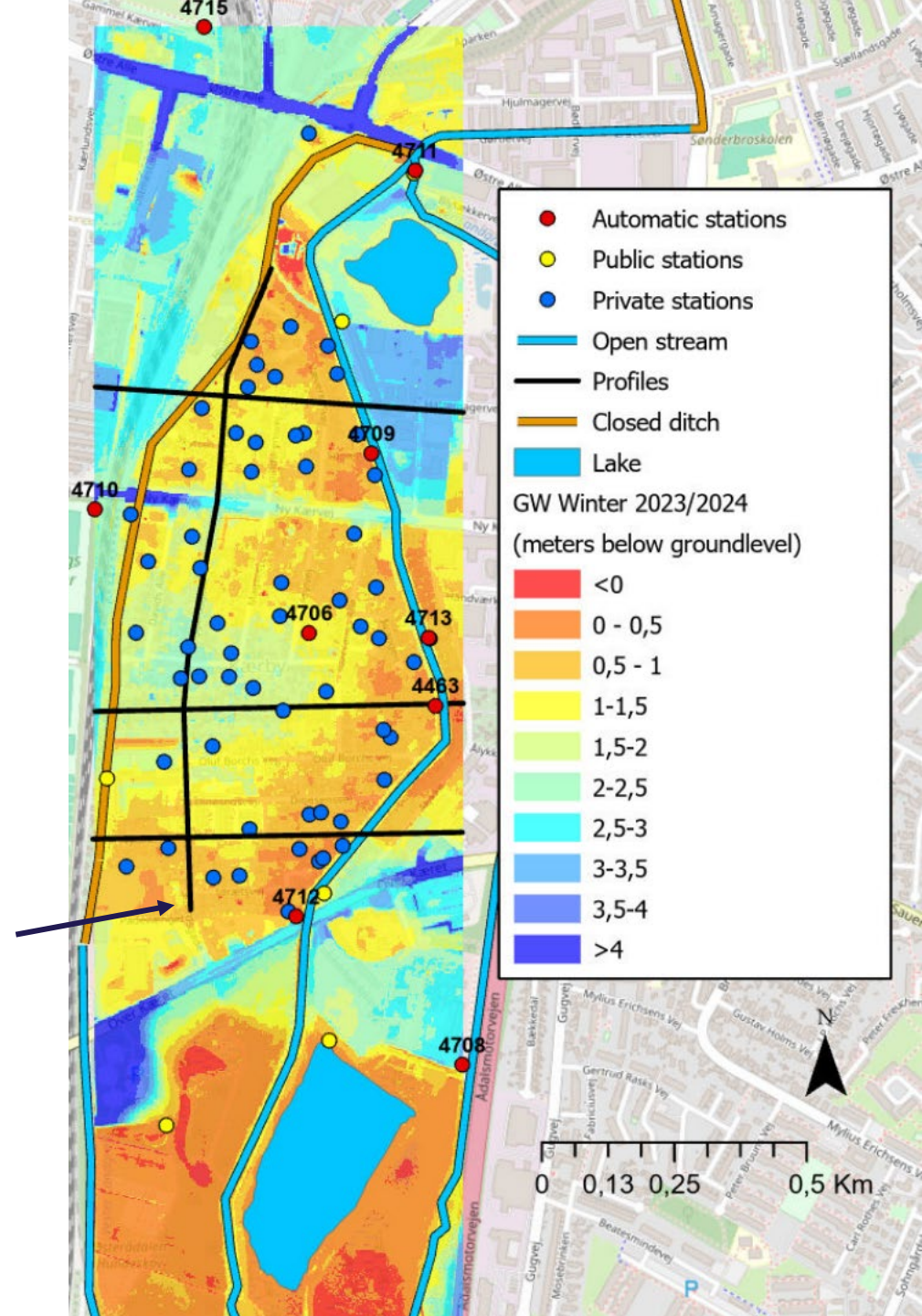
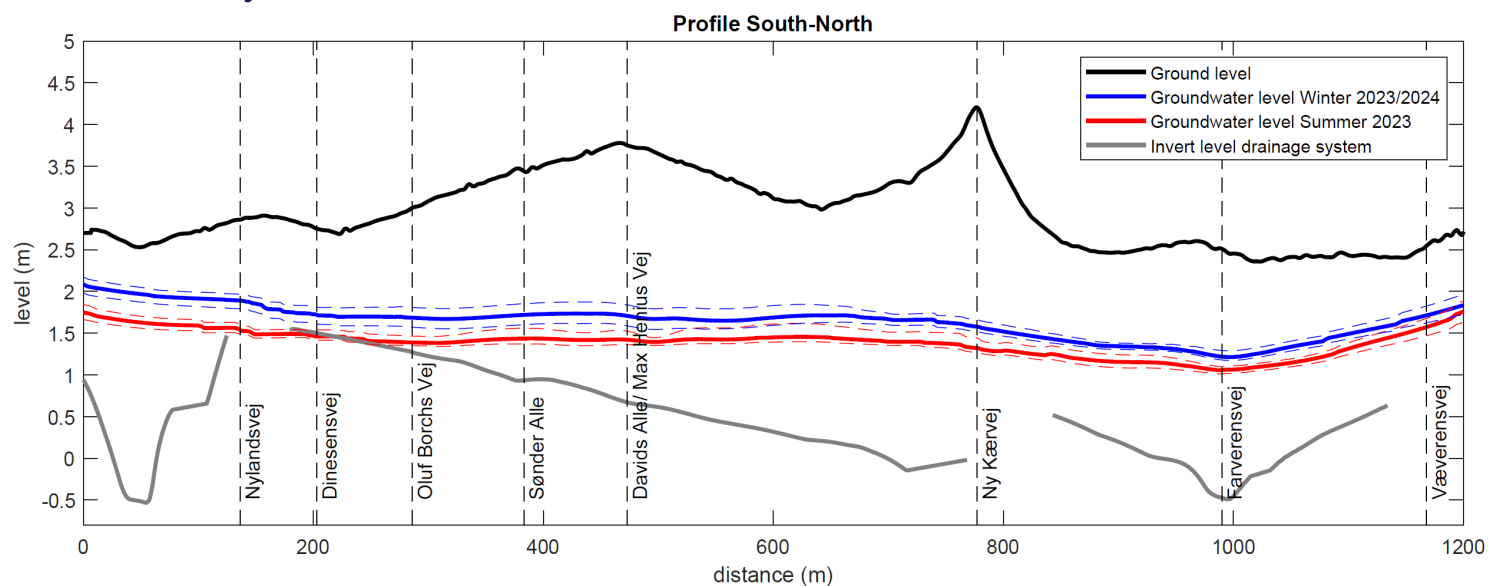
Sammenhæng mellem grundvandsstand og infiltration til afløbssystem



