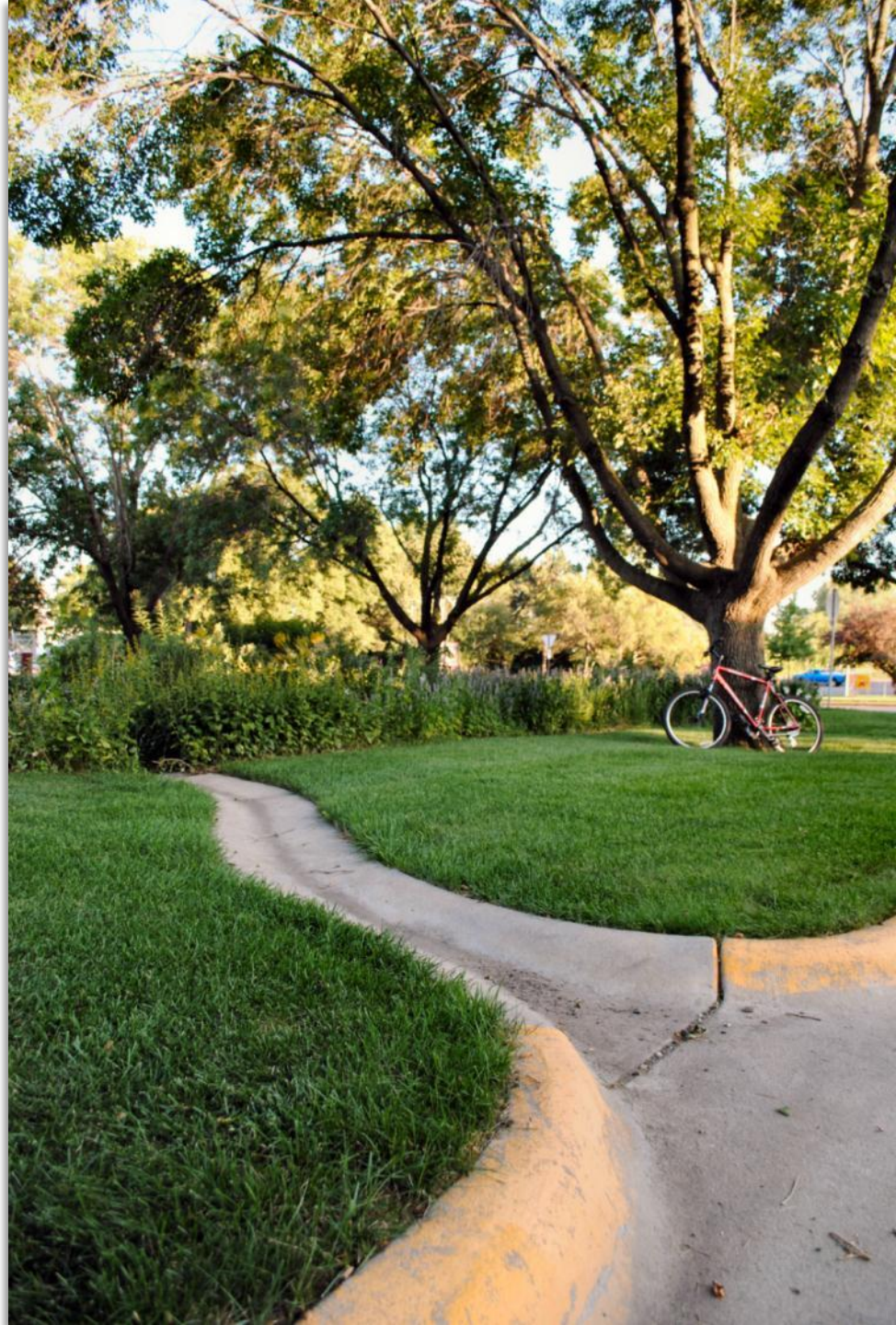


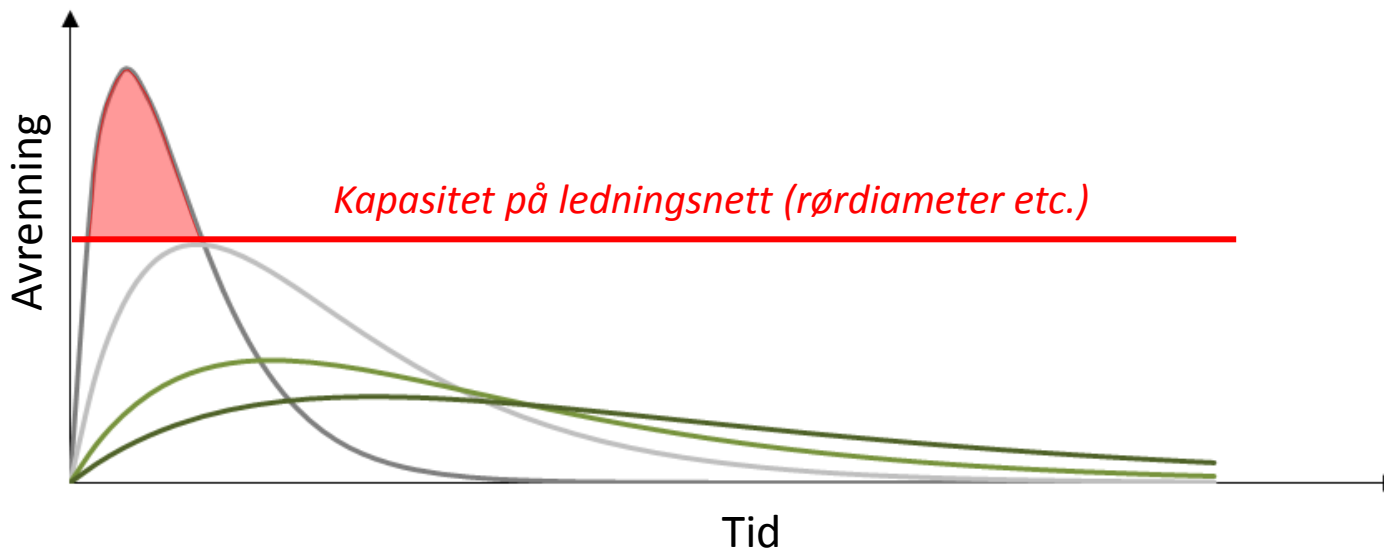
Regnbed for rensing av forurenset overvann

*Spor og spredning av
forurensning*
Miljøringen, Årsmøte 2016

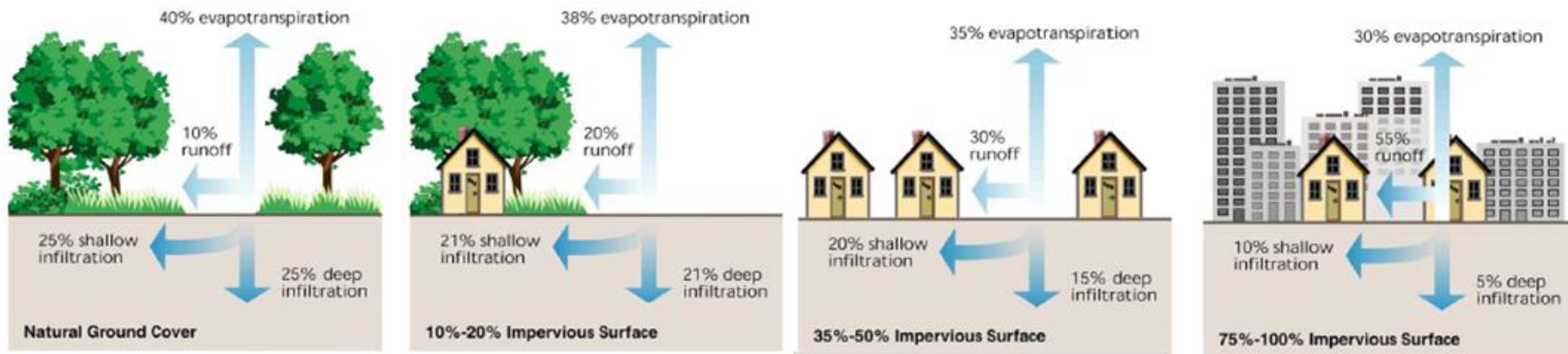
Kim H. Paus, dr.ing.
14.Mars 2016



Utfordring 1: Fortetting påvirker avrenningen

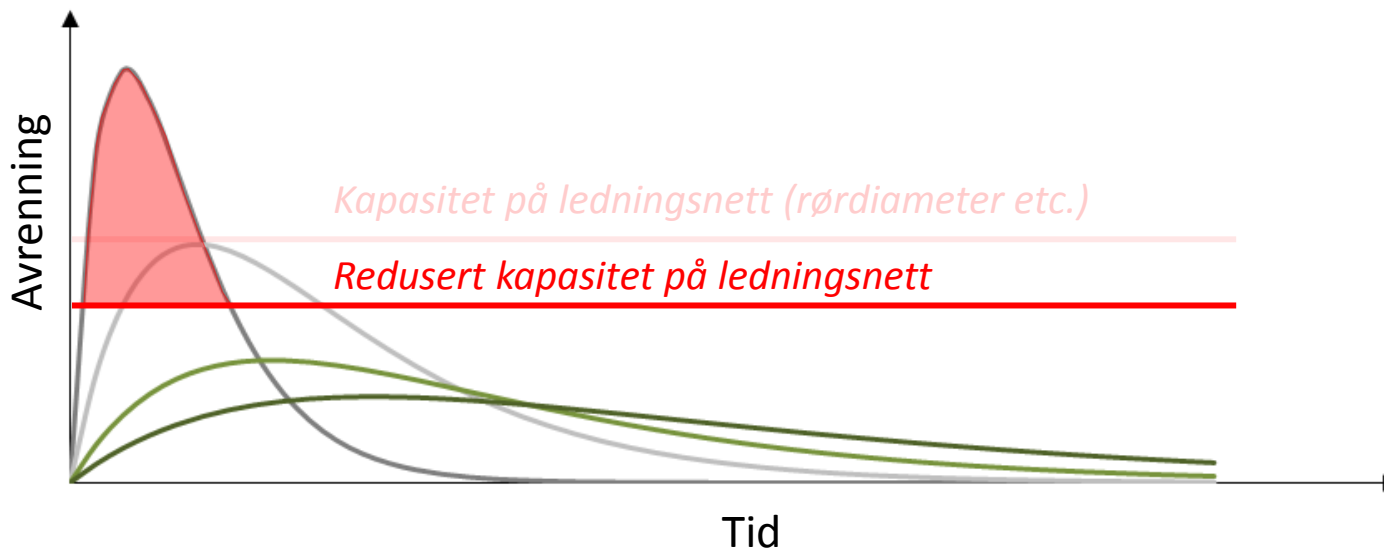


Økende urbanisering

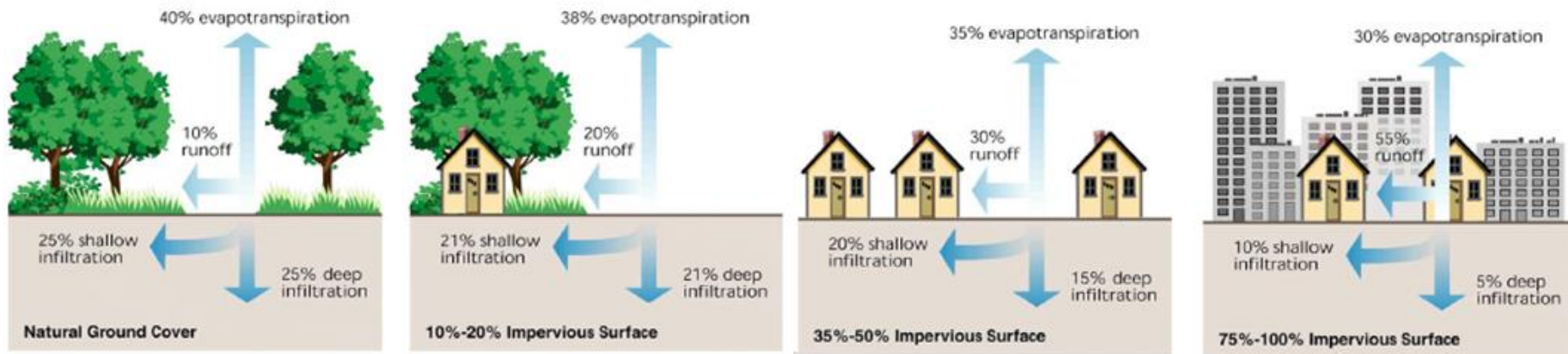


Figur fra Stream Corridor Restoration Principles, processes, and Practices (2001) USDA-Natural Resources Conservation Service

Utfordring 2: Ledningsnettet har stadig dårligere tilstand

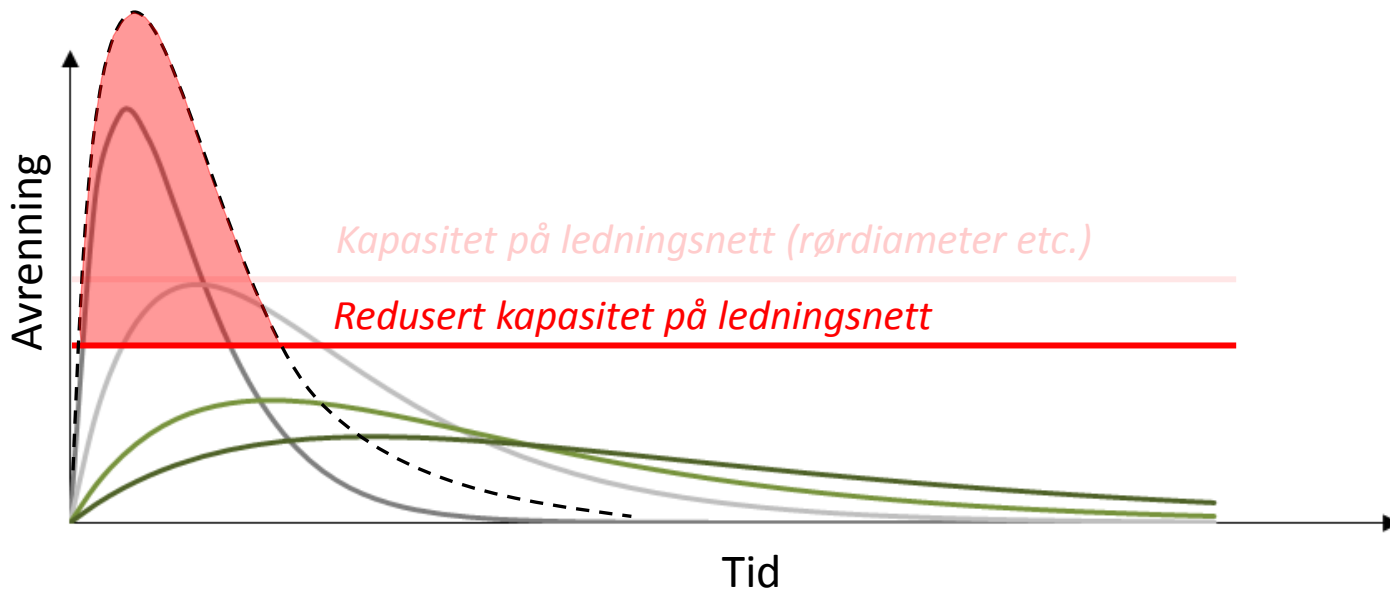


Økende urbanisering

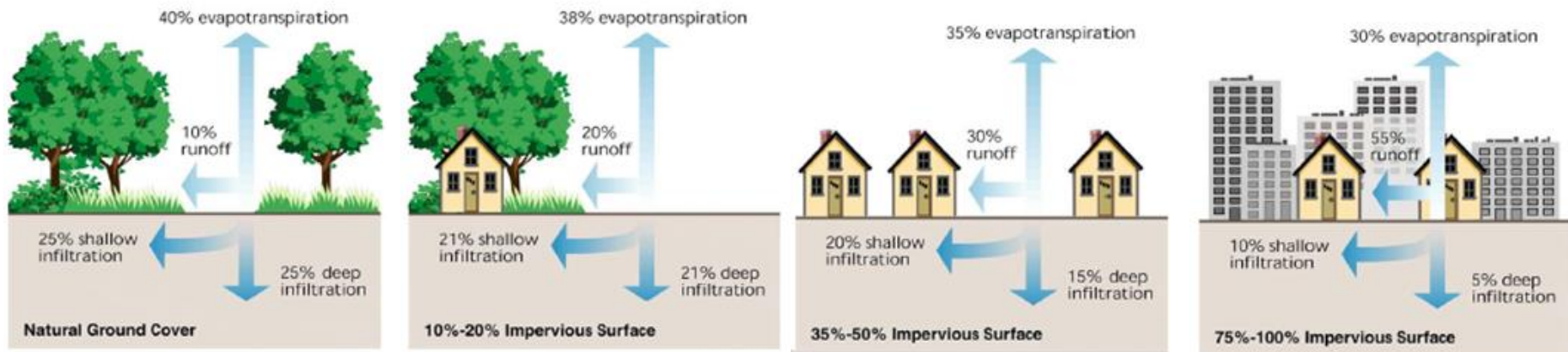


Figur fra Stream Corridor Restoration Principles, processes, and Practices (2001) USDA-Natural Resources Conservation Service

