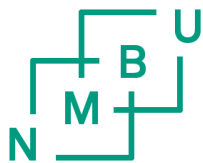


# Overvann og blågrønn faktor

27.Sep 2022  
Bodø

Kim H. Paus  
Førsteamanuensis, NMBU



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet



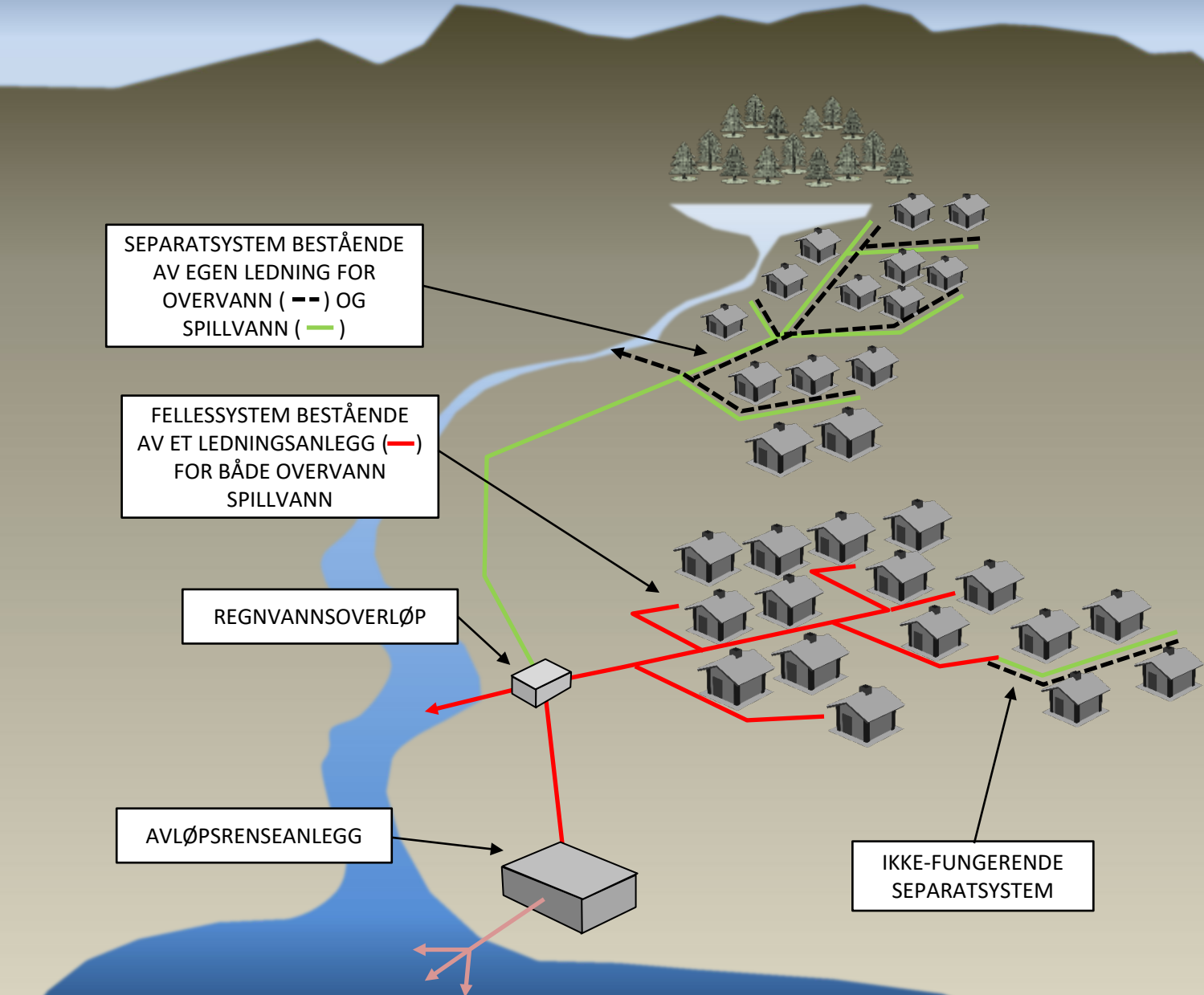
SEPARATSYSTEM BESTÅENDE AV EGEN LEDNING FOR OVERVANN ( - - ) OG SPILLVANN ( — )

FELLESSYSTEM BESTÅENDE AV ET LEDNINGSANLEGG ( — ) FOR BÅDE OVERVANN SPILLVANN

REGNVANNSOVERLØP

AVLØPSRENSSEANLEGG

IKKE-FUNGERENDE SEPARATSYSTEM









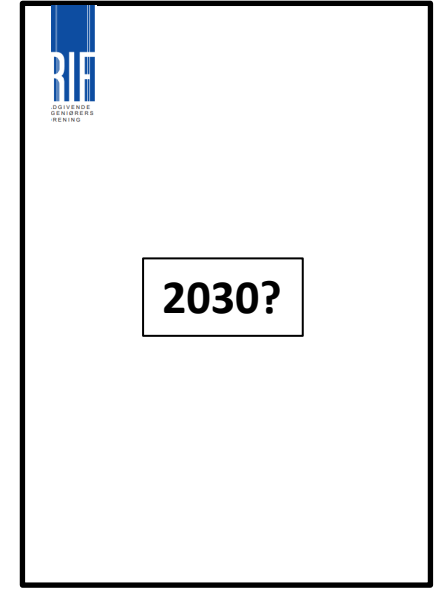
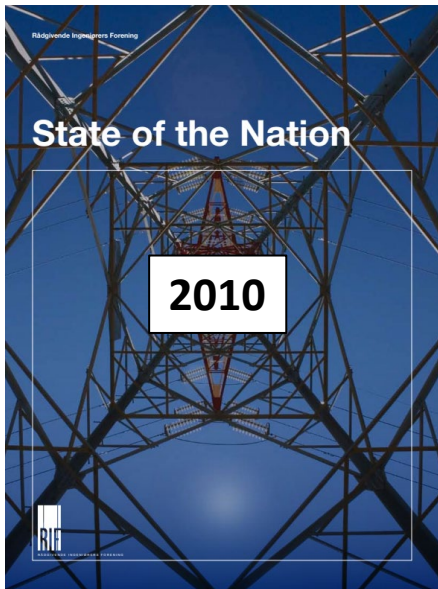
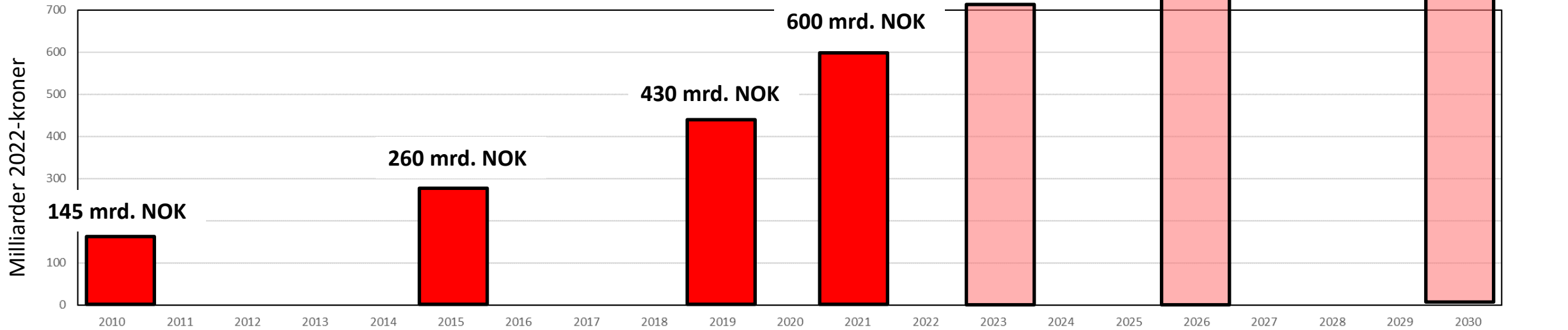
**JERNBANE**  
4 200 km