- Infiltrationen til afløbssystemet i Kærby er større end årsnedbøren!

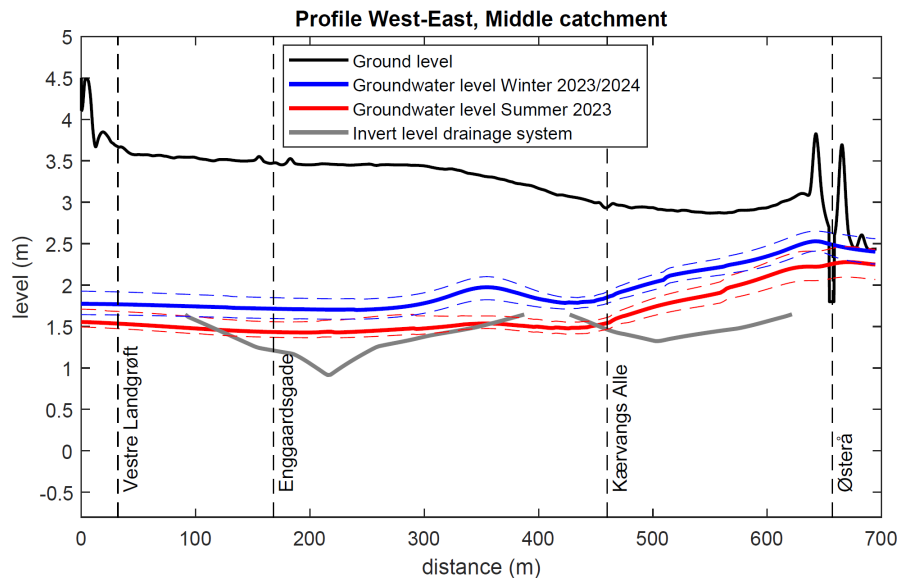
Interpoleret grundvandsspejl: Vinter

Profil Syd-Nord

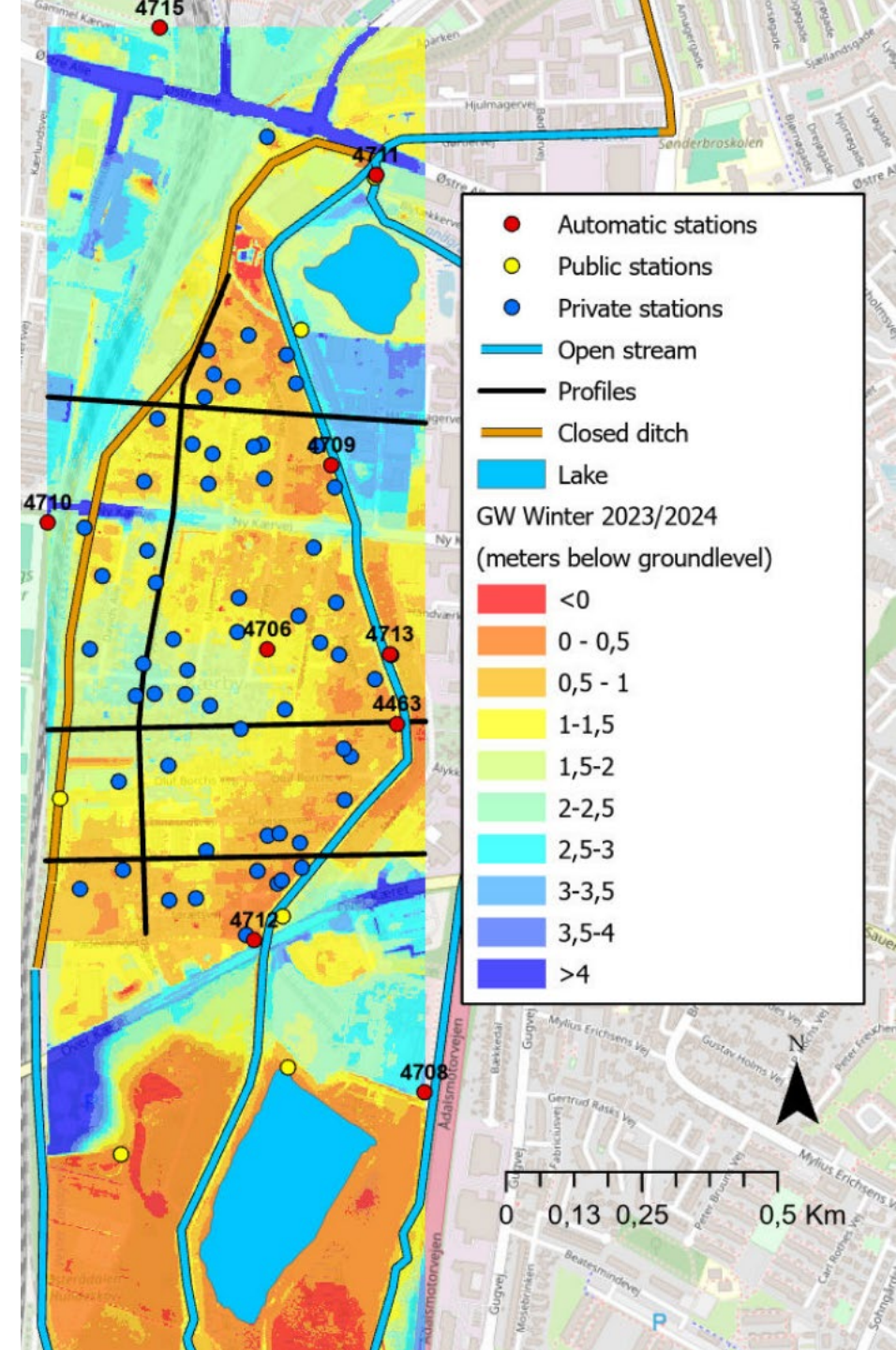


Interpoleret grundvandsspejl: Vinter

Profil Vest-Øst

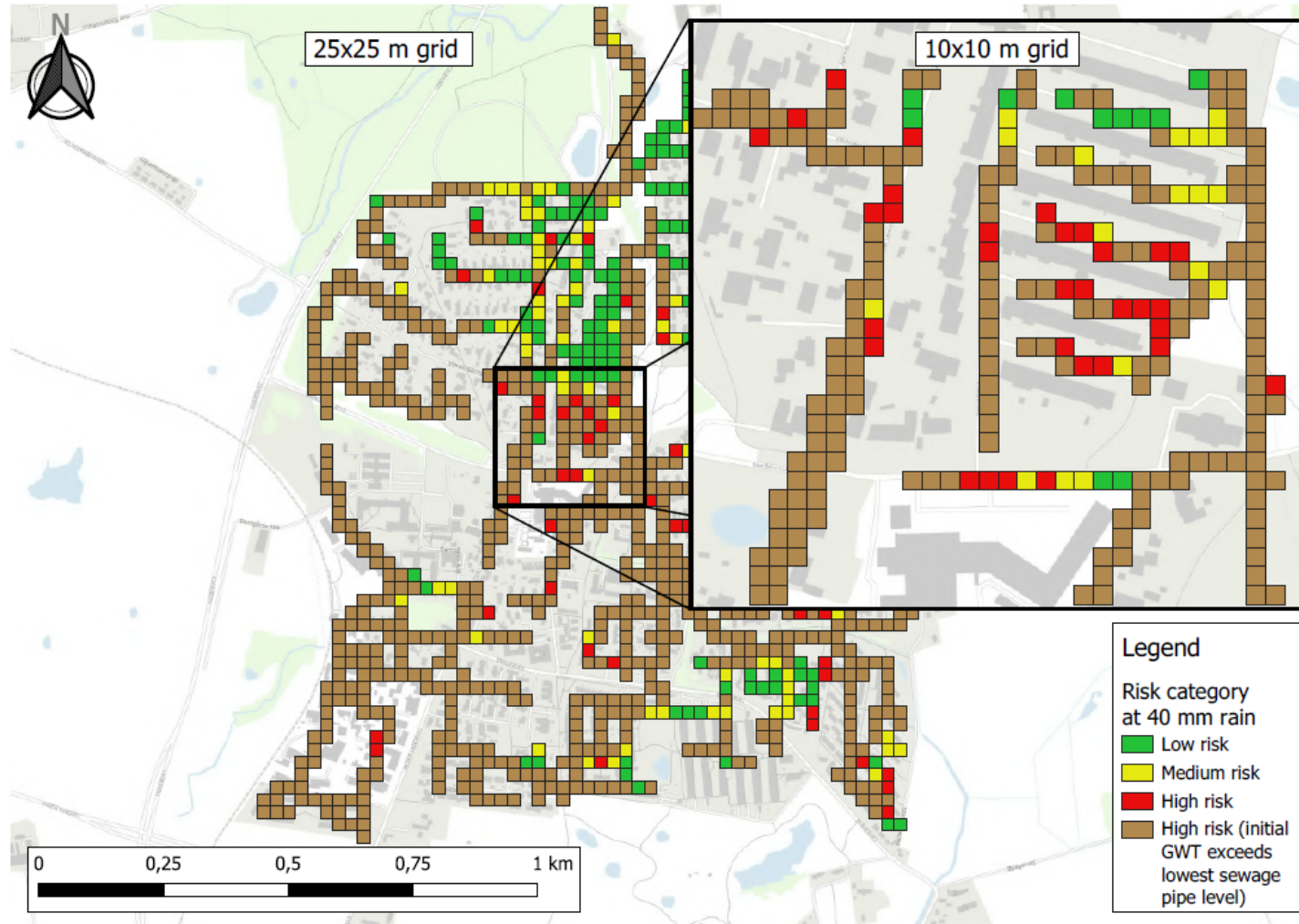


- Grundvandsspejlets dynamik er påvirket af infiltration til afløbssystem samt tilstrømning fra vandløb



Ideer til implementering

- Risikokort for infiltration grundvand til afløbssystem/dræn baseret på stigning i grundvandsspejl i forhold til afløbssystemets kote.



Videre arbejde

- Yderligere jordkarakterisering (felt og lab.) og kobling til observerede processer med henblik på bedre parametre til modellering