Utfordring 3: Effekt av forventede klimaendringer

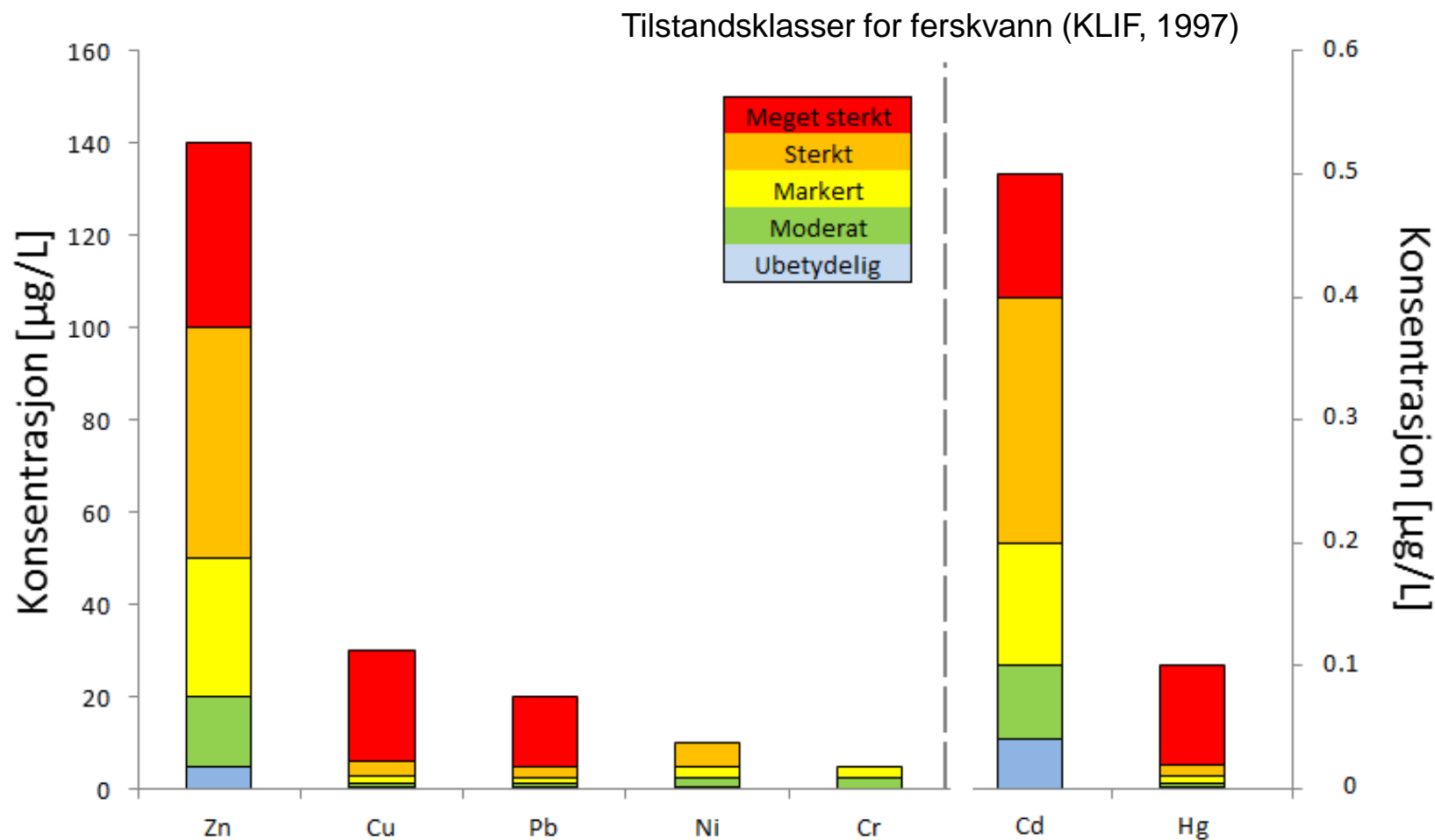


Økende urbanisering



Figur fra Stream Corridor Restoration Principles, processes, and Practices (2001) USDA-Natural Resources Conservation Service

Utfordring 4: Overvann fra tette flater er ofte forurenset



Løsning: Hvordan håndterer naturen overvann?

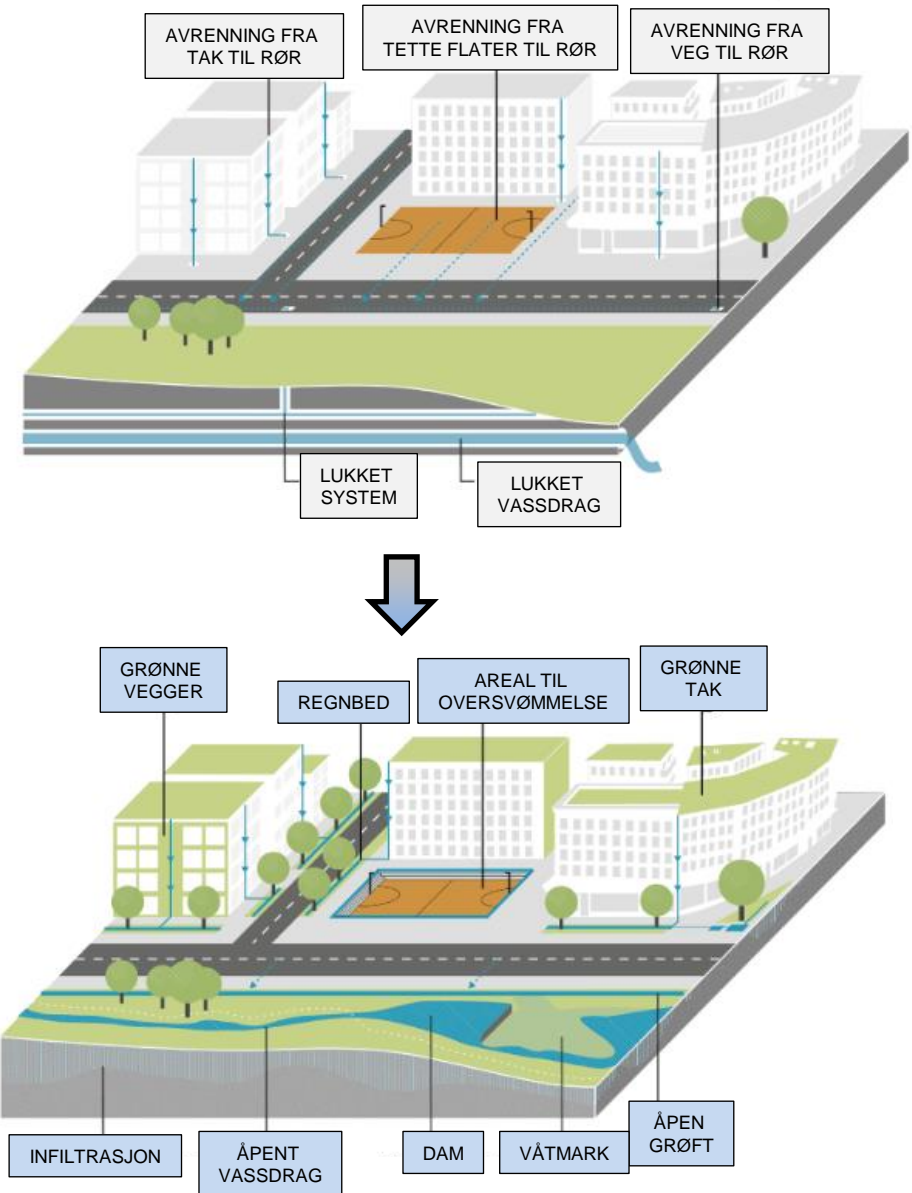


Paradigmeskiftet i håndteringen av overvann

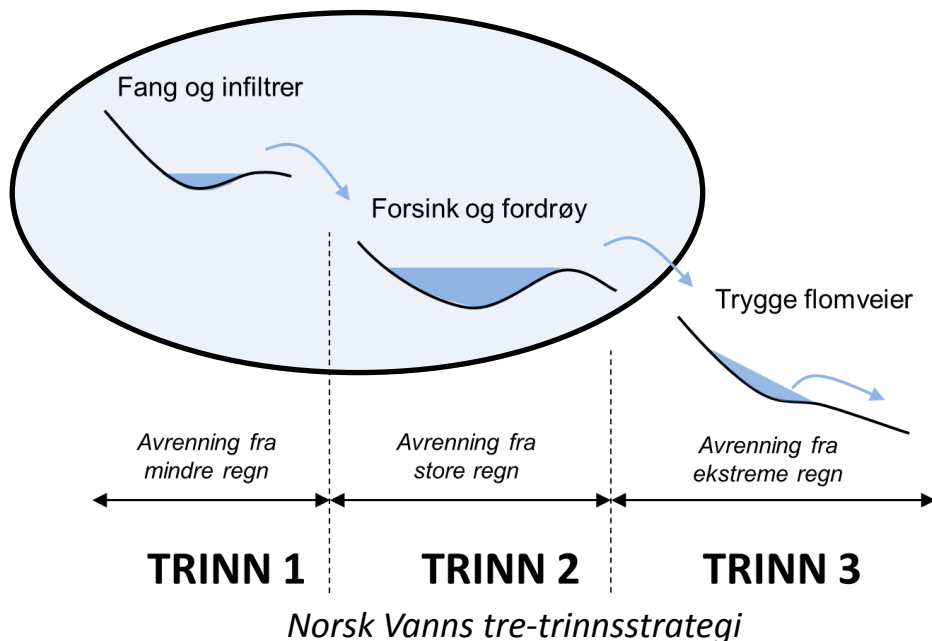
Tradisjonell håndtering av overvann og vassdrag



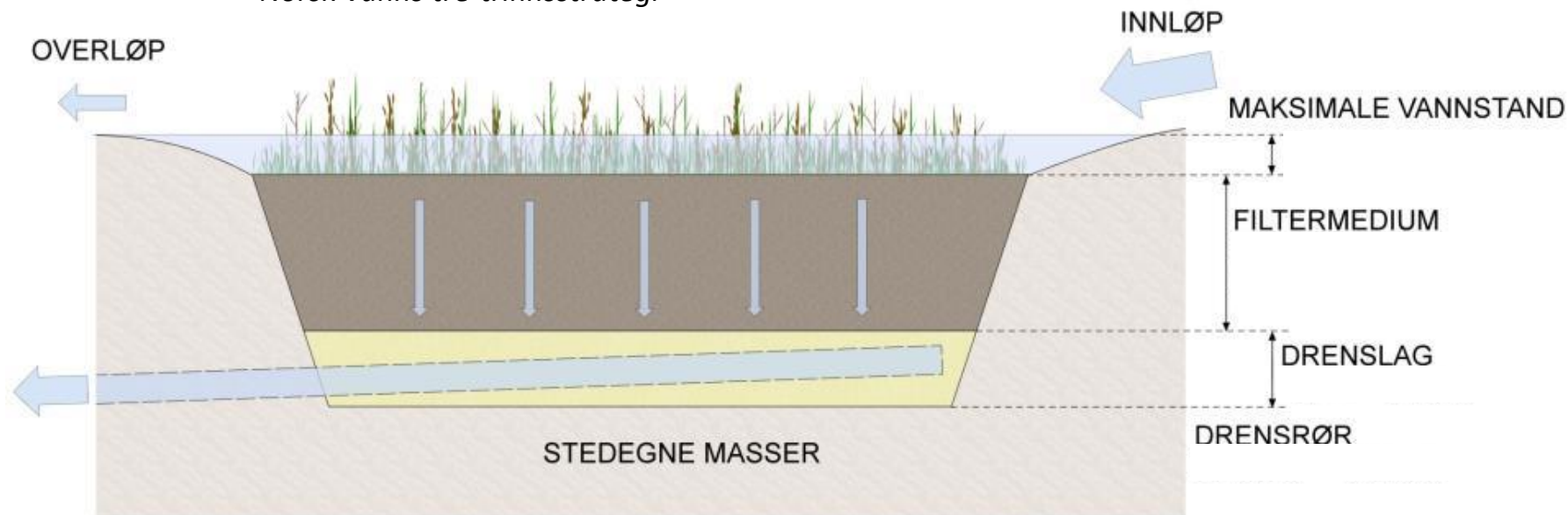
Bærekraftig og klimatilpasset håndtering overvann og vassdrag