-

**VEIER (RIKS, FYLKES, KOMMUNALE):**  
93 000 km



# Behov for oppgradering av VA-anlegget





# Finansering av VA-anlegg

Det anslås et enormt investeringsbehov knyttet til kommunalt VA-anlegg frem til 2040..

➔ Løsning: **Markant økning i VA-gebyrer**

Investeringsbehovet i vann og avløp øker – varsler gebyrsjokk for norske husholdninger



## Kraftig økning i kommunale avgifter i 2021

Kommunale avgifter blir mye høyere i år sammenlignet med i fjor. Det viser en undersøkelse som Huseierne har gjennomført i kommune-Norge.



## Behov for 206 prosent økning i VA-gebyrene i Nordland



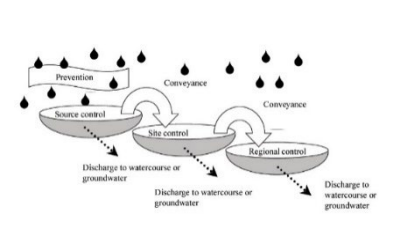
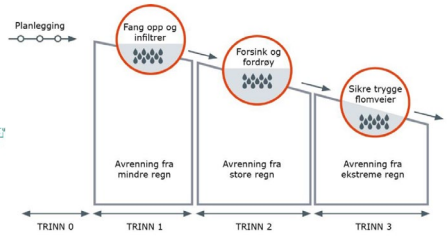
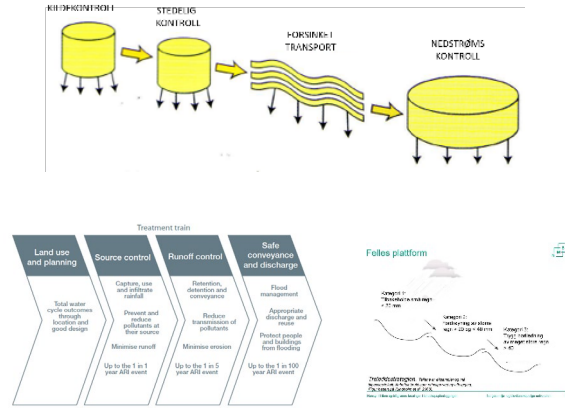


FAKKELTOG FOR  
DRIFT OG VEDLIKEHOLD  
AV VANN OG AVLØP





# Tre-trinnsstrategier i 2022



86,8  
86,8  
86,8  
Fang opp og infiltrer

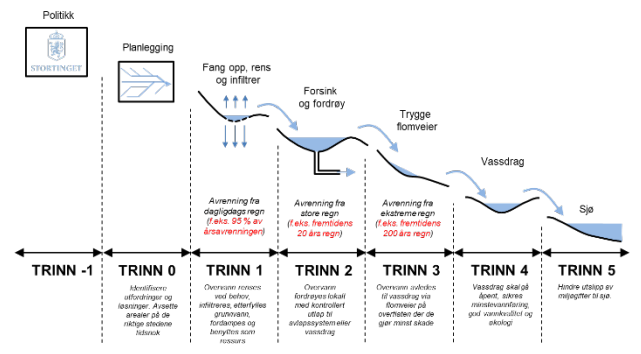
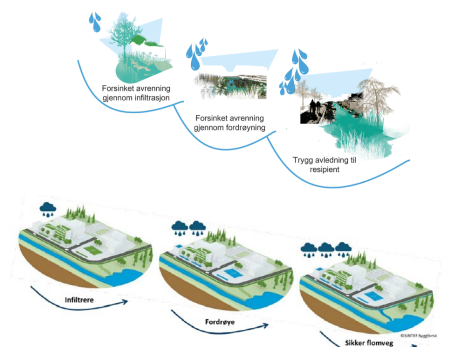
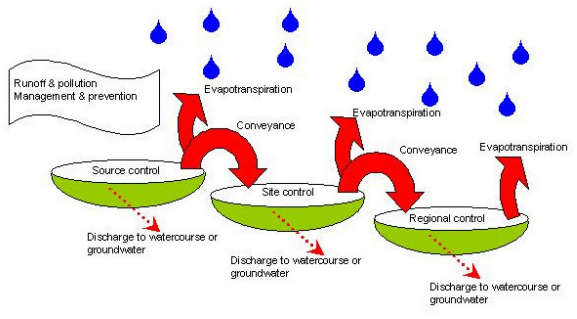
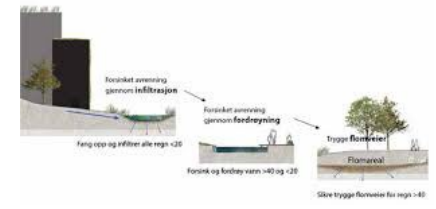
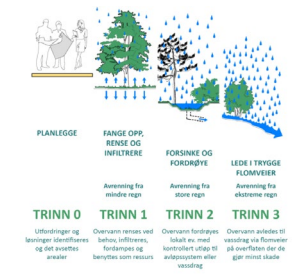
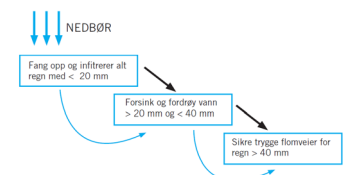
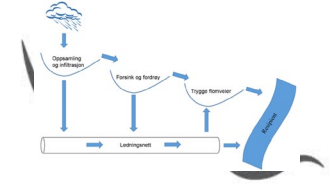
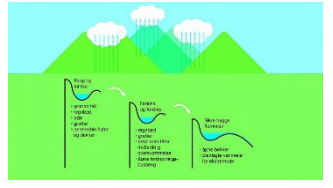
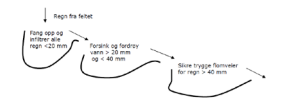
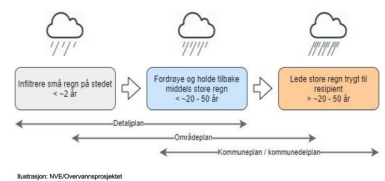
mere enn 20mm