- Tidsserieanalyse: Kan vi bruge impuls-respons sammenhænge til at beskrive dynamikken
- Opskalering af vertikale (1D-) processer til oplandsskala - herunder sammenligninger med grundvandsmodeller, HIP, mv.

Der er behov for mere forskning i det terrænnære grundvands dynamik på kort og lang tidsskala før man begynder at lave løsninger til håndtering af højtstående grundvand i byer

Hovedbudskaber

- Grundvandsniveauets dynamik styrer infiltrationen af uvedkommende vand i afløbssystemer samt risiko for grundvandsoversvømmelse.
- Kapillærkræfter i jorden er afgørende for dynamikken af terrænnært grundvand.
- Modellering af jordens vandindhold kan forbedre estimering af infiltrationsbelastning på afløbssystemer og risikoen for grundvandsoversvømmelse.
- Hele vandkredsløbet er vigtigt: interaktion mellem grundvand, afløbssystem og vandløb – herunder årstidsvariationer.
- Byens heterogene og modificerede geologi er vigtigt i forhold til at beskrive dynamikken i grundvandsniveauet – herunder er jordens kompaktering en nøgleparameter.



Variation i det terrænnære grundvandsspejl på kort og lang tidsskala

Søren Thorndahl, Aalborg Universitet
st@build.aau.dk

Tak til

Projektet **GRAVA** (Aalborg Forsyning, Aalborg Kommune, Niras, Aalborg Universitet), finansieret af **VUDP**

Projektet **Ternært Vand** (Aarhus Vand, Aarhus Kommune, Niras, Aalborg Universitet), finansieret af **VUDP**

Specialestuderende på **Aalborg Universitet**

Per Møldrup og Jesper Ellerbæk Nielsen,
Aalborg Universitet



Evaluering Gymnasielærerdagen 2025