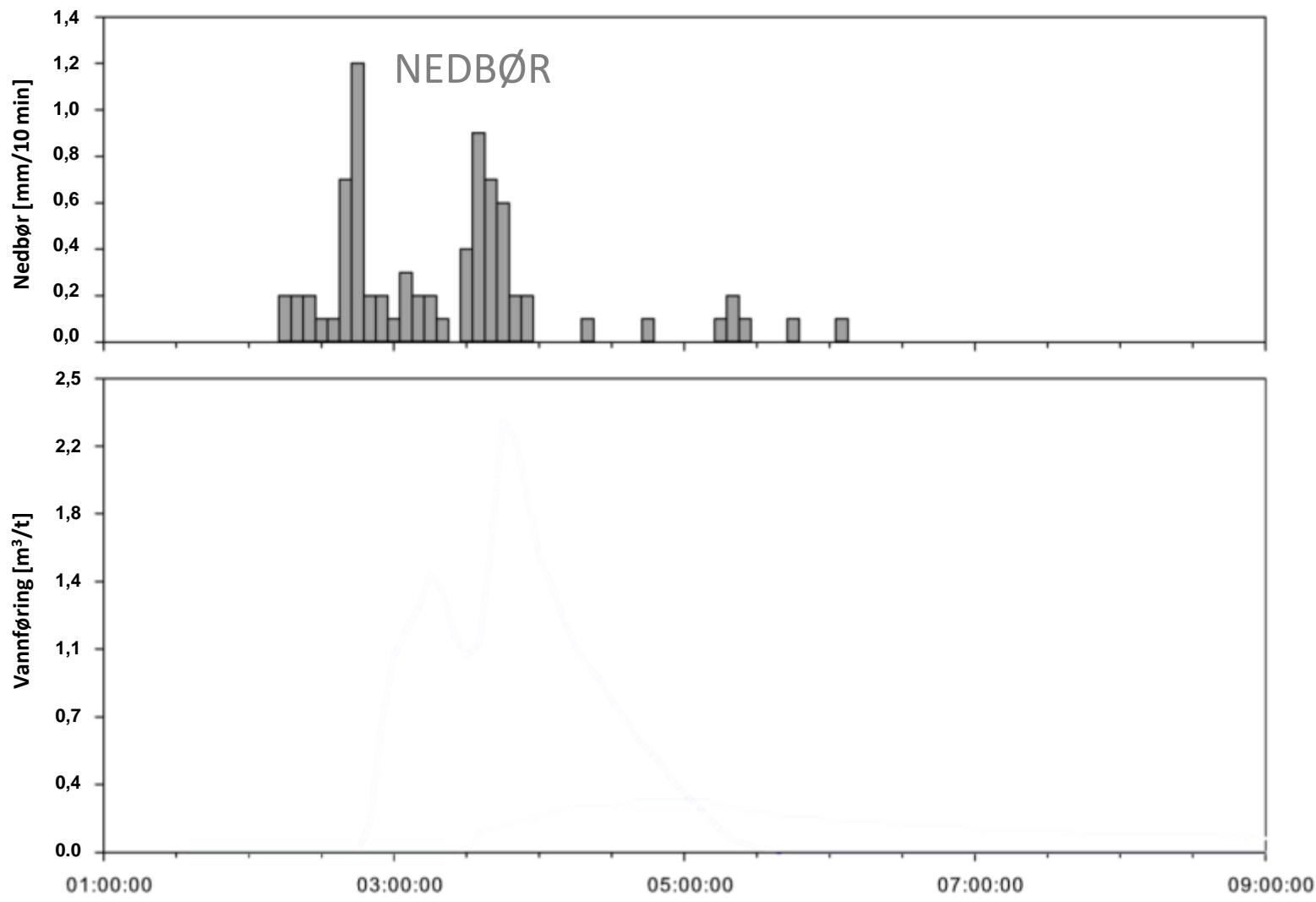
Regnbed: Prinsipper

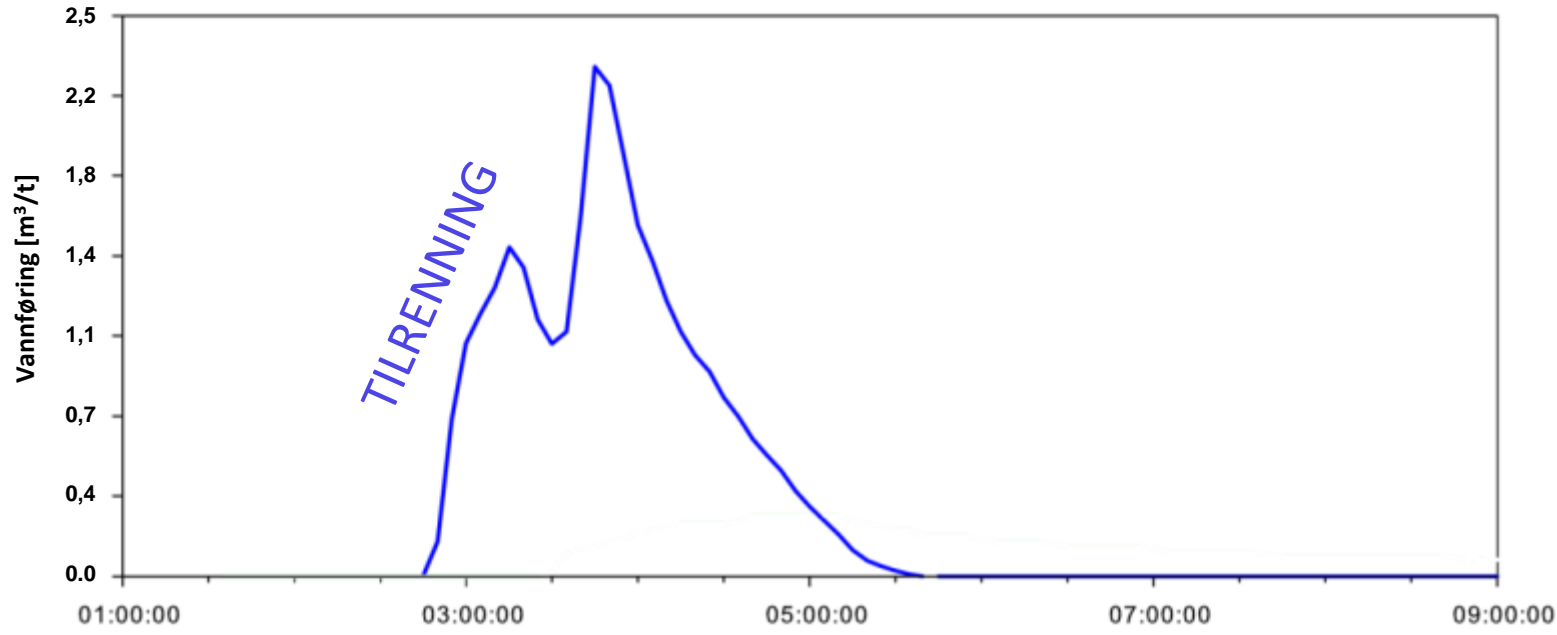
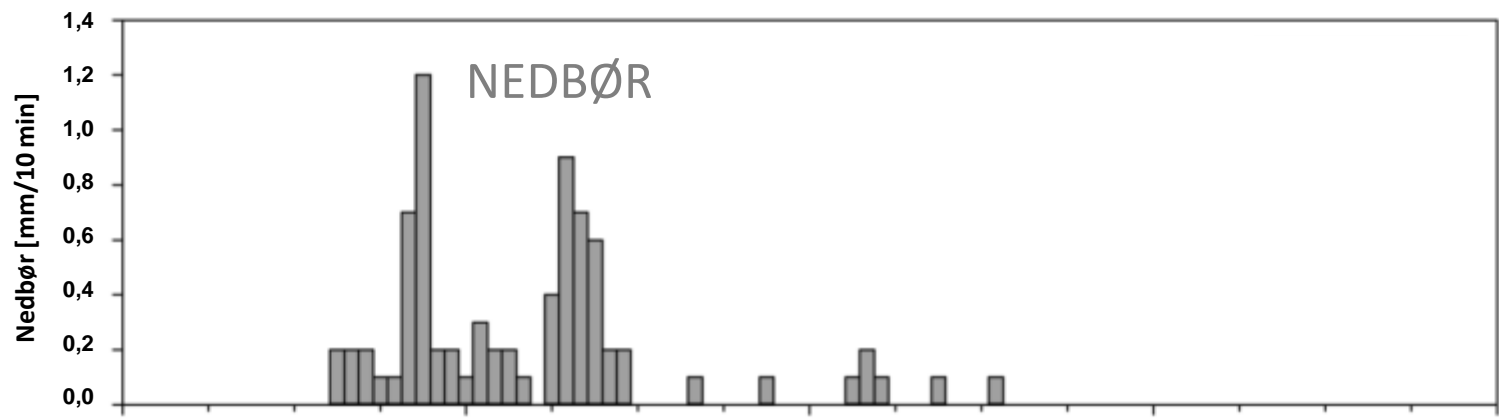


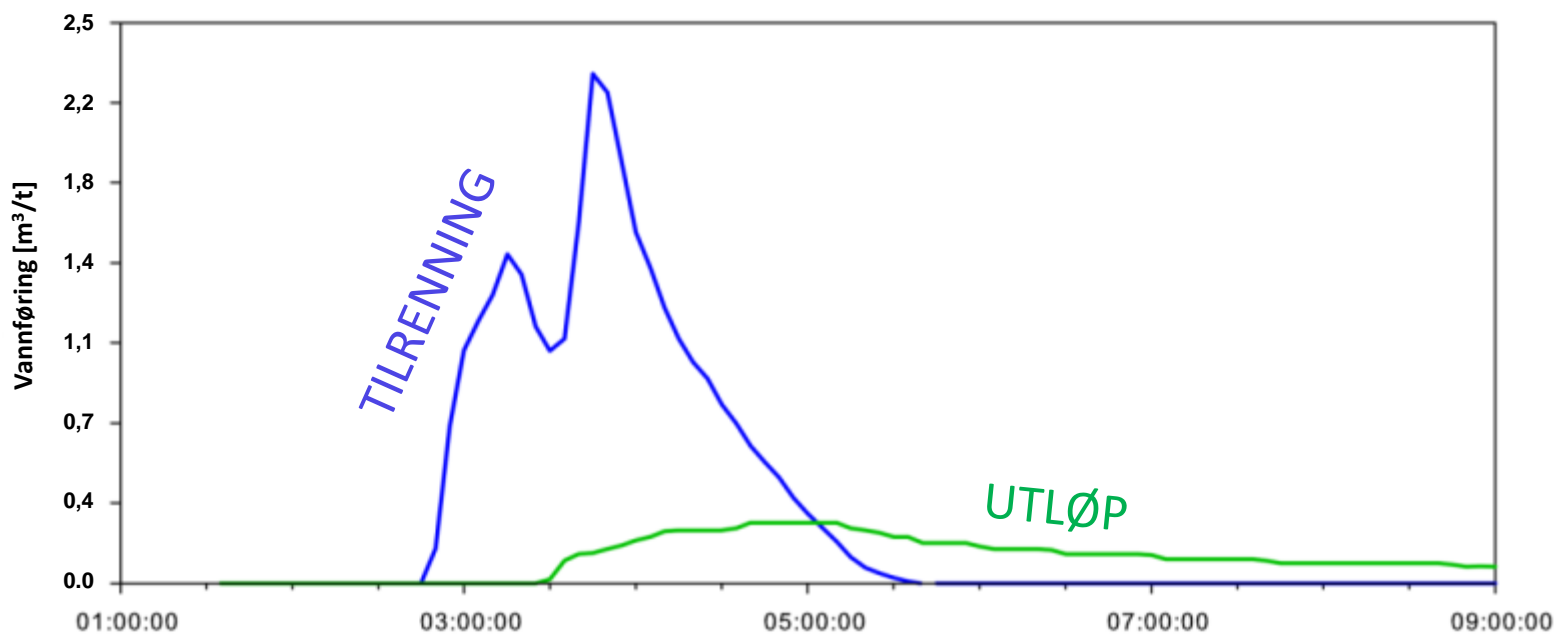
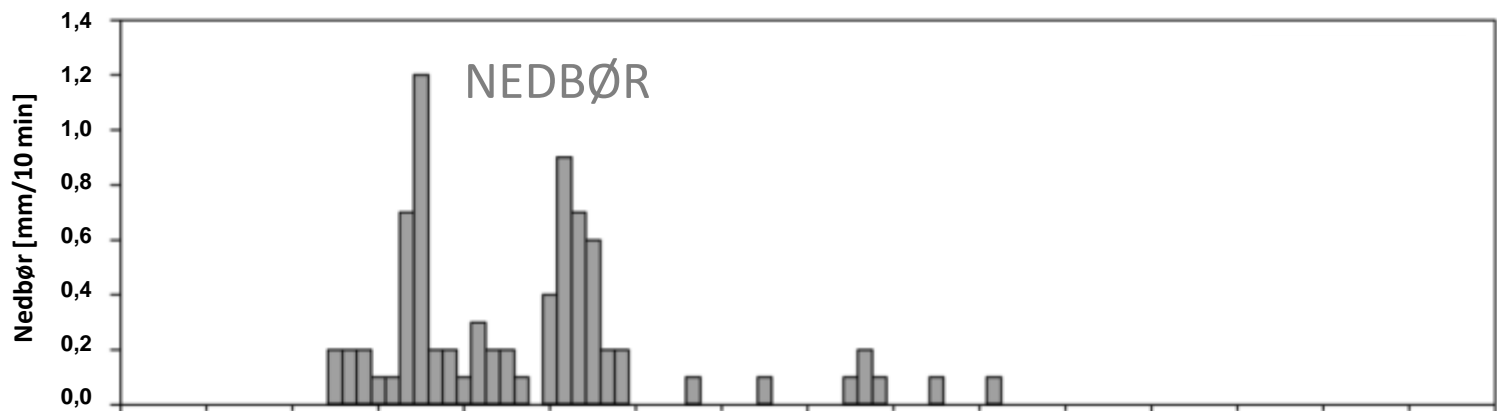
- Lokalt tiltak for å håndtere **overvannsmengder** og fjerne **forurensning**
- **Vegetasjon** bestående av varierte arter som tåler perioder med både stående vann og tørke
- Filtermediet som typisk består av **sand, matjord** og **løv-kompost**:
 1. Infiltrere overvann
 2. Fjerne forurensning
 3. Gi gode vekstvilkår

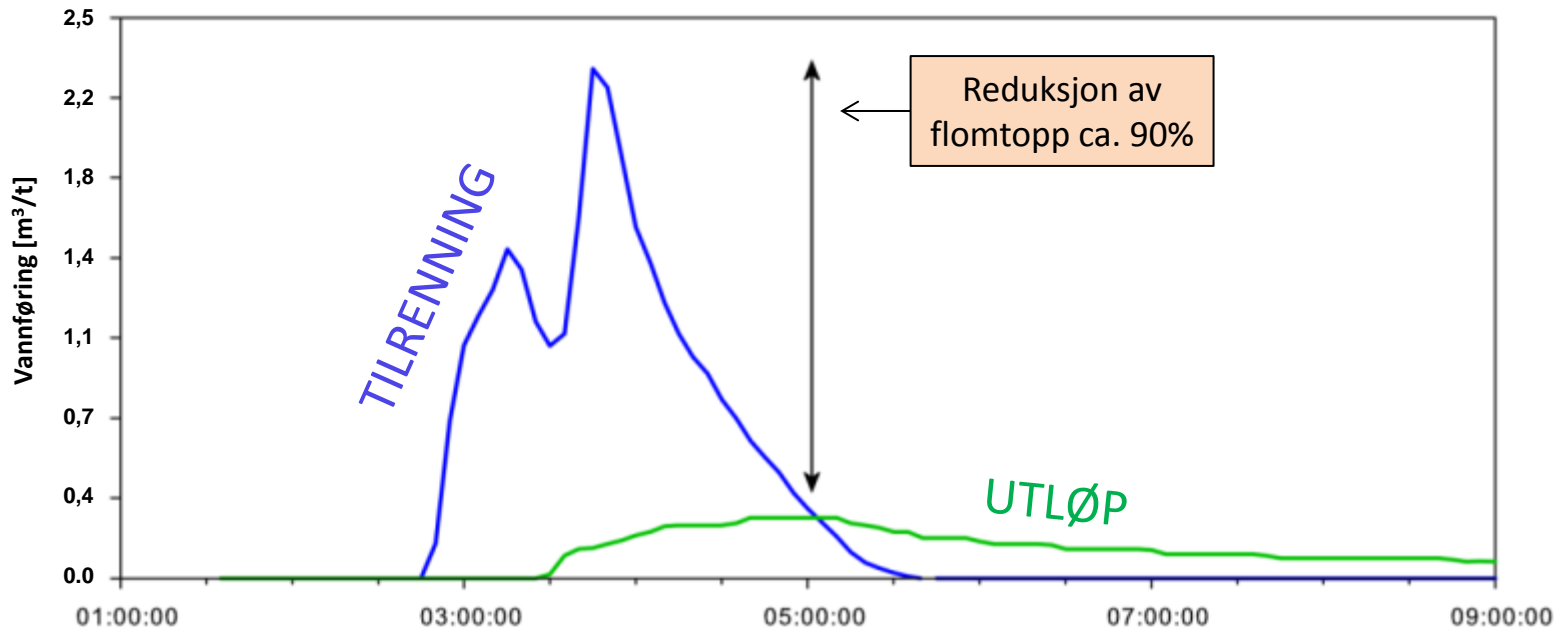
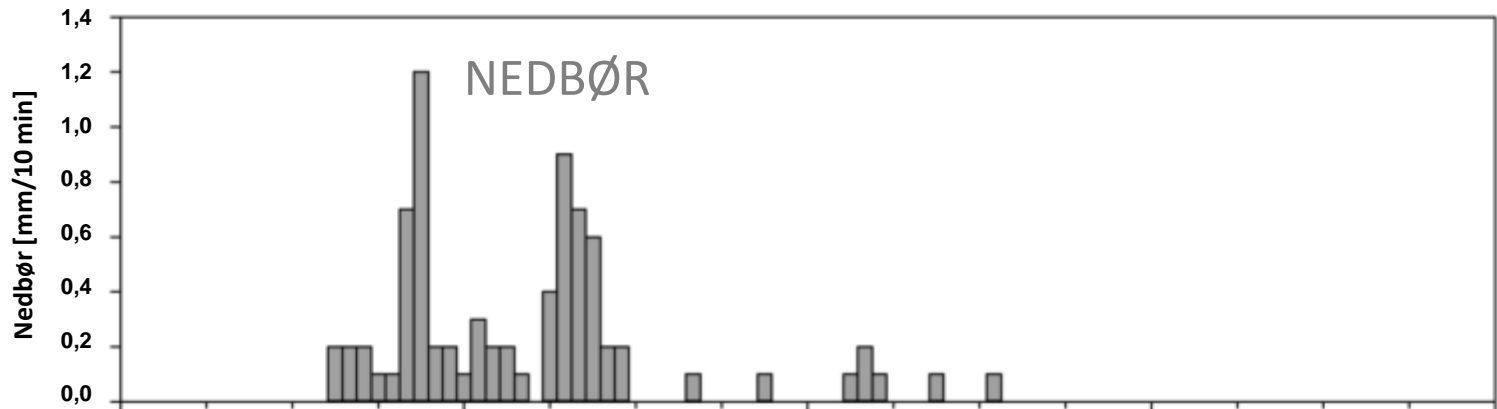