Forsink og fordrøy

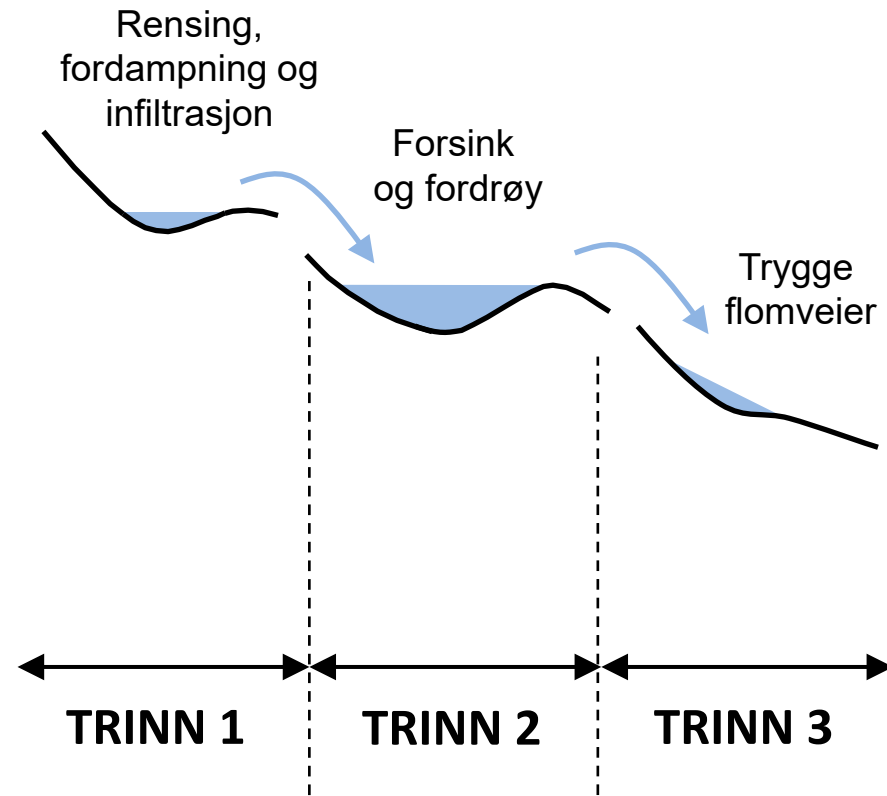
mere enn 40mm

Sikre trygge flomveier

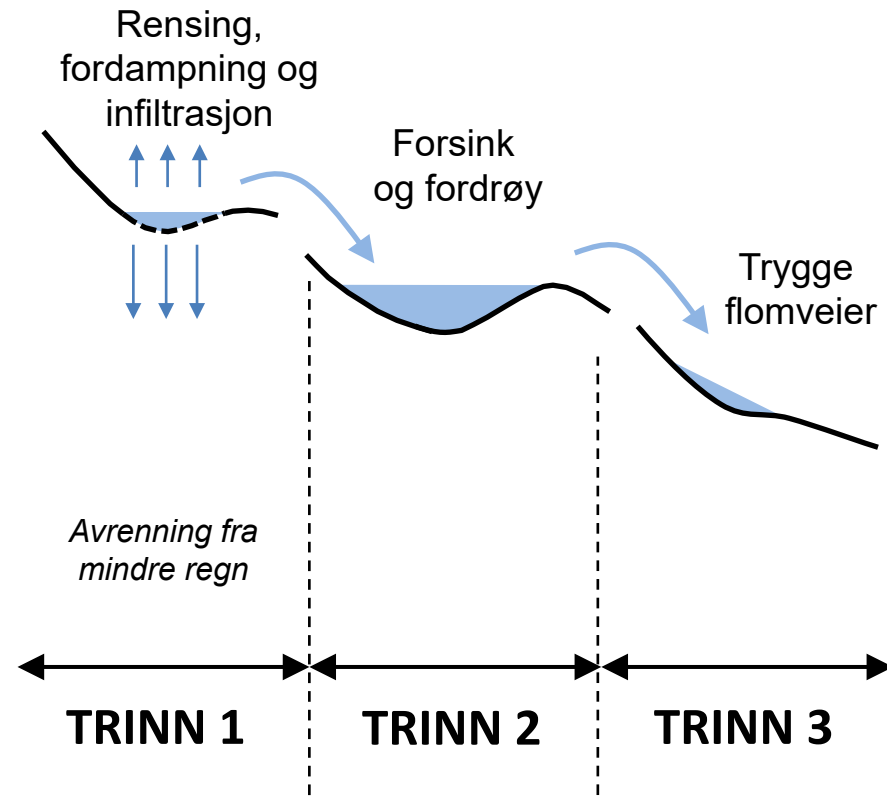
- grønt tak
- regnbånd
- trær
- grøfter
- permeable fluter og dekker
- åpne fordrøyningsbasseng
- regnbånd
- grøfter
- areal som teler mulletholdig og permeabel
- åpne bekker
- planlagte flomveier for etablering