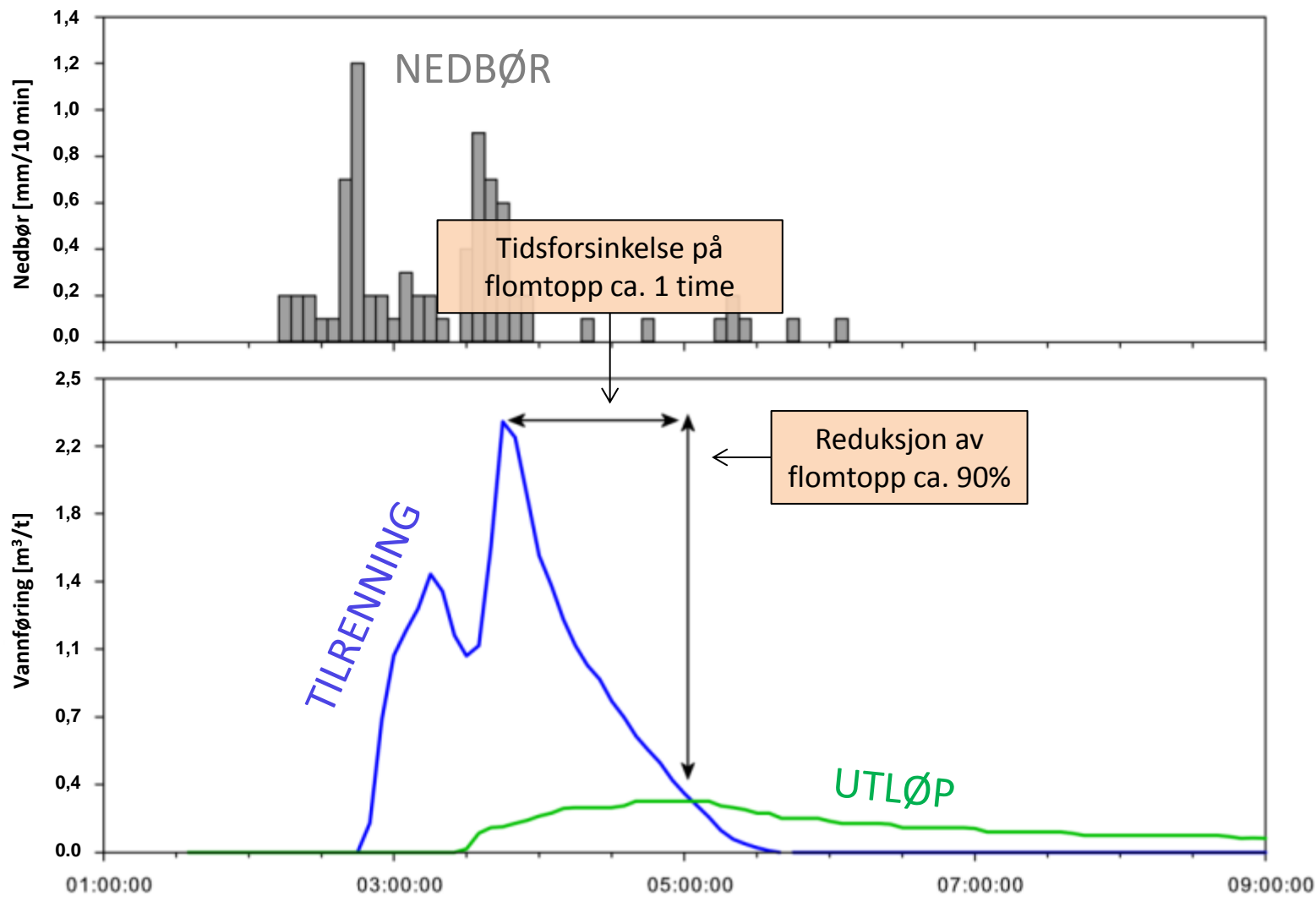


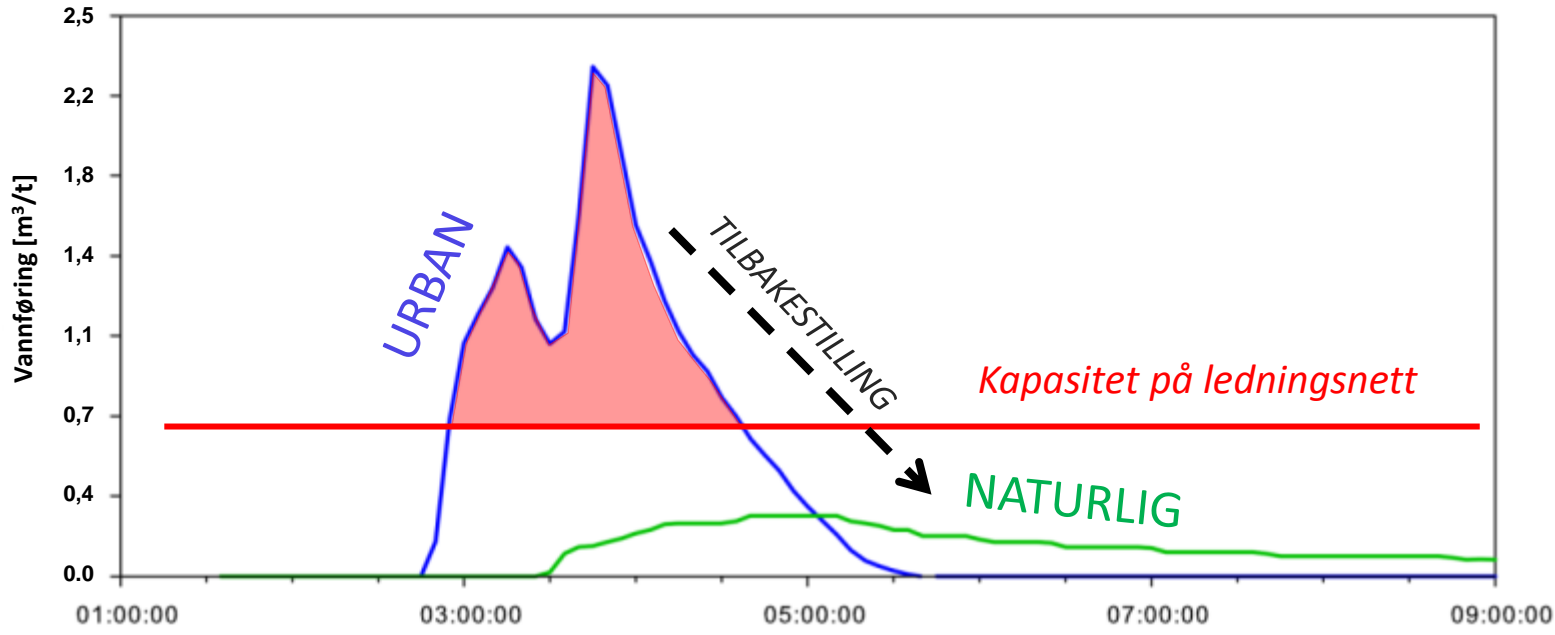
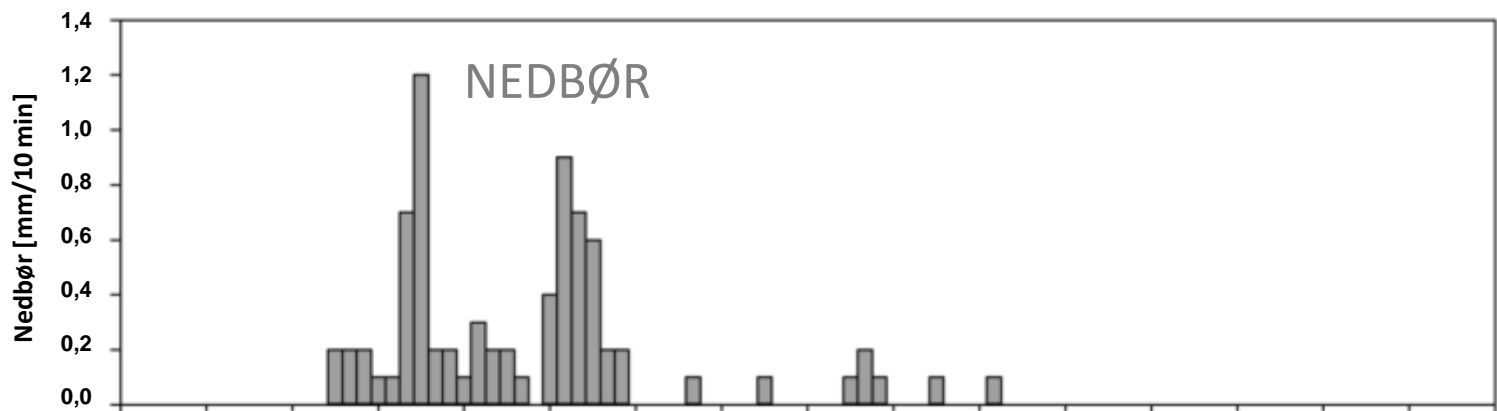












Forskningsspørsmål

Fremmer naturlig vannbalanse:

- Reduksjon av avrenningsvolum og flomtopp
- Bevarer vannet lokalt
- Etterfyller grunnvannet

Varmt klima

Fjerner forurensning fra overvann:

- TSS (> 90 %)
- Cd (> 90 %)
- Cu (50 to 80 %)
- Zn (> 90 %)
- PAH (70 – 90 %)
- Olje (> 90%)

Lav tem

Hydraulisk kapasitet

Sammensetning av filtermediet?

Forventet levetid?

Vegsalt?

Kaldt klima

Sammensetning av filtermediet?

Forventet levetid?

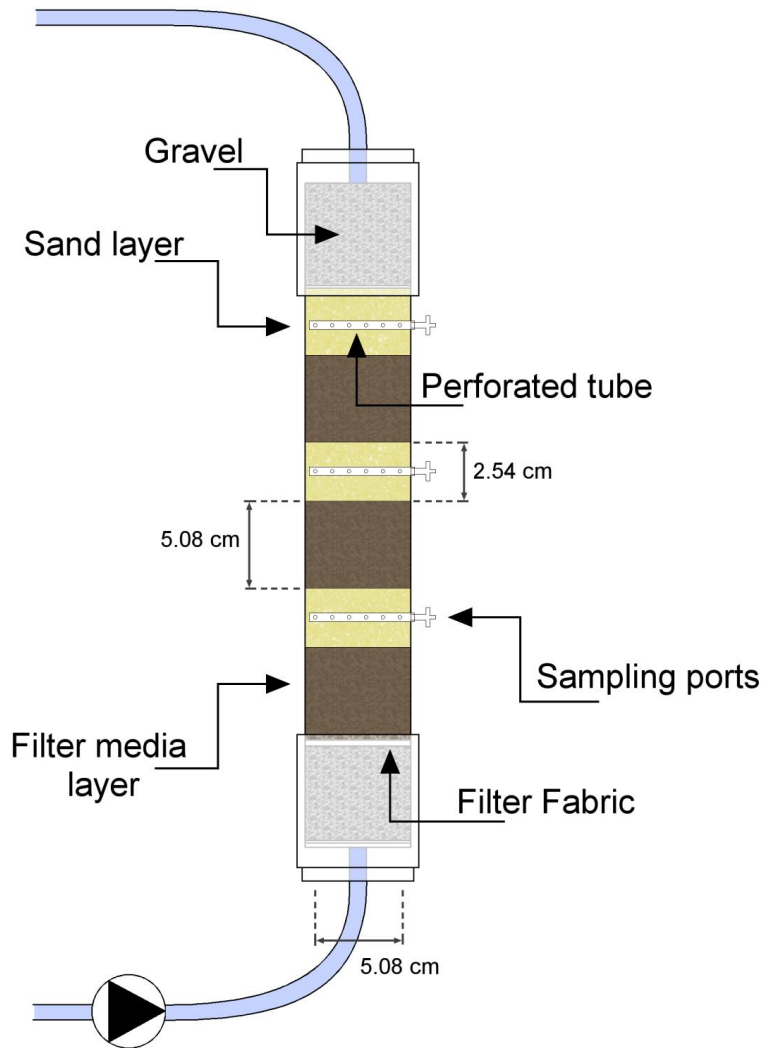
Utforming?

Road salt?

Rensing av tungmetaller

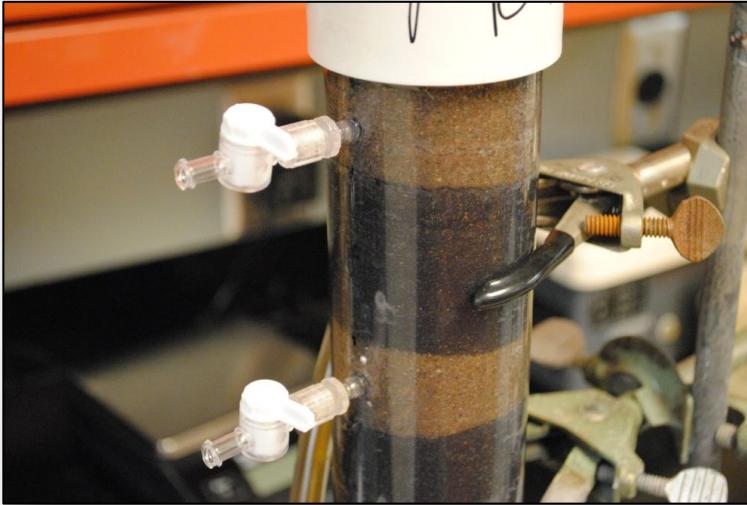
temperatur?

Metoder: Batch- og kolonne-forsøk



- Batch-eksperimenter for å bestemme sorpsjons-egenskapene for metaller til løv-kompost og sand.
- Kolonne-eksperimenter for å undersøke effekter av andelen løv-kompost og sand på rensing av løste metaller og hydraulisk kapasitet:

Metoder: Batch- og kolonne-forsøk

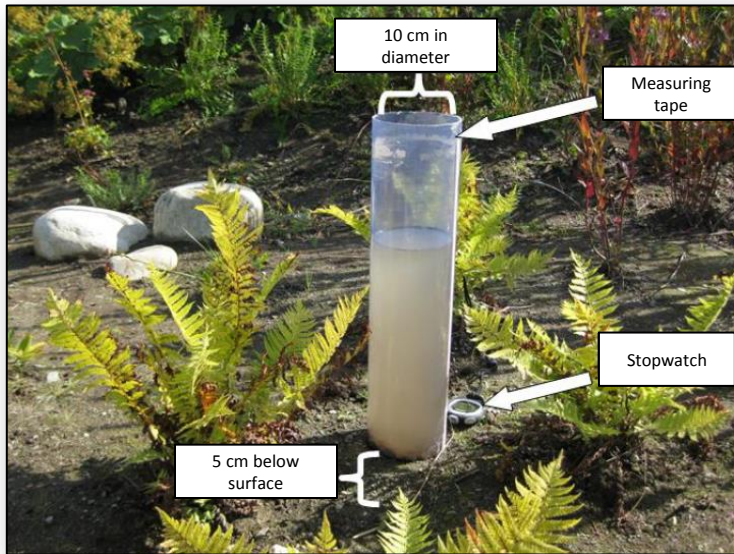


- Batch-eksperimenter for å bestemme sorpsjons-egenskapene for metaller til løv-kompost og sand.
- Kolonne-eksperimenter for å undersøke effekter av andelen løv-kompost og sand på rensing av løste metaller og hydraulisk kapasitet:



- Filtermedia med varierende mengde løv-kompost (0, 10, 30 and 50 %)
- Syntetisk overvann (~ 1.0 mg/L Cd, Cu og Zn)
- To temperaturer (3,6 °C og 19,4 °C)
- Tilsats av NaCl

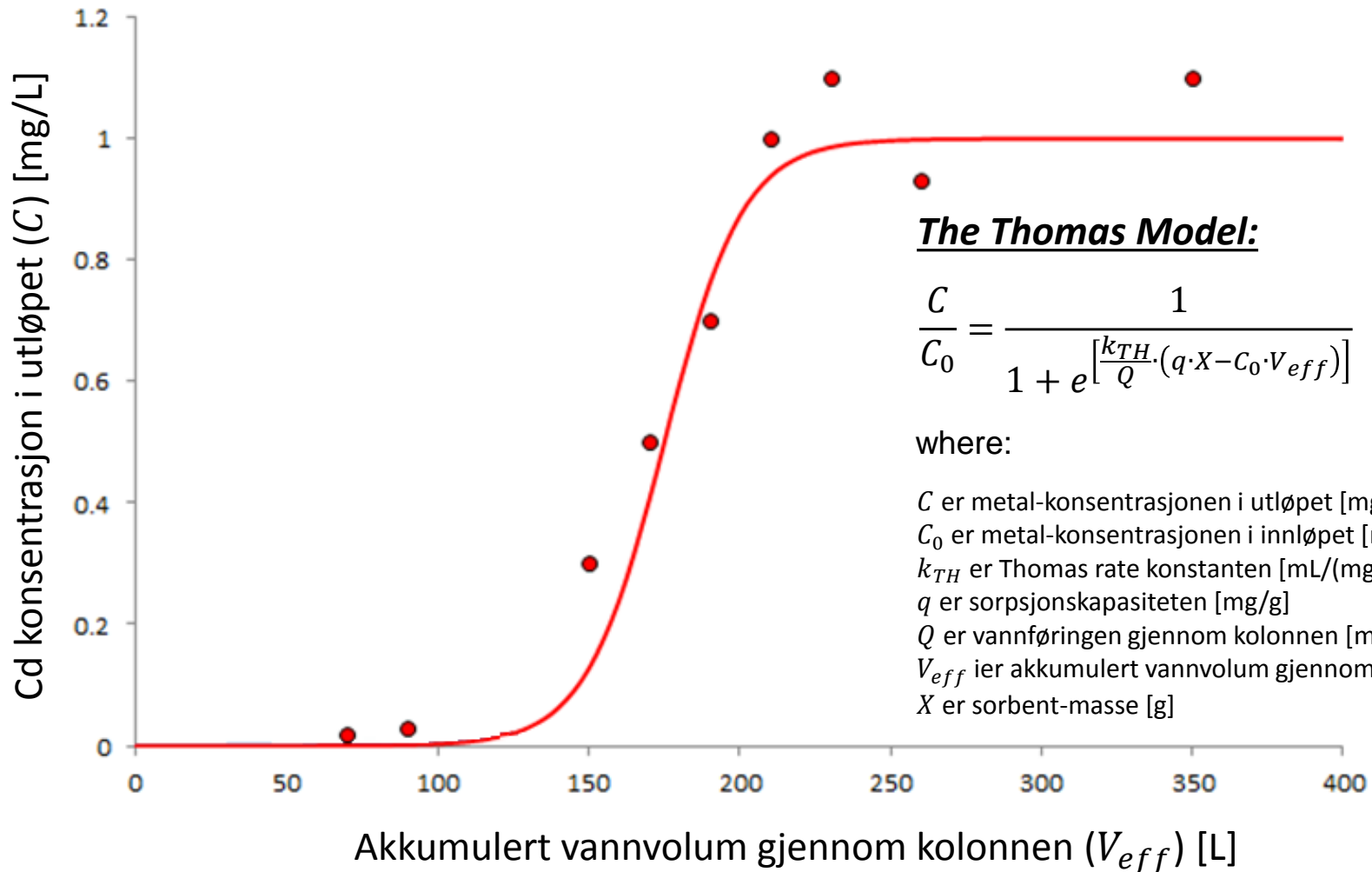
Metoder: Felt-forsøk



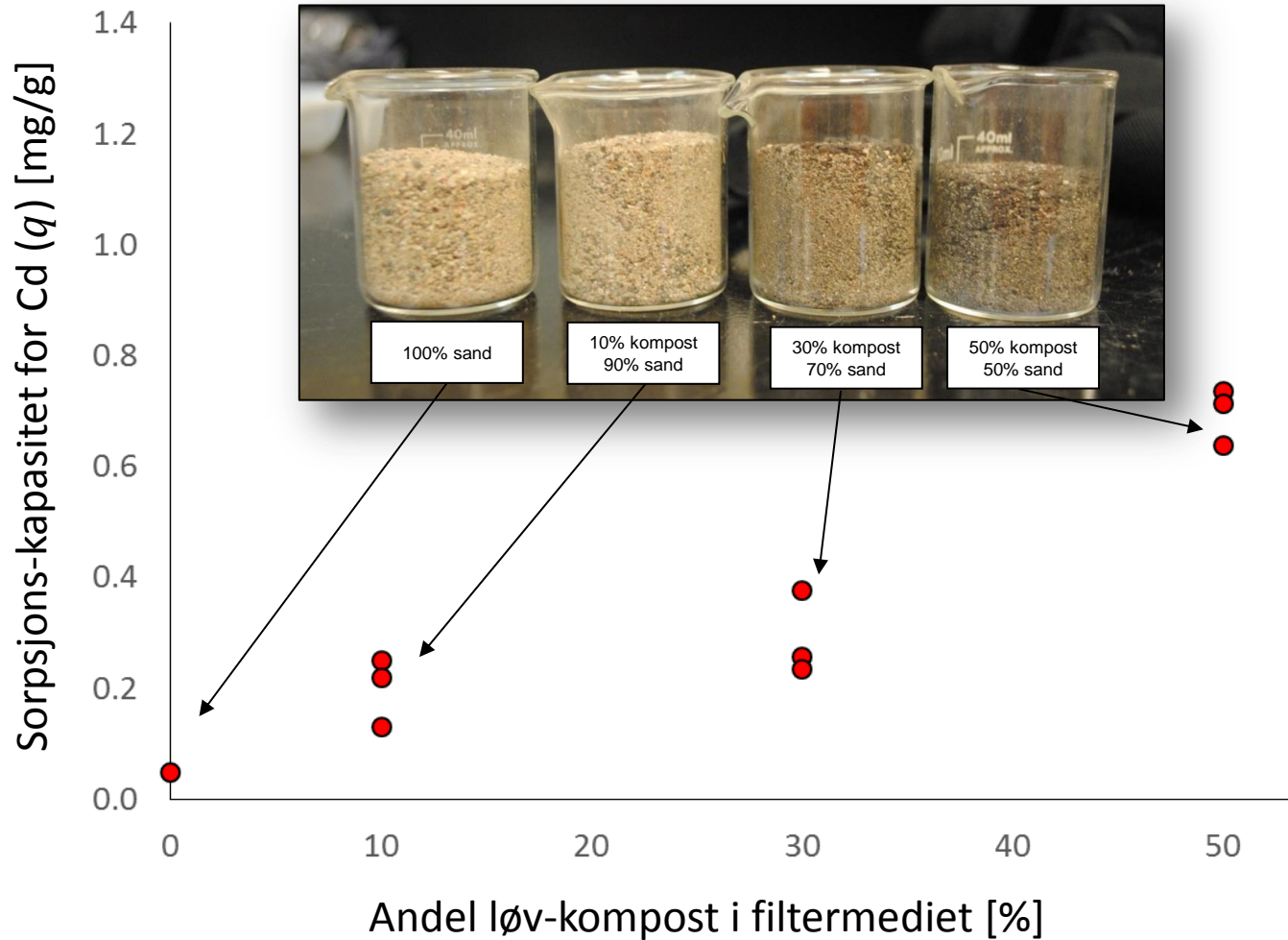
- Infiltrasjonstester i seks eksisterende regnbed i Minneapolis, USA og Norge for å bestemme påvirkning av alder og sesong-forskjeller i kaldt klima.
- Uttak av kjerneprøver (filtermedia) fra seks eksisterende regnbed for å undersøke forurensningsgrad og gjenværende rens-kapasitet.
- Tilsats av NaCl for å teste hvordan vegsalt påvirker rens-prosesser og hydraulisk kapasitet i felt.



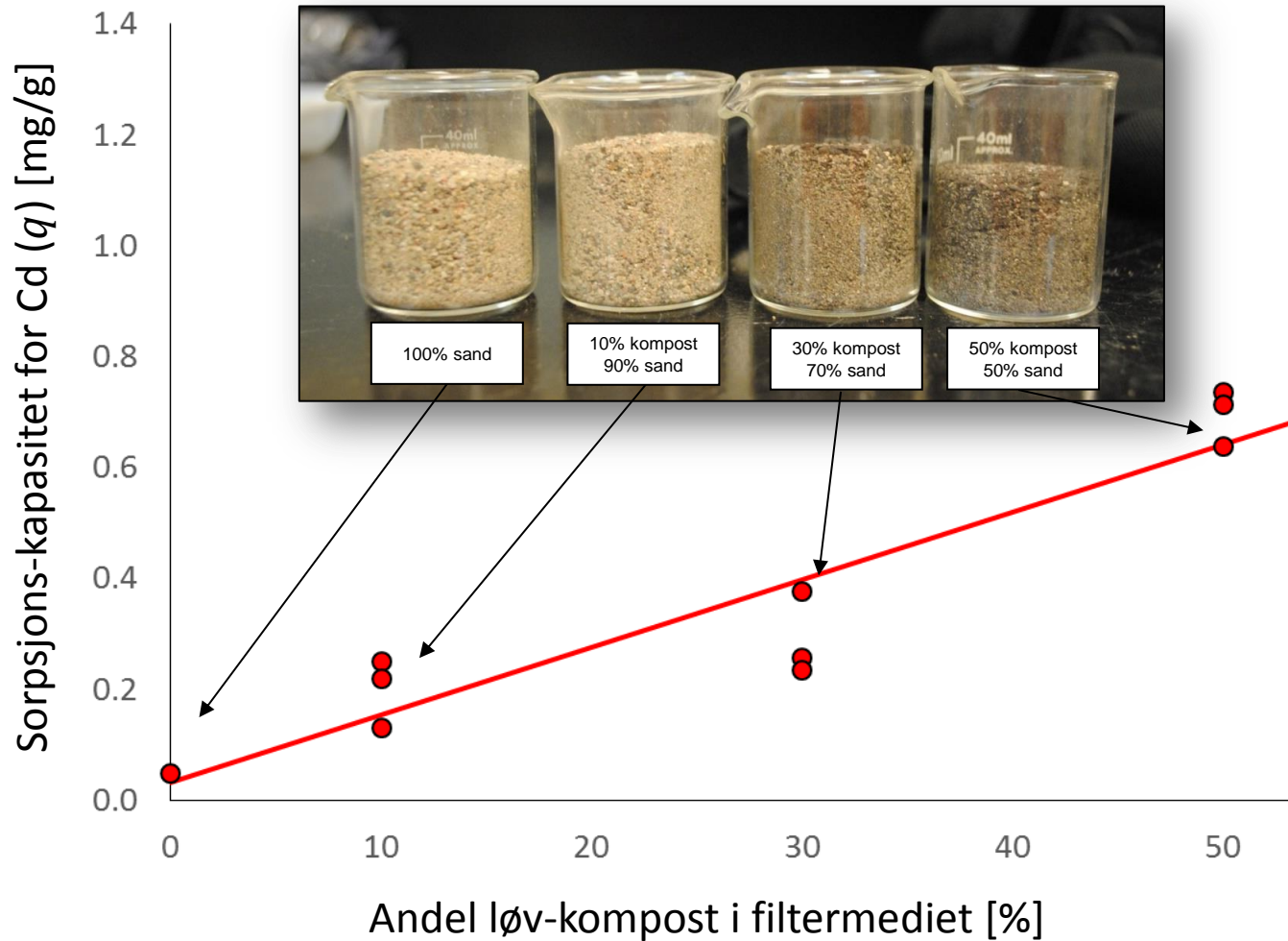
Resultater: Kolonne-forsøk gir informasjon om hvordan metaller fjernes



Resultater: Sorpsjonskapasitet versus mengden løv-kompost



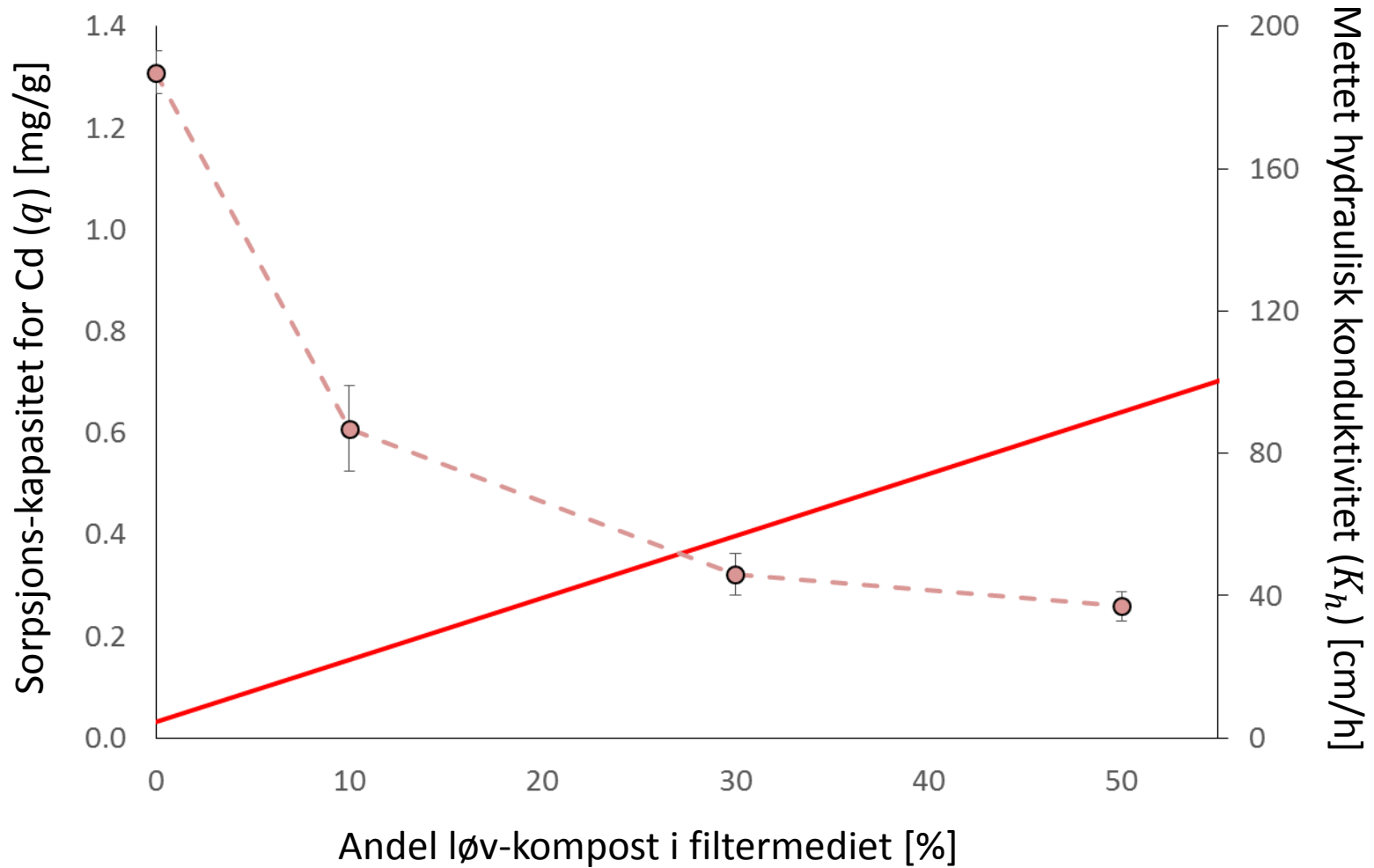
Resultater: Sorpsjonskapasitet versus mengden løv-kompost



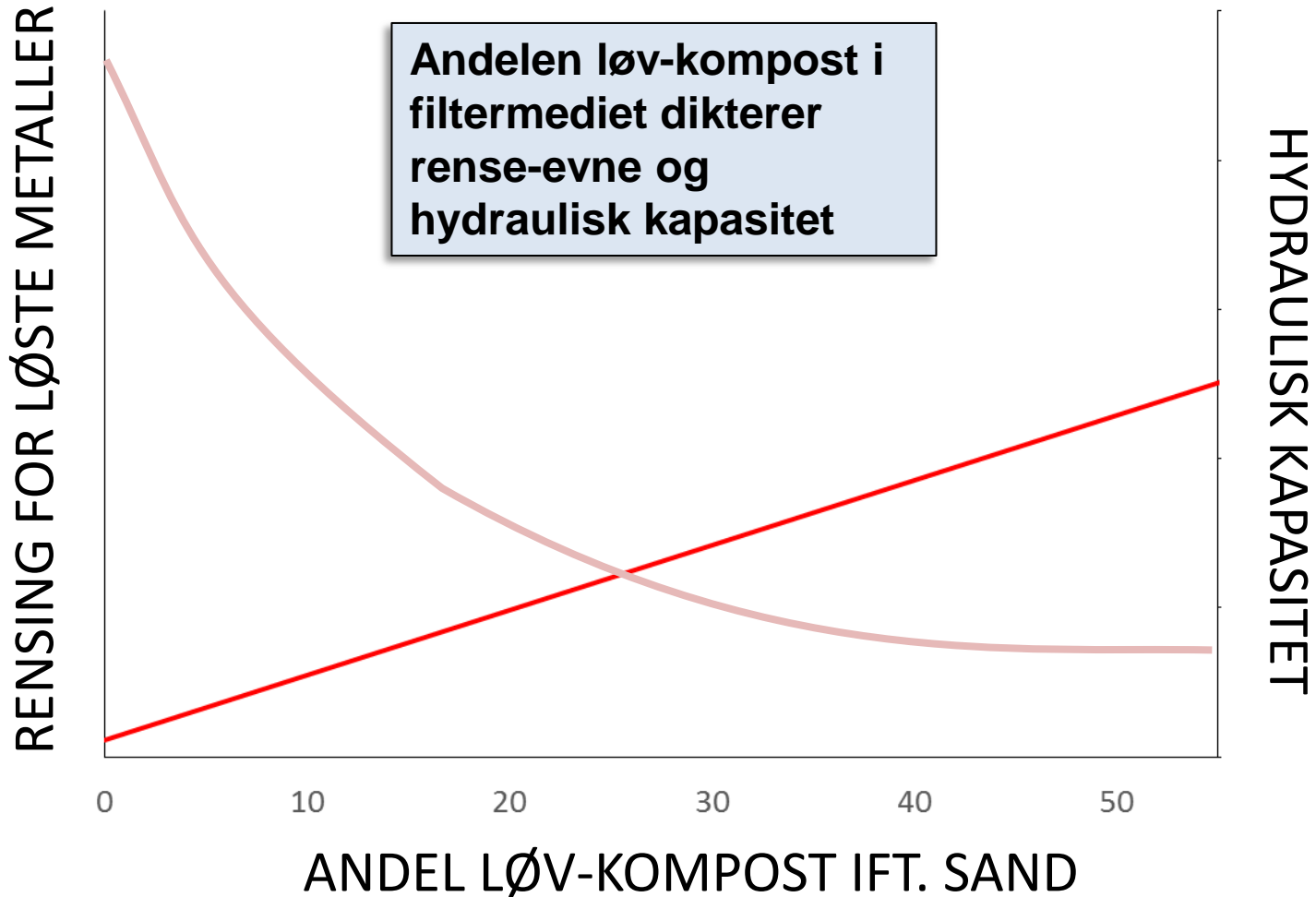
Resultater: Sorpsjonskapasitet for løv-kompost er typisk like bra eller bedre enn andre sorbenter

Sorbent	Sorpsjons-kapasitet [mg/kg]		
	Cd	Cu	Zn
Mulch	-	654	3,124
Alumina catalyst	6	0	1
Activated bauxsol-coated sand	0	8	526
Bauxsol-coated sand	11	1	1,130
Fly ash	5	0	0
Granulated activated carbon	1	23	101
Granulated ferric hydroxide	3	12	69
Iron oxide-coated sand	0	15	140
Natural zeolite	0	1	85
Spinel	2	0	842
Olivine I	-	-	1,478
Olivine II	148	378	212
Limestone	1	70	65
Shell sand	-	1,147	453
Zeolite	4	27	-
Compost type I (MNC1)	23	58	907
Compost type II (MNC2)	77	52	1,136
Sand	0	4	15