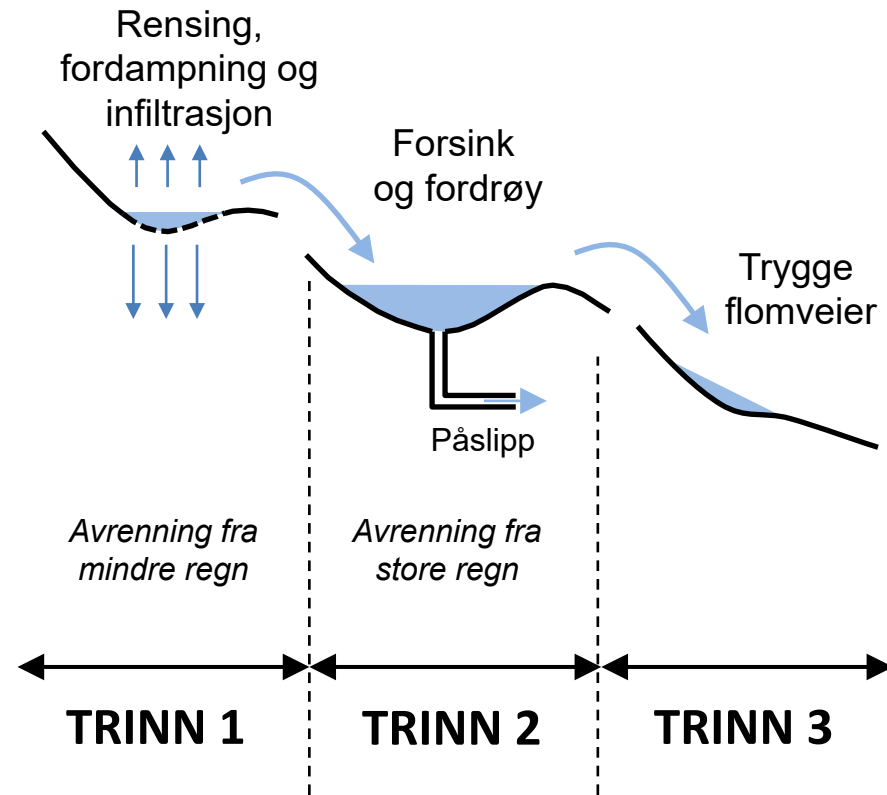
# Strategi for håndtering av overvann



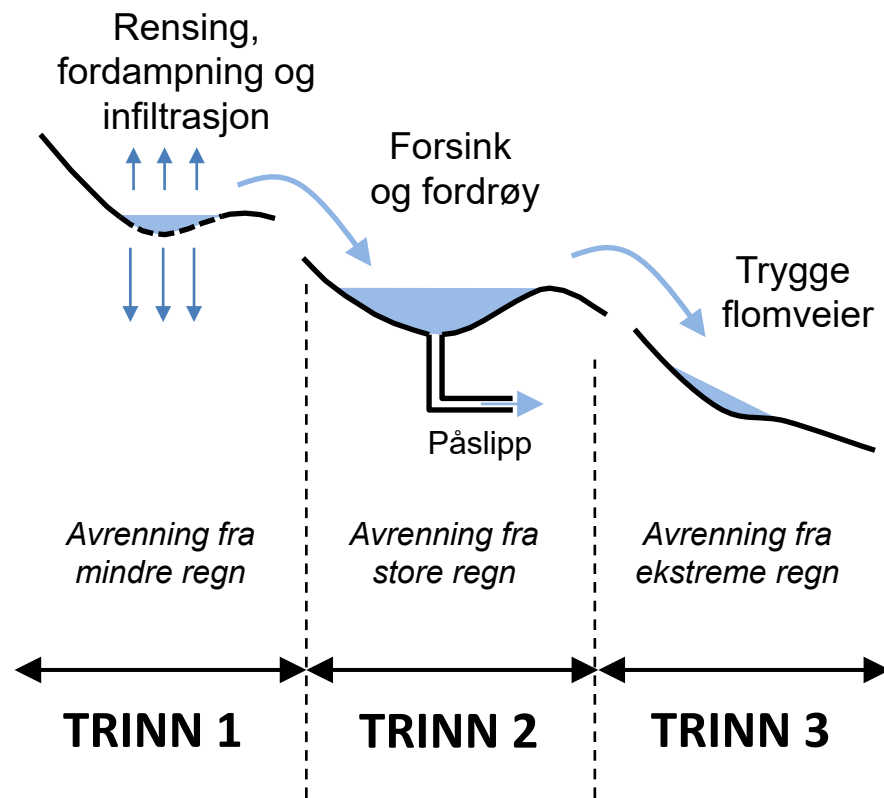
# Strategi for håndtering av overvann



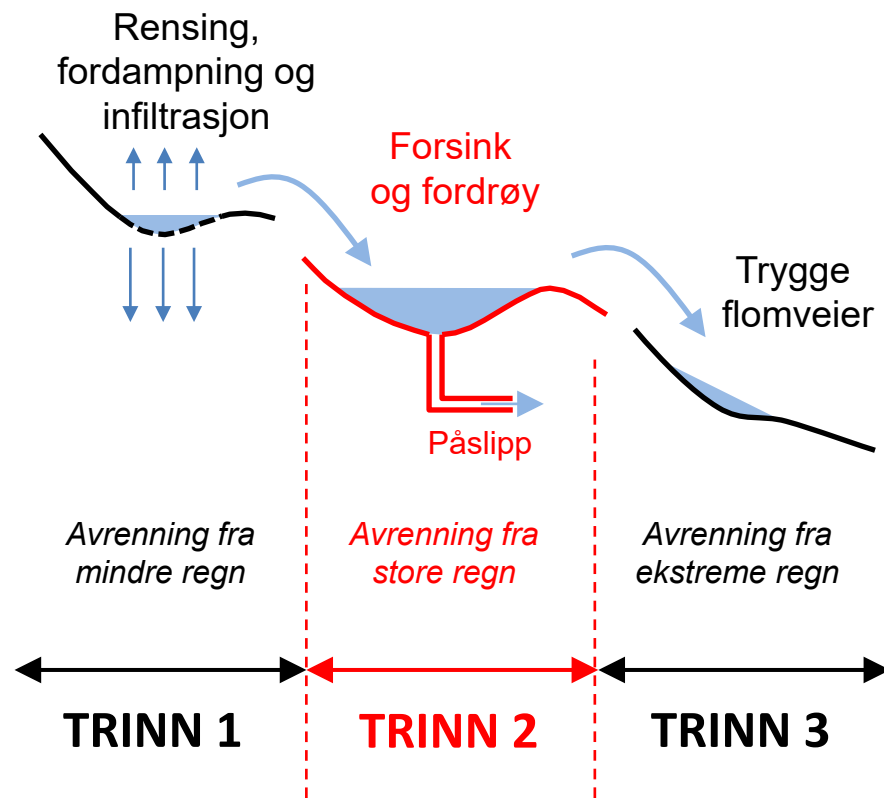
# Strategi for håndtering av overvann



# Strategi for håndtering av overvann

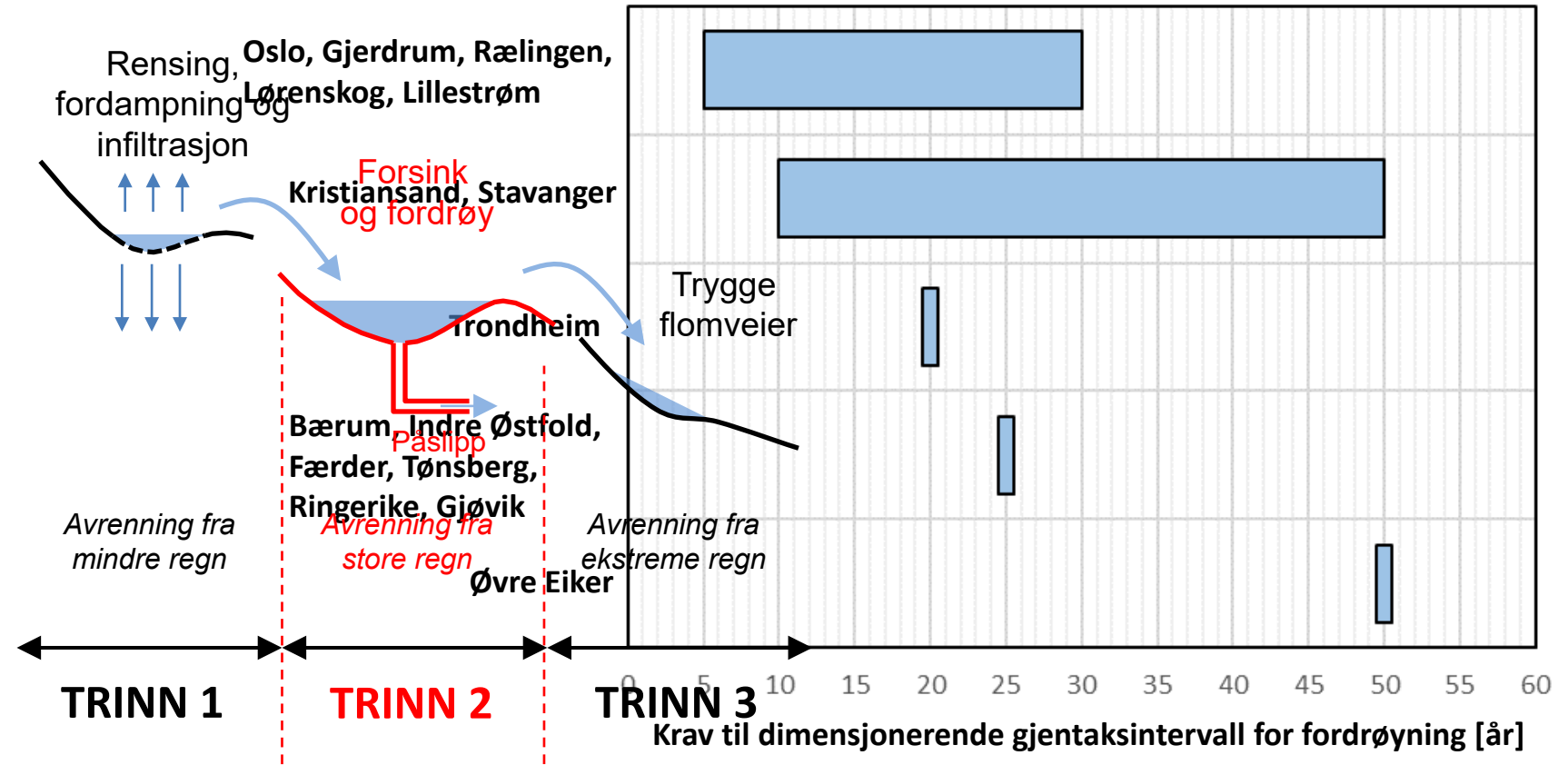