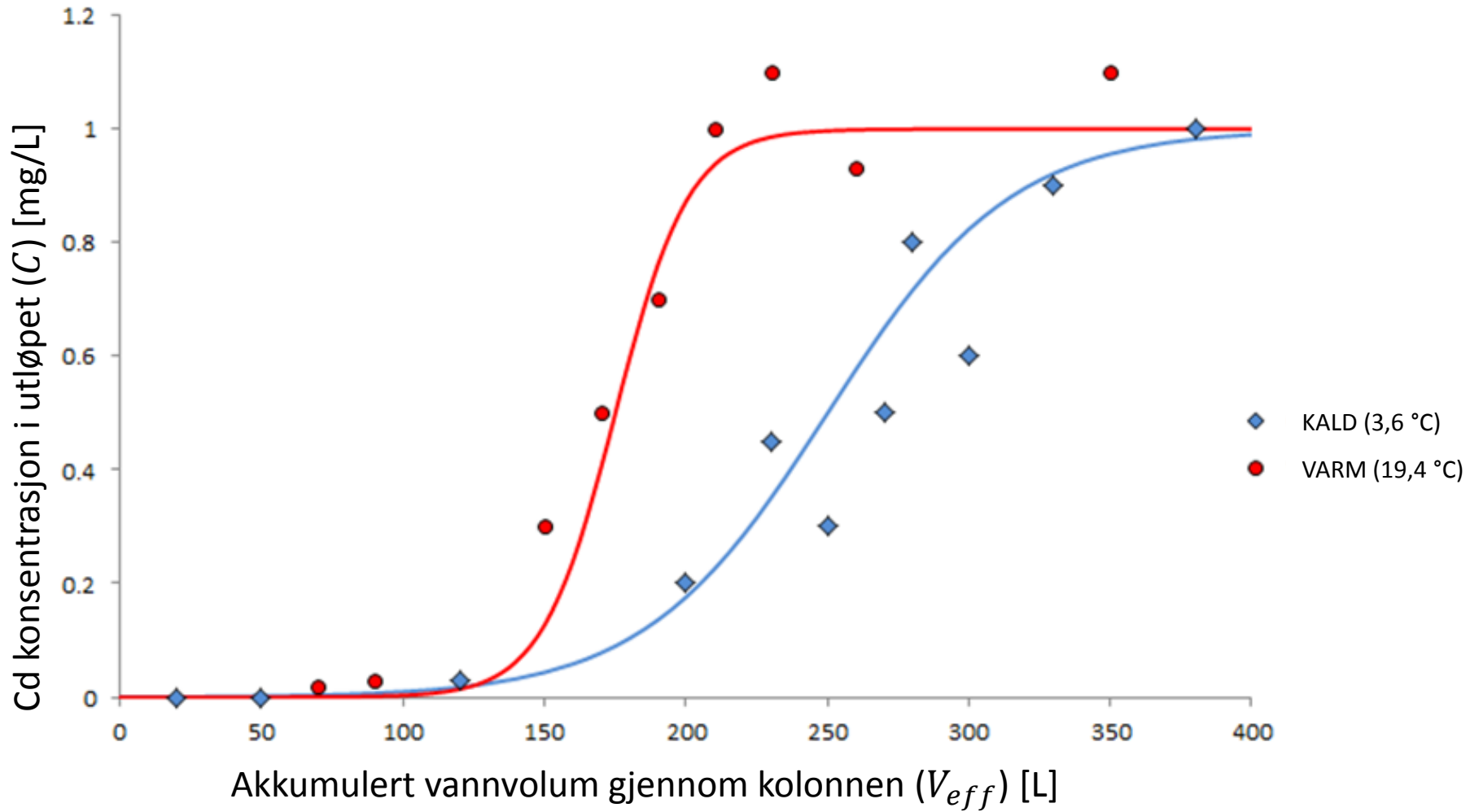
Resultater: Hydraulisk konduktivitet versus mengden løv-kompost



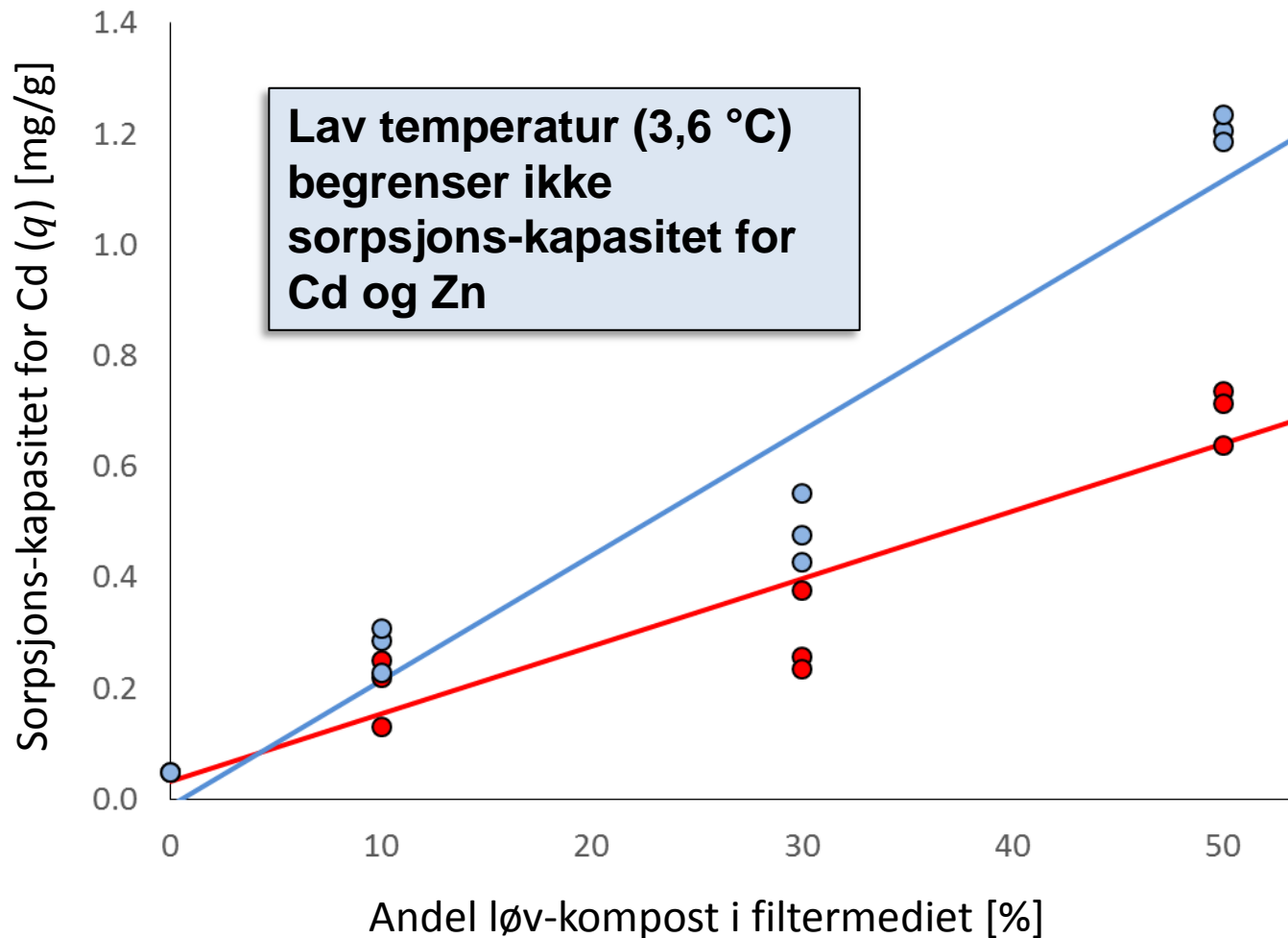
Resultater: Sammenheng mellom rense-evne for metaller, hydraulisk kapasitet og andel løv-kompost



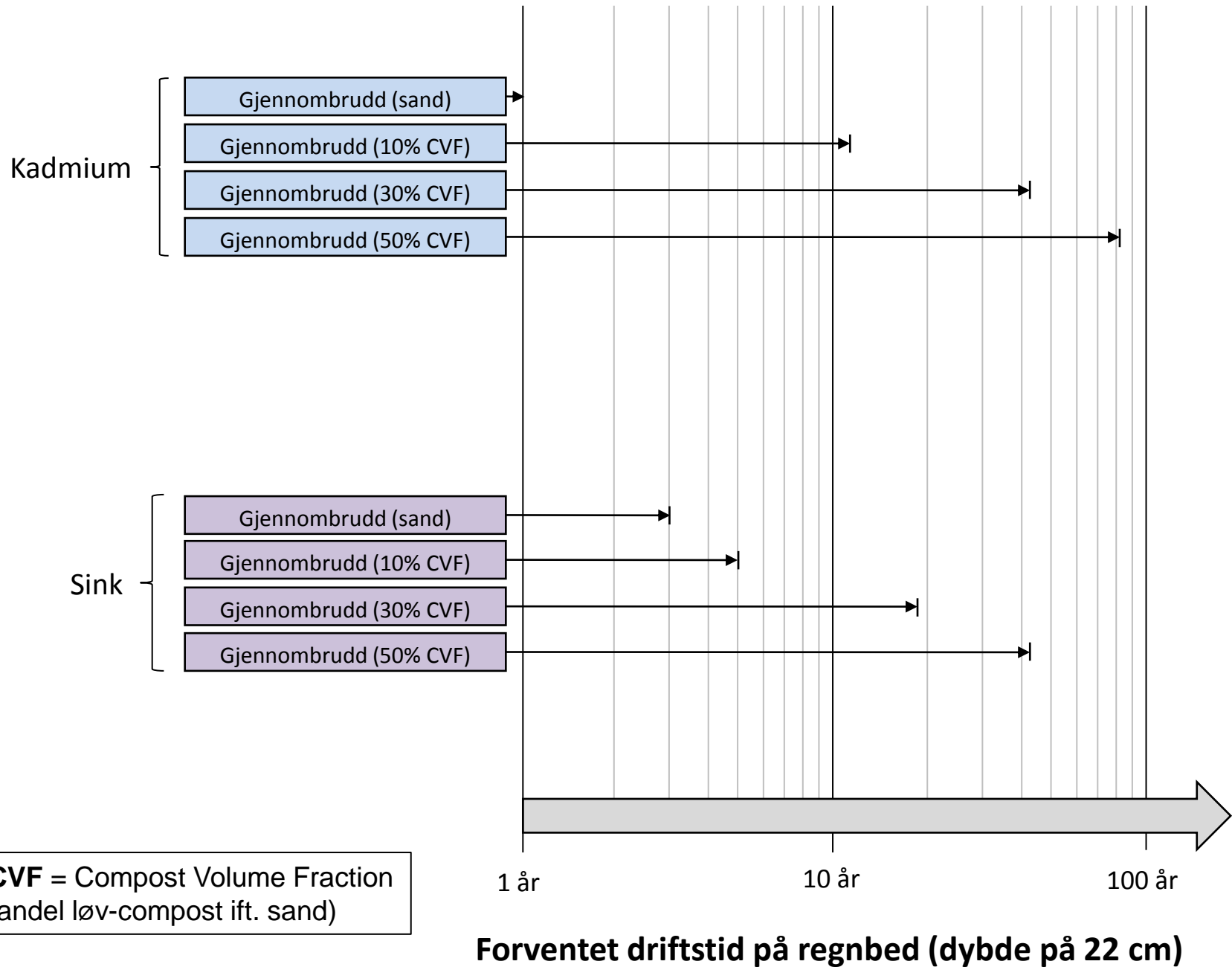
Resultater: Bestemmelse av sorpsjons-kapasiteter ved lav temperatur



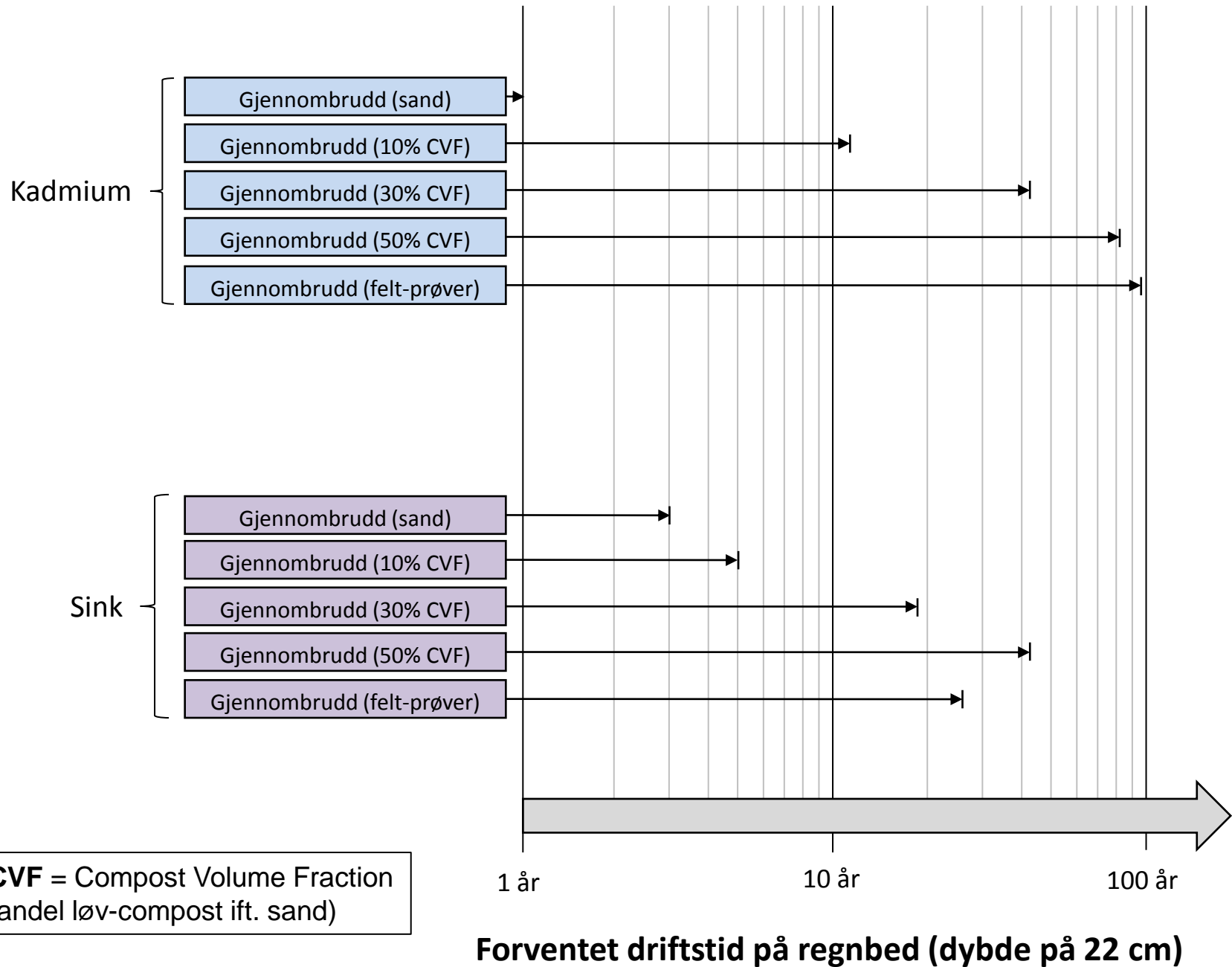
Resultater: Bestemmelse av sorpsjons-kapasiteter ved lav temperatur