# Strategi for håndtering av overvann





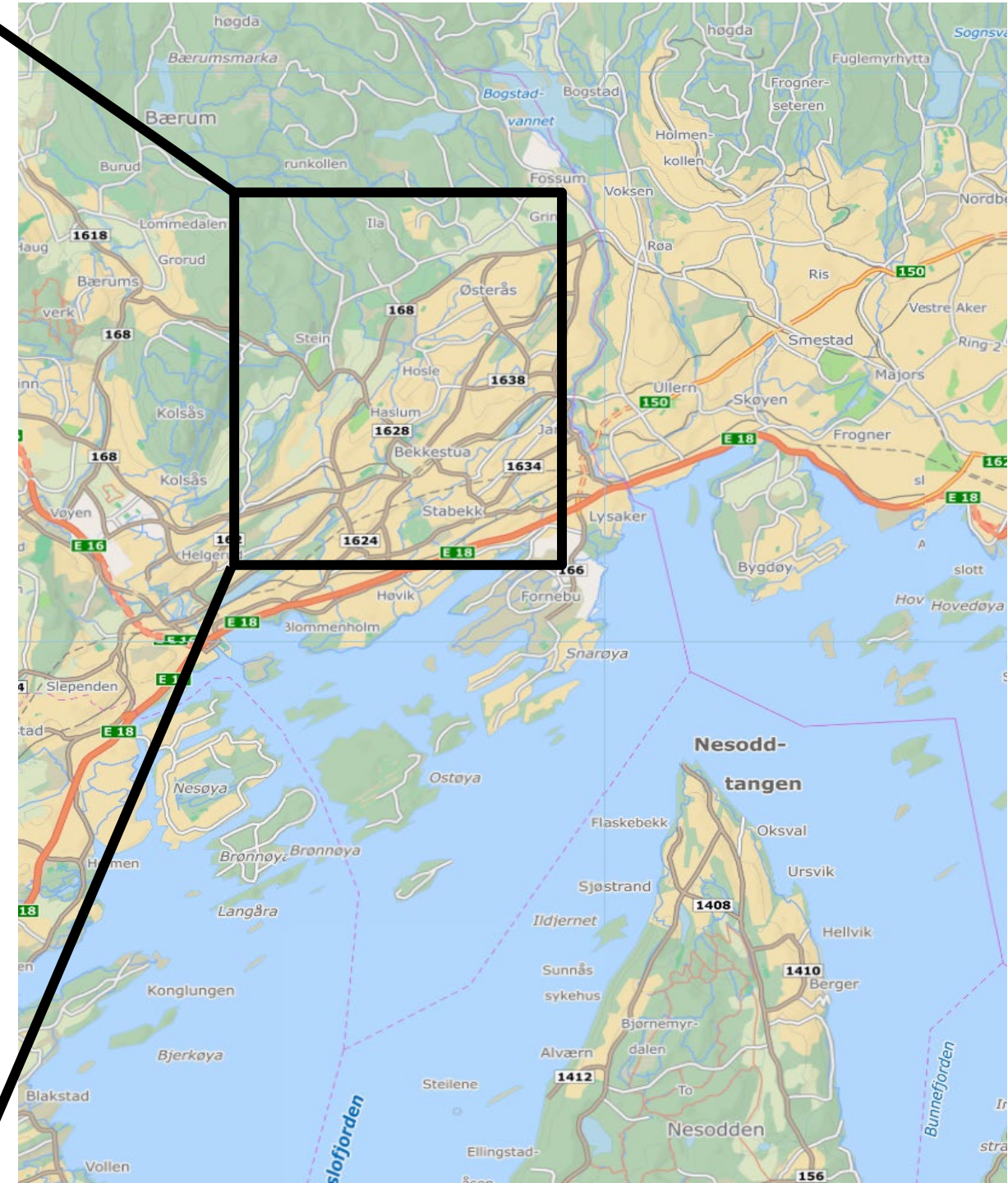
# Strategi for håndtering av overvann



# Metode

Case-området på Nadderud, Bærum

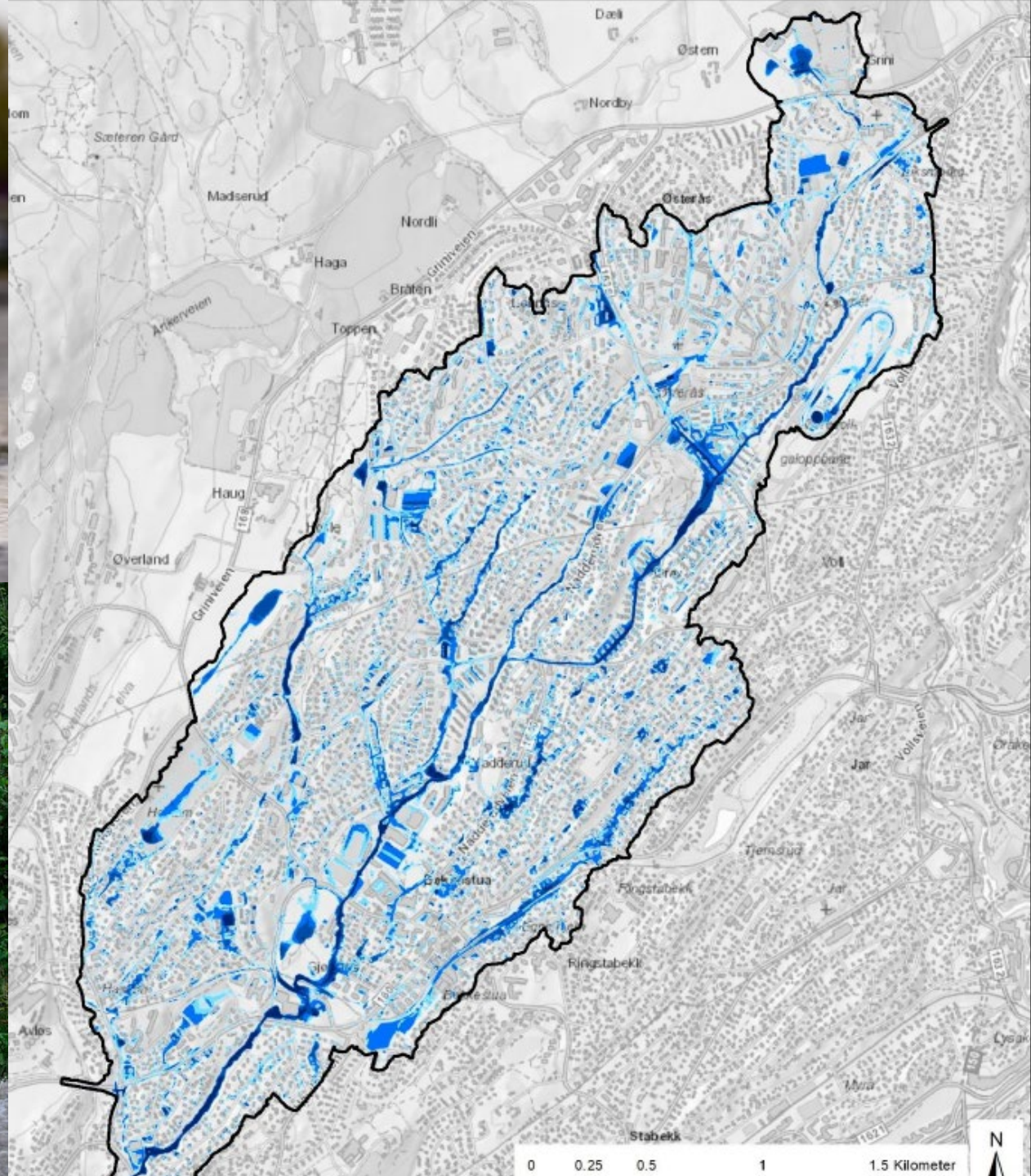
Areal: **808 ha**  
Boligbebyggelse: **70 %**  
Konsentrasjonstid: **~2 timer**



# Metode

## Kalibrert hydraulisk modell

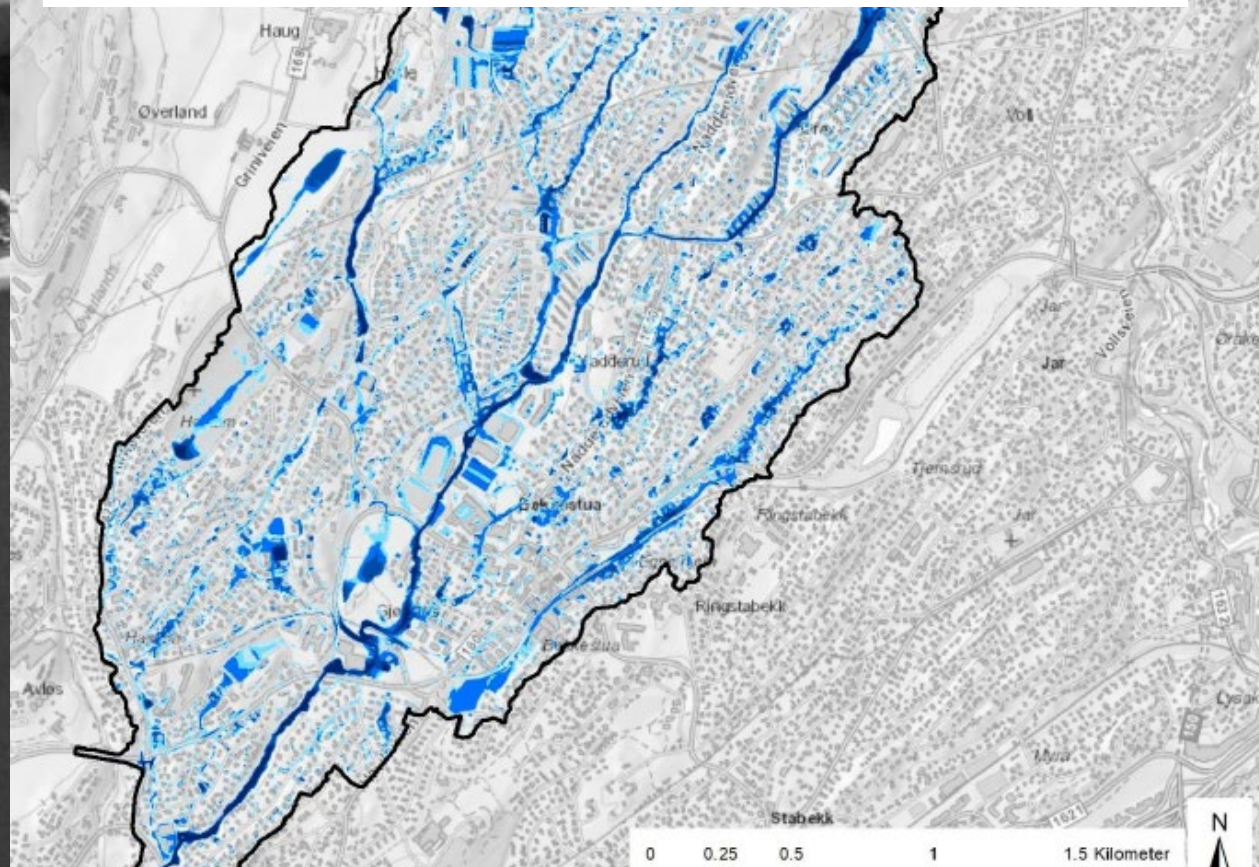
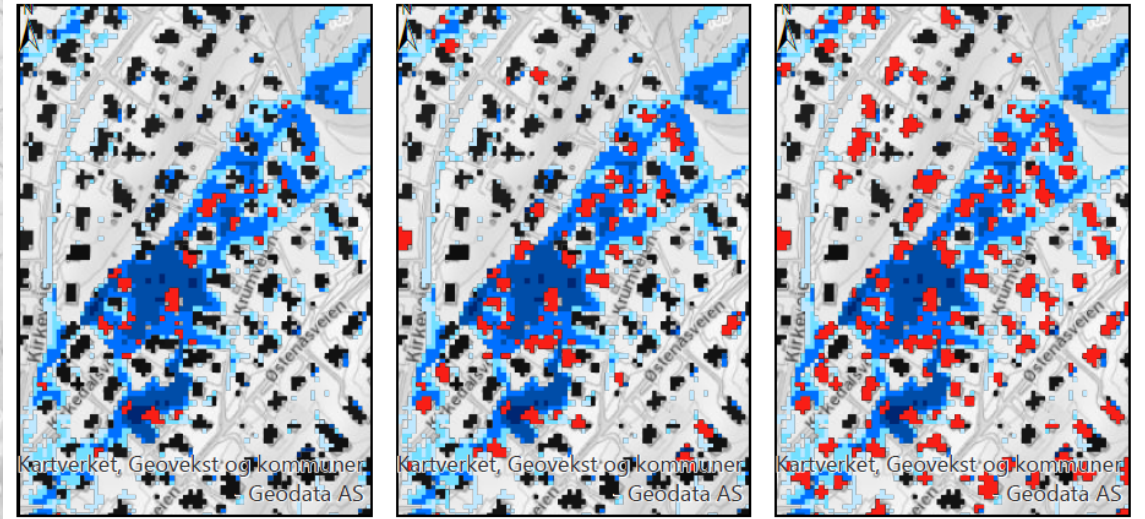
- DHI-kombinasjonsmodell (strømning fra overflate til ledningsnett og vice versa)
- Vannføring kalibrert for 6.august 2016 (200 års hendelse)