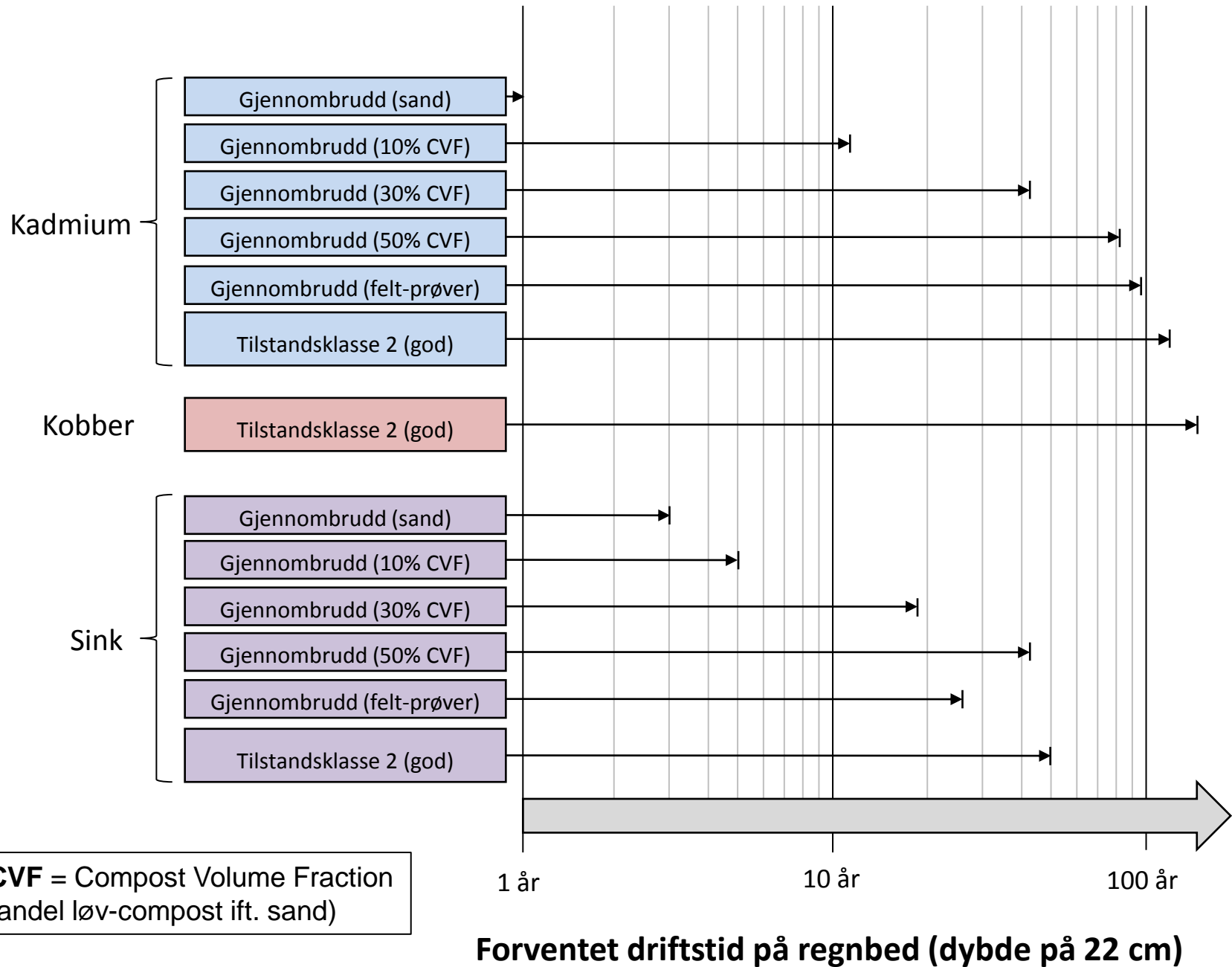
Resultater: Forventet levetid



Resultater: Forventet levetid



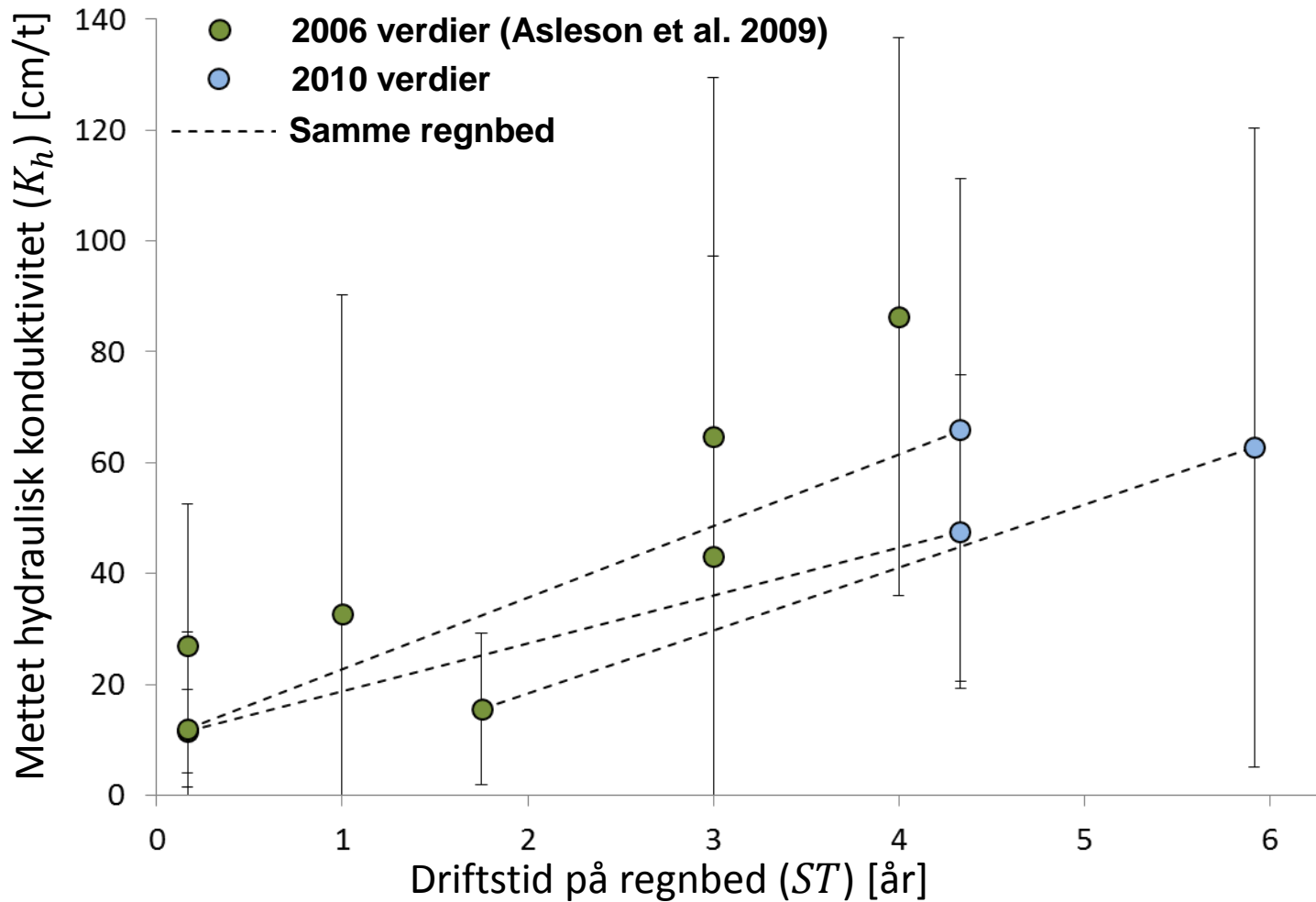
Resultater: Forventet levetid



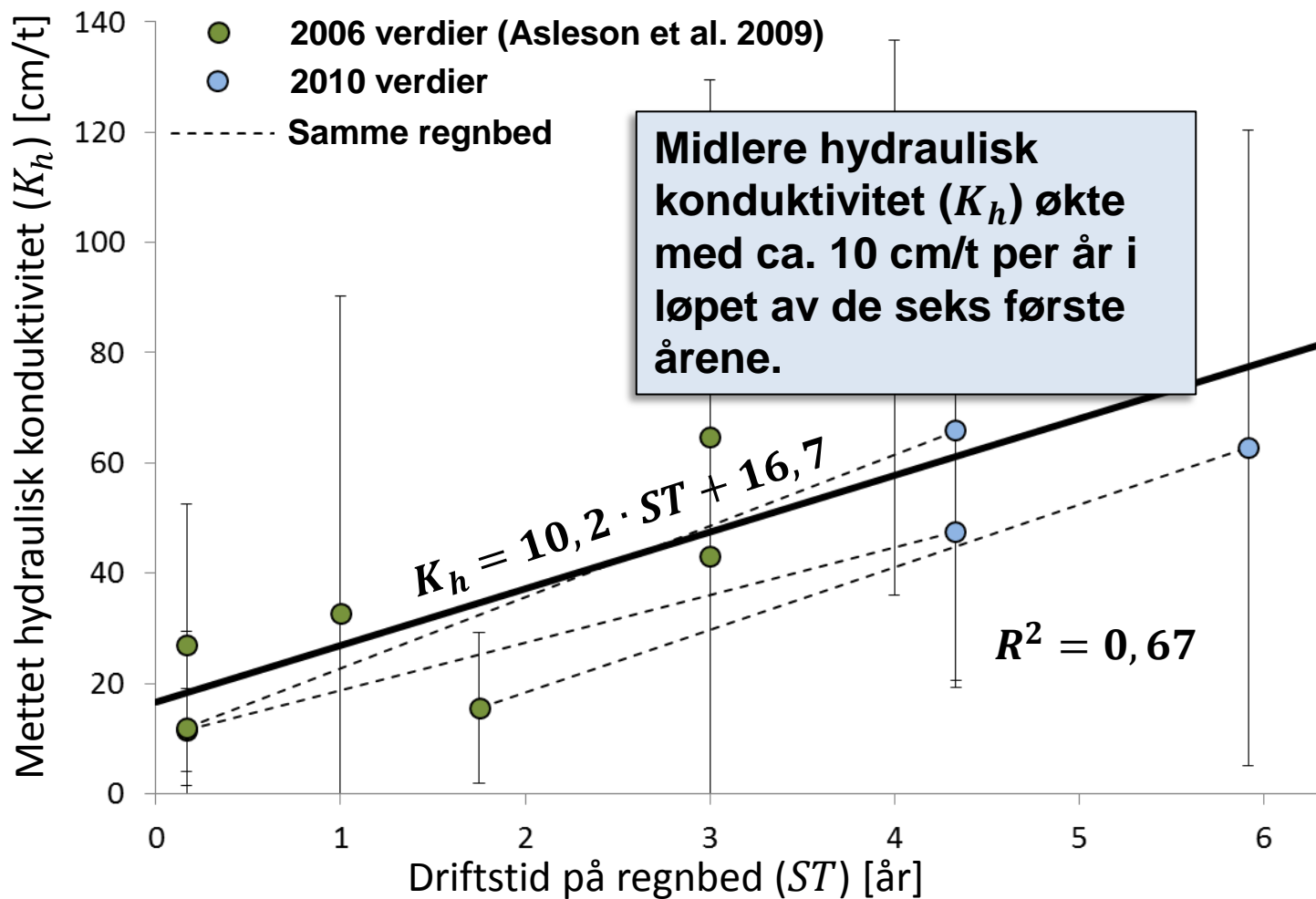
Resultater: Infiltrasjonsevne (mettet hydraulisk konduktivitet) over tid



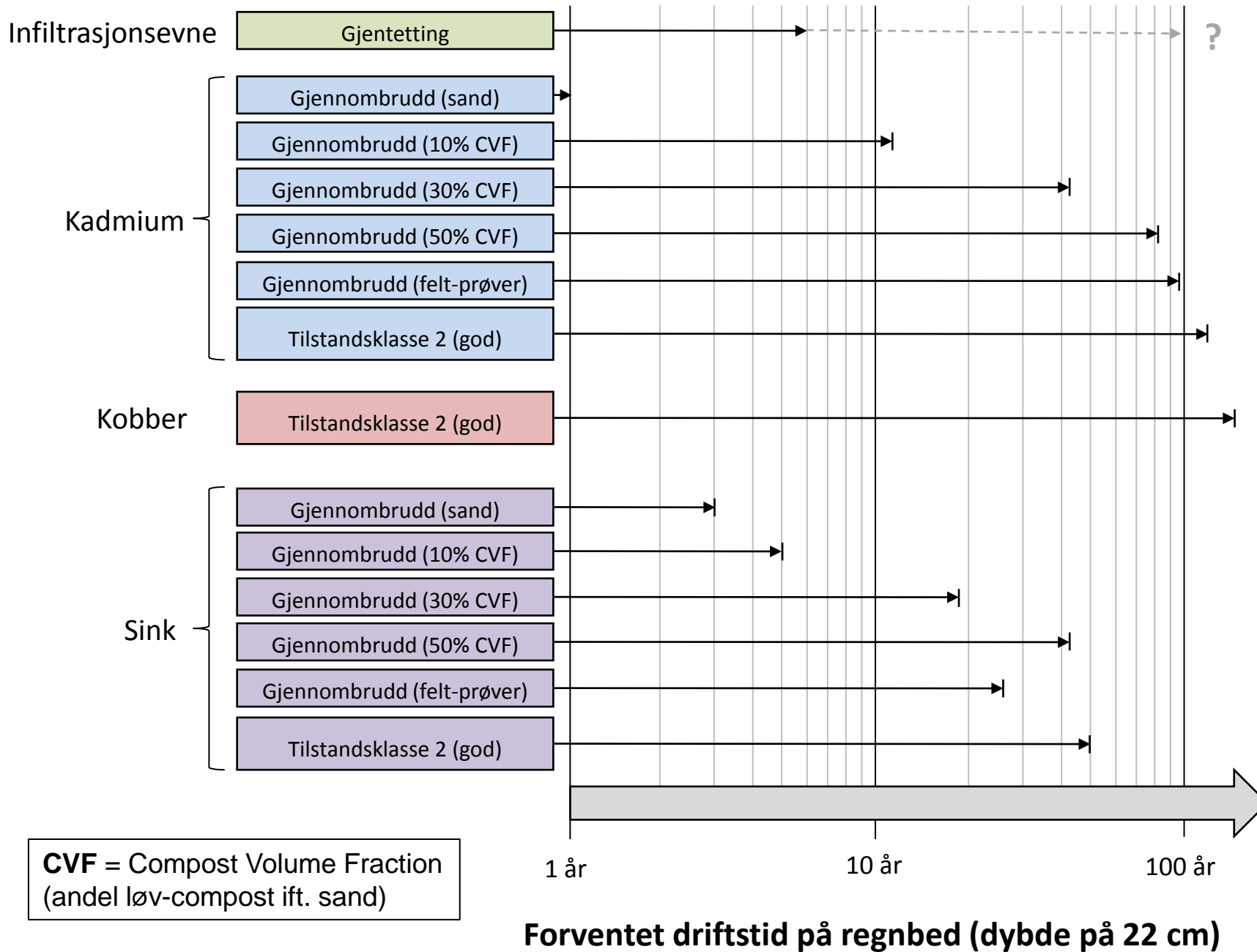
Resultater: Infiltrasjonsevne (mettet hydraulisk konduktivitet) over tid



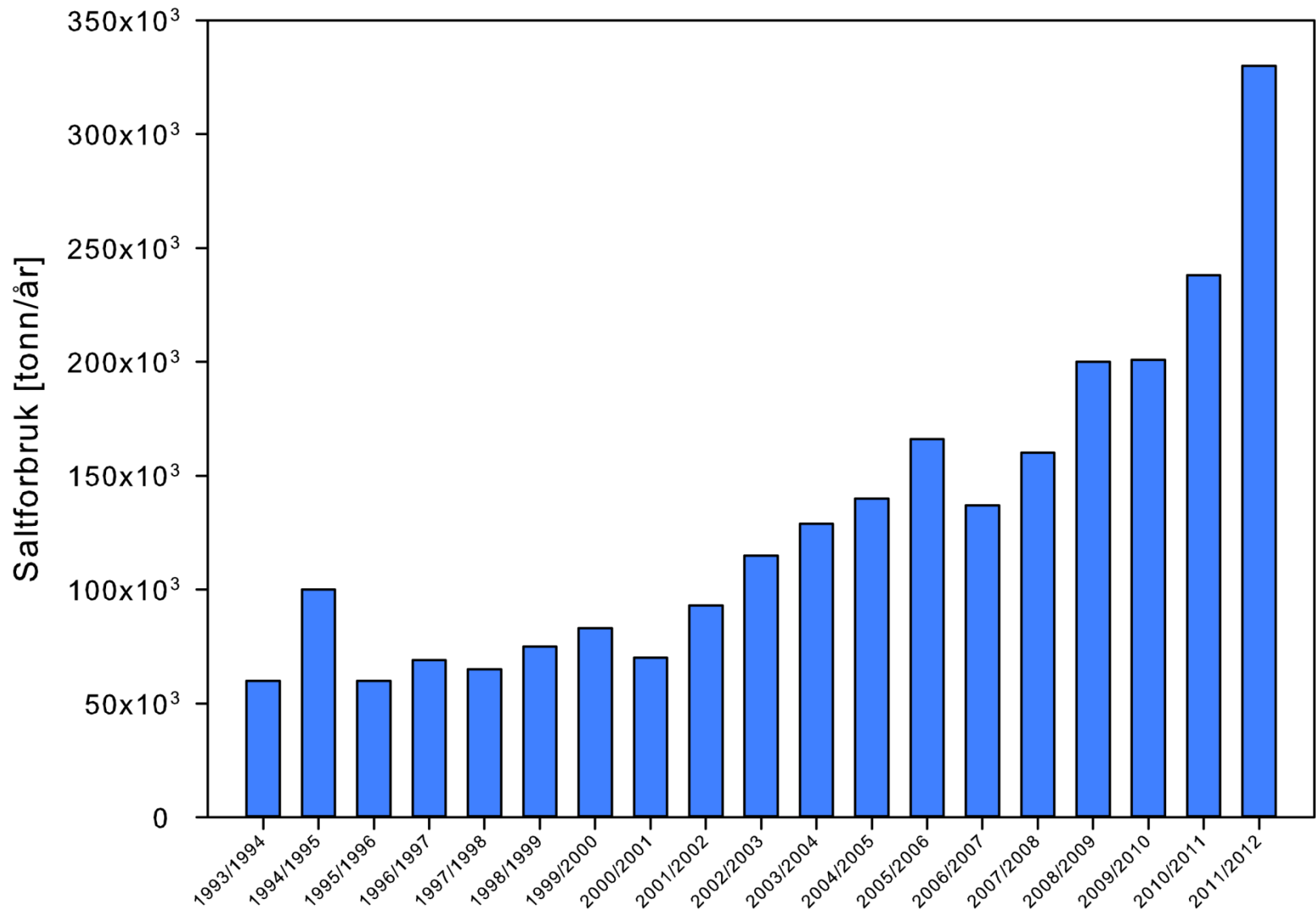
Resultater: Infiltrasjonsevne (mettet hydraulisk konduktivitet) over tid