# Metode

## Kalibrert skadekostnadsmodell

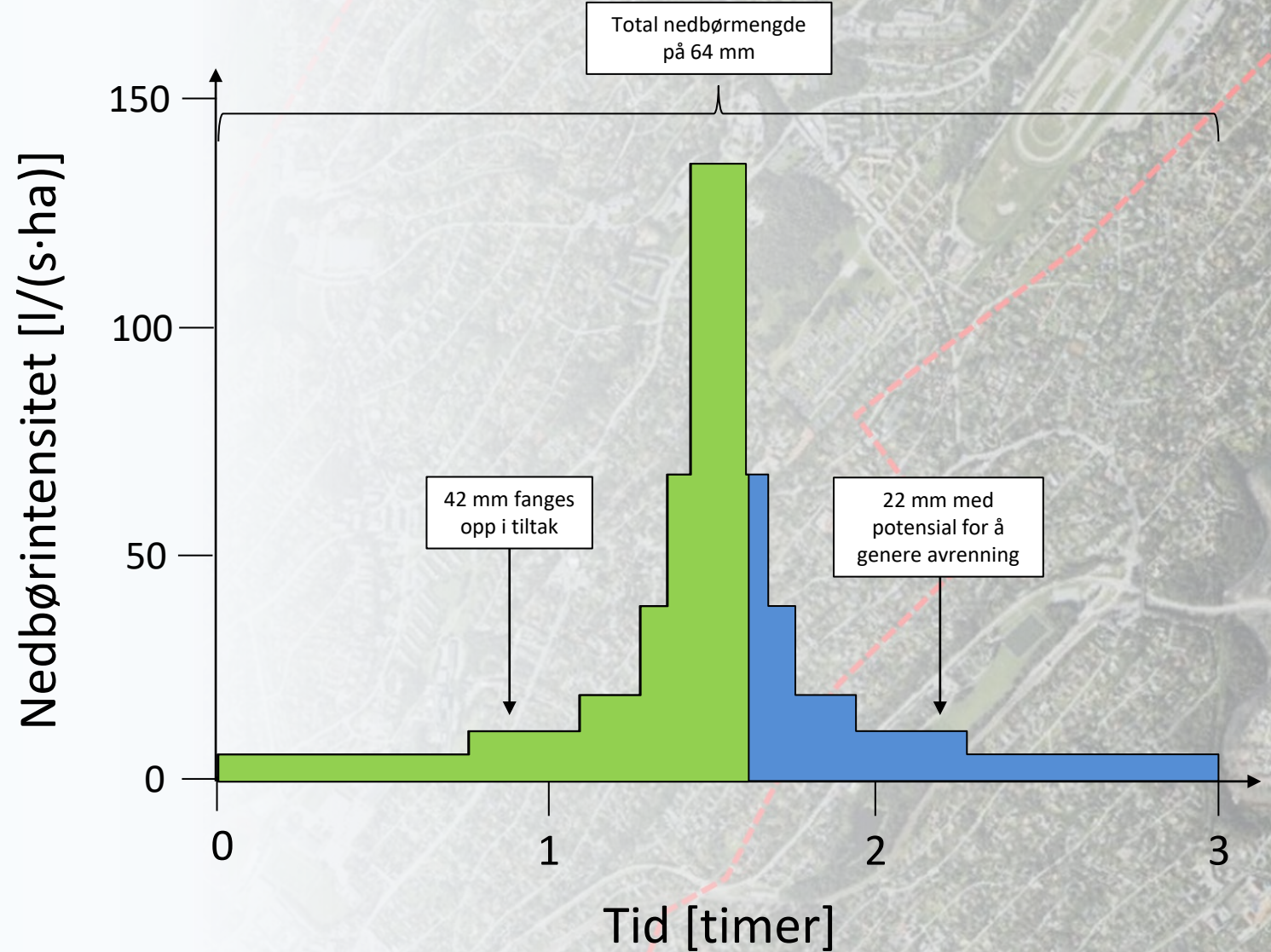
- Skadekostnadsmodell (som kobler hydraulikk til forventede skadekostnader)
- Skadekostnader kalibrert for 6.august 2016 (estimert til 28 MNOK)



# Metode

## Modellregn og tiltak

- Symmetriske blokkhyetogram med varighet på 3 timer og blokkoppløsning på 5 min
- Gjentakintervall på 2, 5, 10, 20, 50, 100 og 1000 år (ekstrapolert)
- IVF-statistikk fra Øvrevoll SN19510
- Klimafaktorer fra 1,00 til 1,50
- Lokale fordrøyingstiltak ble simulert ved å redusere nedbørmengden som treffer lokalt
- Tiltak dimensjonert for nedbør fra 0 til 47 mm



# Metode

## Modellering av kostnader

$$K_{tot} = K_{skader} + K_{tiltak}$$

Tiltakskostnad [MNOK]

Skadekostnad [MNOK]

Totalkostnad [MNOK]

$$K_{skader} = EAD \cdot R \cdot F_p$$

Påslagsfaktor [-]