Resultater: Forventet levetid

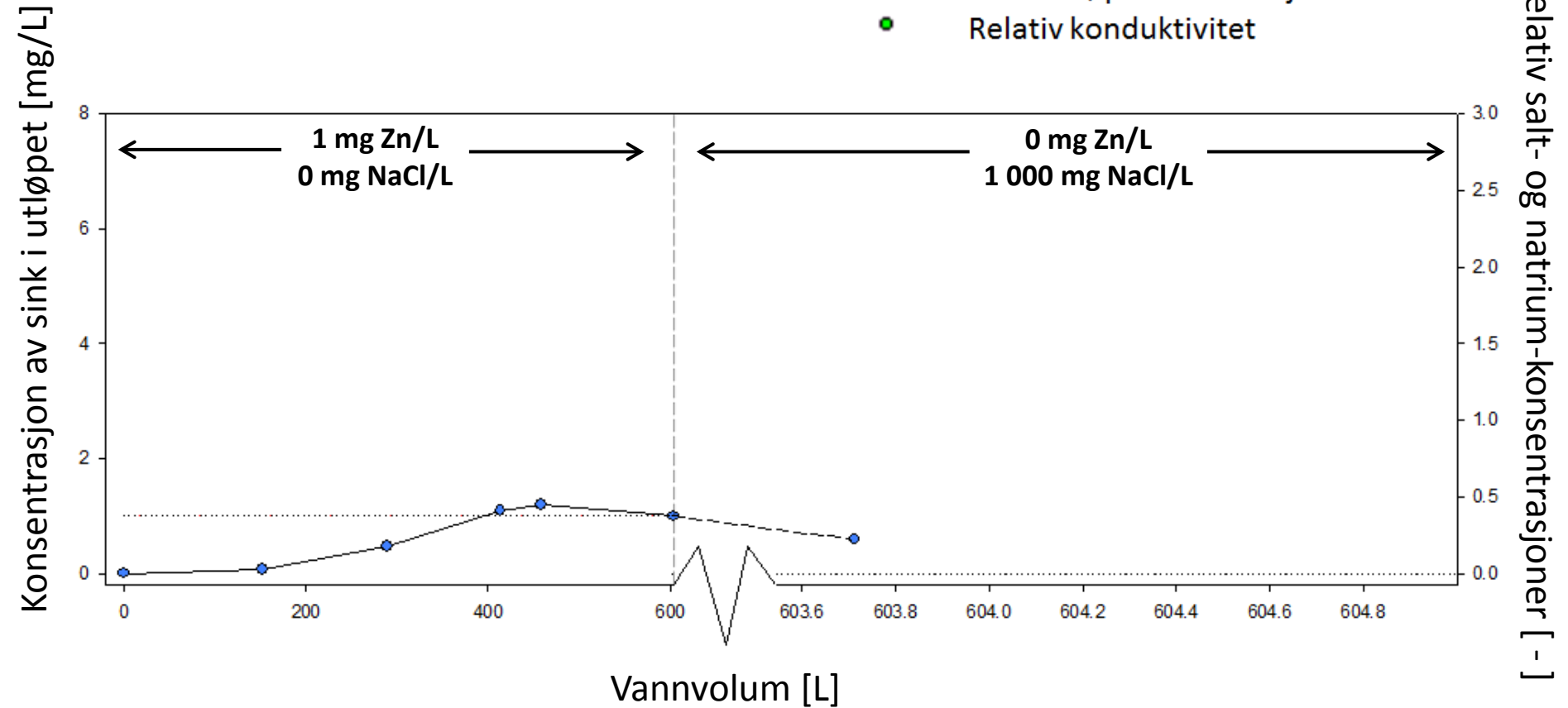


Saltforbruk i Norge



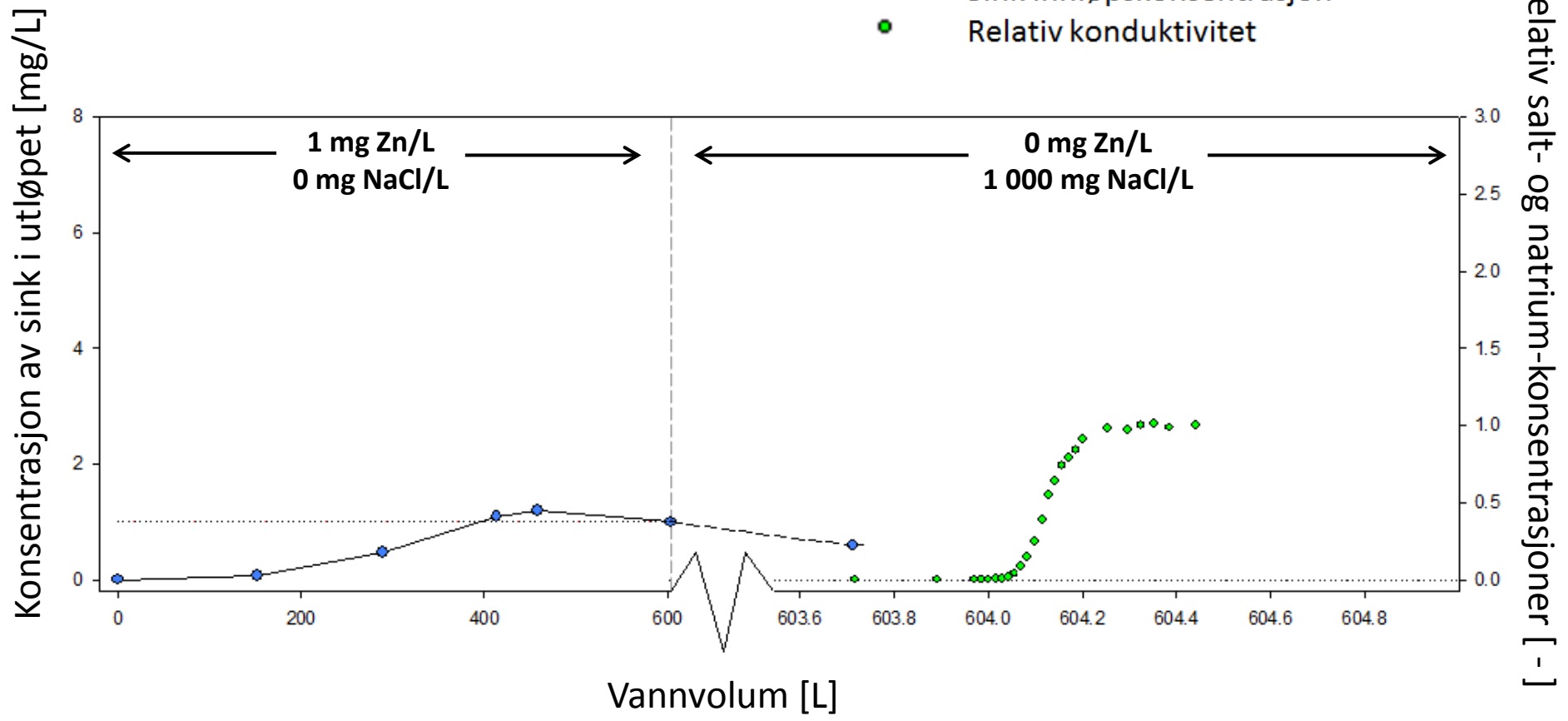
Tilsetning av overvann med høyt innhold av veisalt (NaCl)

- Sink utløpskonsentrasjon
- Natrium-konsentrasjon
- Sink innløpskonsentrasjon
- Relativ konduktivitet

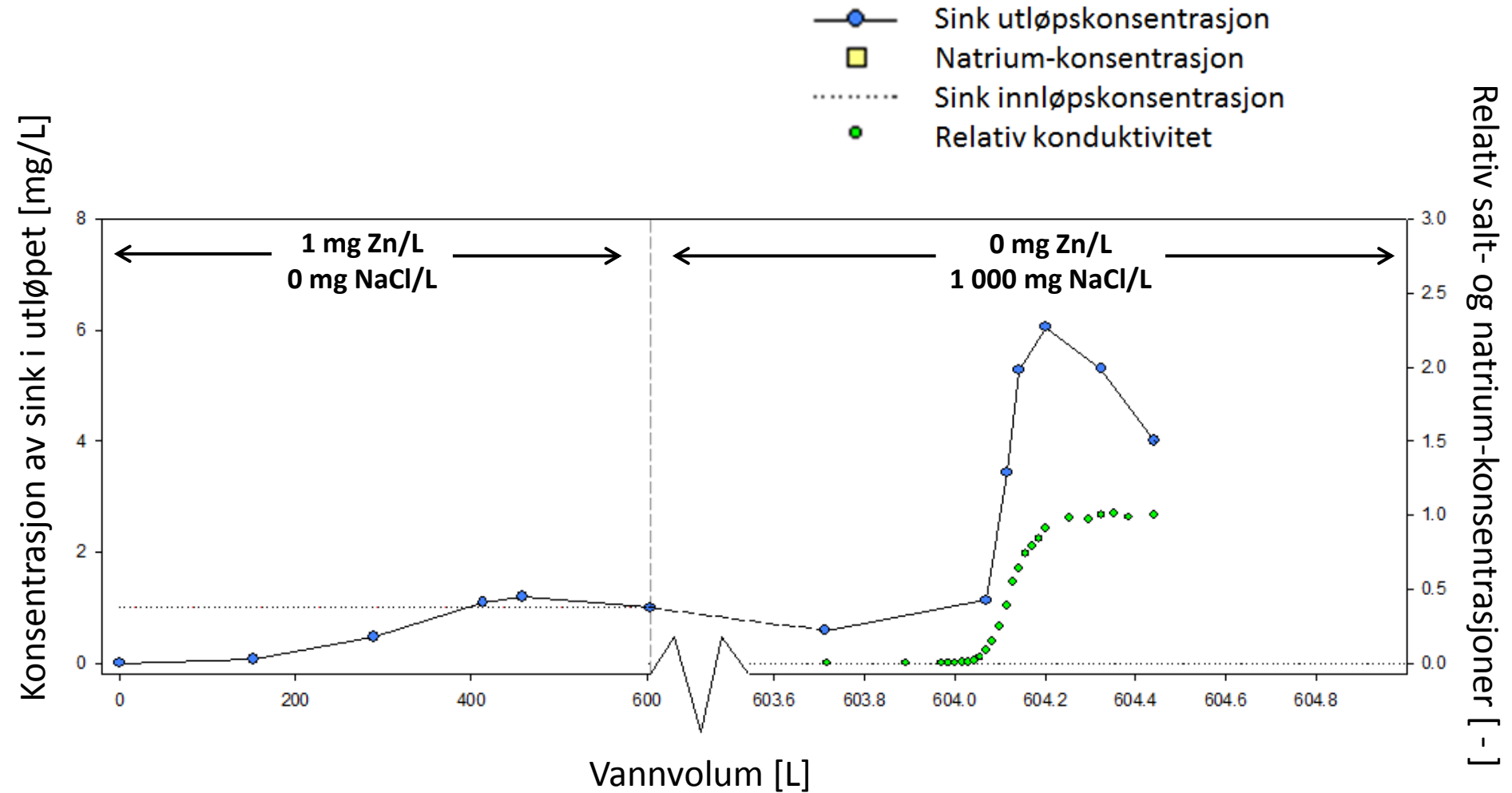


Gjennombrudd av salt (som elektrisk konduktivitet)

- Sink utløpskonsentrasjon
- Natrium-konsentrasjon
- Sink innløpskonsentrasjon
- Relativ konduktivitet



NaCl i vannet bidrar til å mobilisere metaller i filtermediet

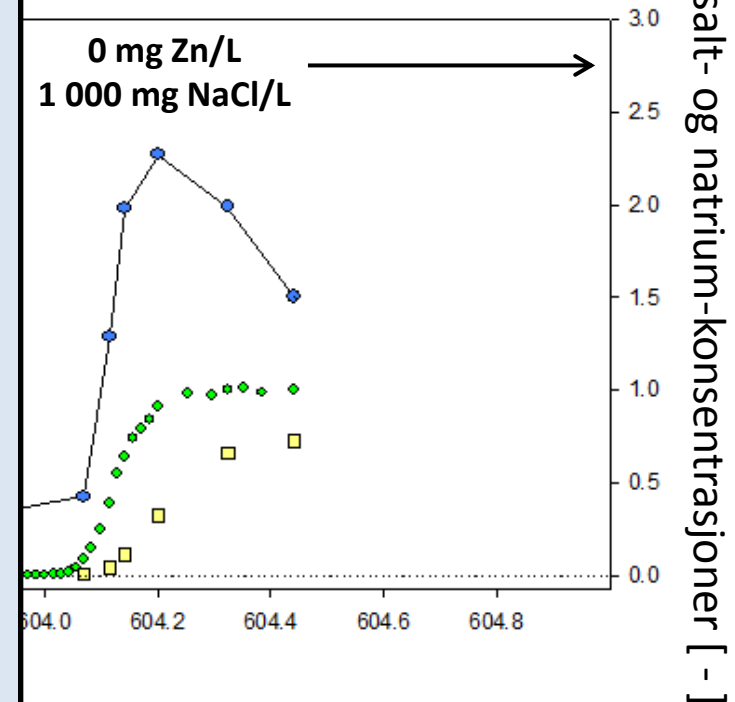


Na⁺-ioner bytter plass med Me²⁺ -ioner

Hovedfunn:

- Andelen mobiliserte metaller var relativt lav (< 3,5 %) og ble påvirket av hvor mye metaller som var tilbakeholdt før NaCl-eksponeringen.
- Temperatur har en betydelig effekt på metal-utvasking som resulterte i en reduksjon på ca. 50 % ved lav 3,6 °C.
- NaCl bidrar til utvasking av metaller gjennom ionebytte-prosesser med Na (Cd og Zn), Cl-kompleksring (Cd) og dispersjon av organisk materiale (Cu).

Sink utløpskonsentrasjon
Natrium-konsentrasjon
Sink innløpskonsentrasjon
Relativ konduktivitet



Relativ salt- og natrium-konsentrasjoner [-]

Konsentrasjon av sink i utløpet [mg/L]

Oppsummering



Takk til Ray Hozalski, Joel Morgan, John Gulliver, forskningsgruppen ved University of Minnesota, TorOve Leiknes, Torstein Dalen, Mikael Bue, Tone Muthanna og Bent C. Braskerud

1. Filtermedie-sammensetningen (andelen **løvkompost**) er en viktig design-parameter som påvirker hovedfunksjoner (**rense- evne** og **infiltrasjon**)
2. **Lav temperatur** begrenser ikke **rensing** av løste metaller men kan påvirke **hydrologisk ytelse** hvis infiltrasjonsevnen i utgangspunktet er lav
3. Det må forventes lang levetid mht. **infiltrasjonsevne** (under forutsetning av godt etablert **vegetasjon**) og mht. **rensing** av løste metaller
4. For enkelt-eksponering av NaCl er utvasking av metaller beskjeden — langtids-effekter er ukjente

Takk for oppmerksomheten



Oslo kommune

BLÅGRØNNE OVERVANNSLØSNINGER

Fortetting av byen og mer styrtregn gjør det nødvendig å håndtere overvann i åpne løsninger. Faktaarkene viser testede, anlagte og mulige tiltak.

Regnbed mottar og renser vann fra veg. University of Minnesota, St.Paul, USA

TESTEDE TILTAK

Januar 2016, versjon 1.0

Regnbed som renseløsning for forurenset vann

Forfatter: Kim H. Paus (COWI AS)

Regnbed er et fleksibelt tiltak for lokal disponering av overvann. Anlegget fremstår som en beplantet forsenking i terrenget der vann lagres på

Referanser

Paus K.H. og Braskerud, B. C. (2013). *Dimensjonering og utforming av regnbed under norske forhold*. Vann, 1 (48): 54-67

Braskerud, B. C. and Paus, K. H. (2013). *Anlegging av regnbed. En billedkavalkade over 4 anlagte regnbed*, NVE rapport nr. 3/2013

LeFevre, G. H., Paus, K. H., Natarajan, P., Gulliver, J. S., Novak, P. J. and Hozalski, R. M. (2014). A Review of Dissolved Pollutants in Urban Stormwater and their Removal and Fate in Bioretention Cells. *Journal of Environmental Engineering*

Paus, K. H., Morgan, J., Gulliver, J. S., Leiknes, T. and Hozalski, R. M. (2014). Assessment of the Hydraulic and Toxic Metal Removal Capacities of Bioretention Cells After 2 to 8 Years of Service. *Water, Air, and Soil Pollution*, **225** (1).

Paus, K. H., Morgan, J., Gulliver, J. S., Leiknes, T. and Hozalski, R. M. (2014). Effects of Temperature and NaCl on Toxic Metal Retention in Bioretention Media. *Journal of Environmental Engineering*

Paus, K. H., Morgan, J., Gulliver, J. S. and Hozalski, R. M. (2014). Effects of Bioretention Media Compost Volume Fraction on Toxic Metals Removal, Hydraulic Conductivity, and Phosphorous Release. *Journal of Environmental Engineering*

Paus, K.H., Braskerud, B.C. (2014) Suggestions for Designing and Building Bioretention cells for Nordic Conditions. VATTEN – Journal of Water Management and Research (70).

Paus, K.H., Muthanna, T.M., Braskerud, B.C. (2016). The Hydrological Performance of Bioretention Cells in Regions with Cold Climates: Seasonal Variation and Implications for Design. *Hydrology Research*

Dalen, T., Paus, K. H., Braskerud, B. C. og Thorolfsson, S. T. (2012). *Målt og modellert hydrologisk ytelse til regnbed i Trondheim*. Vann, **3** (47): 328-339.

Braskerud, B. C., Kihlgren, K. S., Saksæther, V. og Bjerkholt, J. T. (2012). *Hydrologisk testing av regnbed for bruk som LOD-tiltak i småhusbebyggelse*. Vann, **4** (47): 490-503.