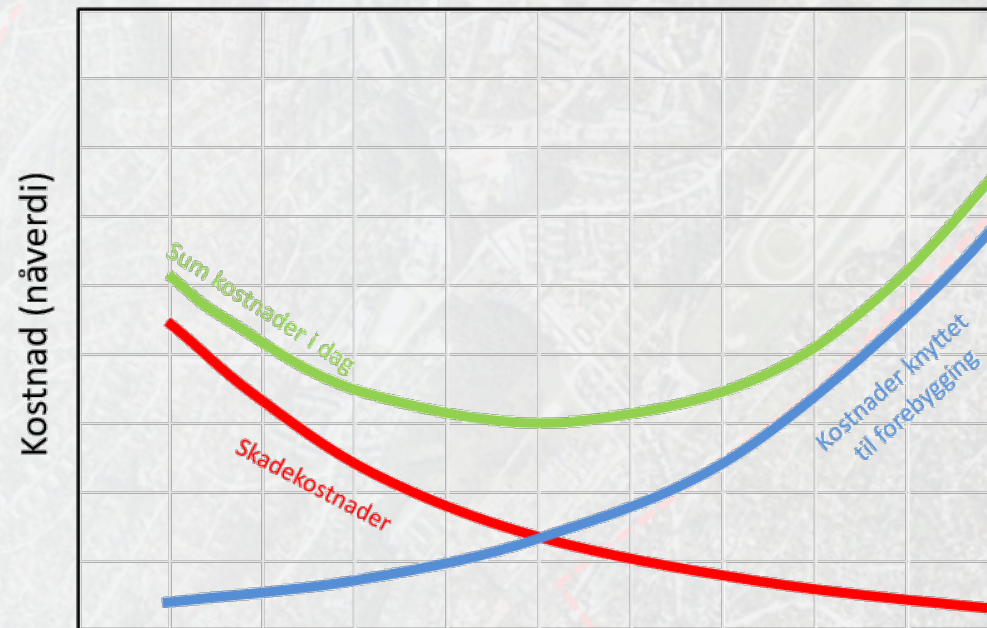
Nåverdifaktor [år]

Forventet årlig skadekostnad [MNOK/år]

$$R = \frac{(1+r)^n - 1}{r \cdot (1+r)^n}$$

Tidsperiode [år]

Diskonteringsrente [-]



Dimensjonerende gjentakintervall

$$EAD = \int_{T_{min}}^{T_{maks}} \frac{D(T)}{T^2} dT$$

Høyeste gjentakintervall som vurderes [år]

Forventet skadekostnad ved  $T$  [MNOK]

Gjentaksintervall [år]

Laveste gjentakintervall som gir skadekostnader [år]

# Metode

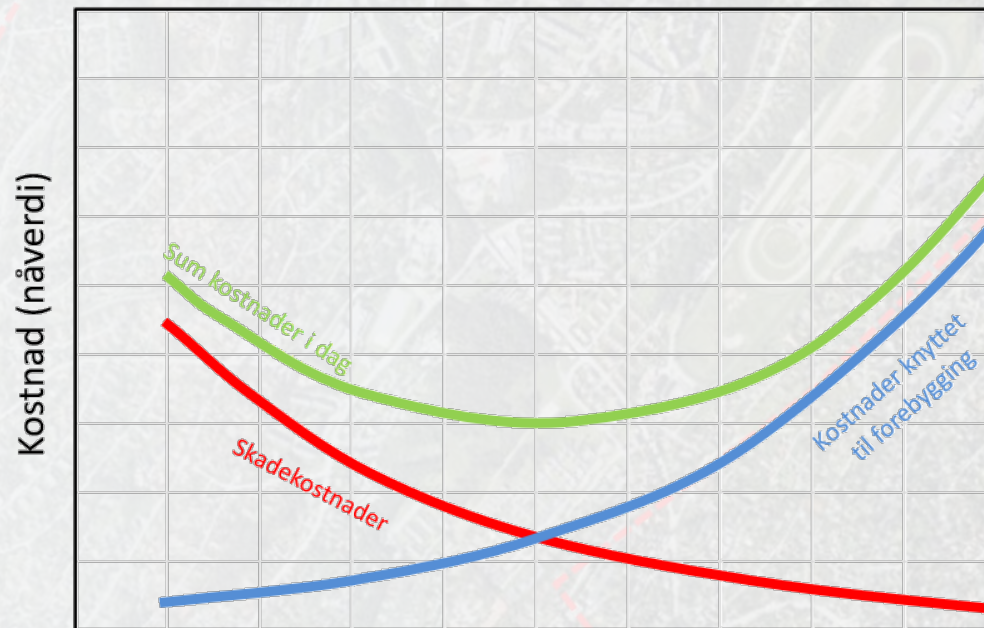
## Modellering av kostnader

$$K_{tot} = K_{skader} + K_{tiltak}$$

Tiltakskostnad [MNOK]

Skadekostnad [MNOK]

Totalkostnad [MNOK]



$$K_{tiltak} = P_{dim} \cdot A \cdot (I_e \cdot F_R + R \cdot I_d)$$

Enhetspris ved drift og vedlikehold av tiltak [MNOK/(år·m<sup>2</sup>)]

Nåverdifaktoren [år]

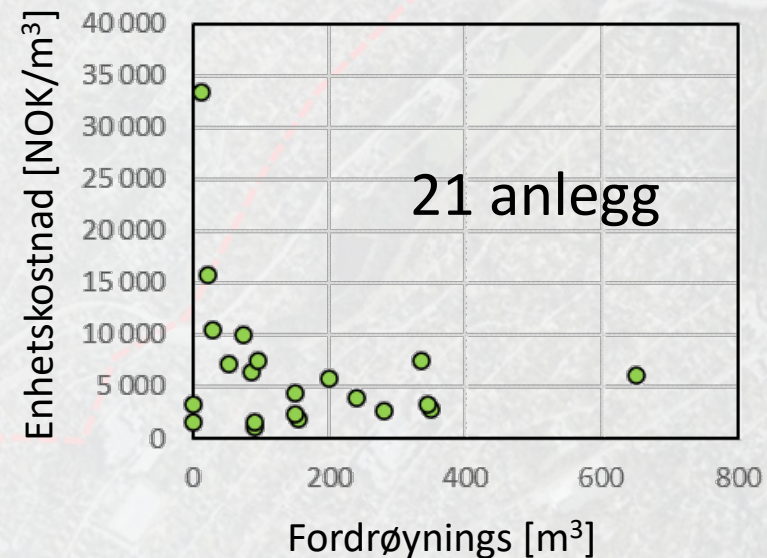
Reduksjon i enhetspris som funksjon av størrelse [-]

Enhetspris ved anlegging av tiltak [MNOK/m<sup>2</sup>]

Avrenningsareal som skal fordrøyes [m<sup>2</sup>]

Dimensjonerende nedbørmengde for fordrøyning [m]

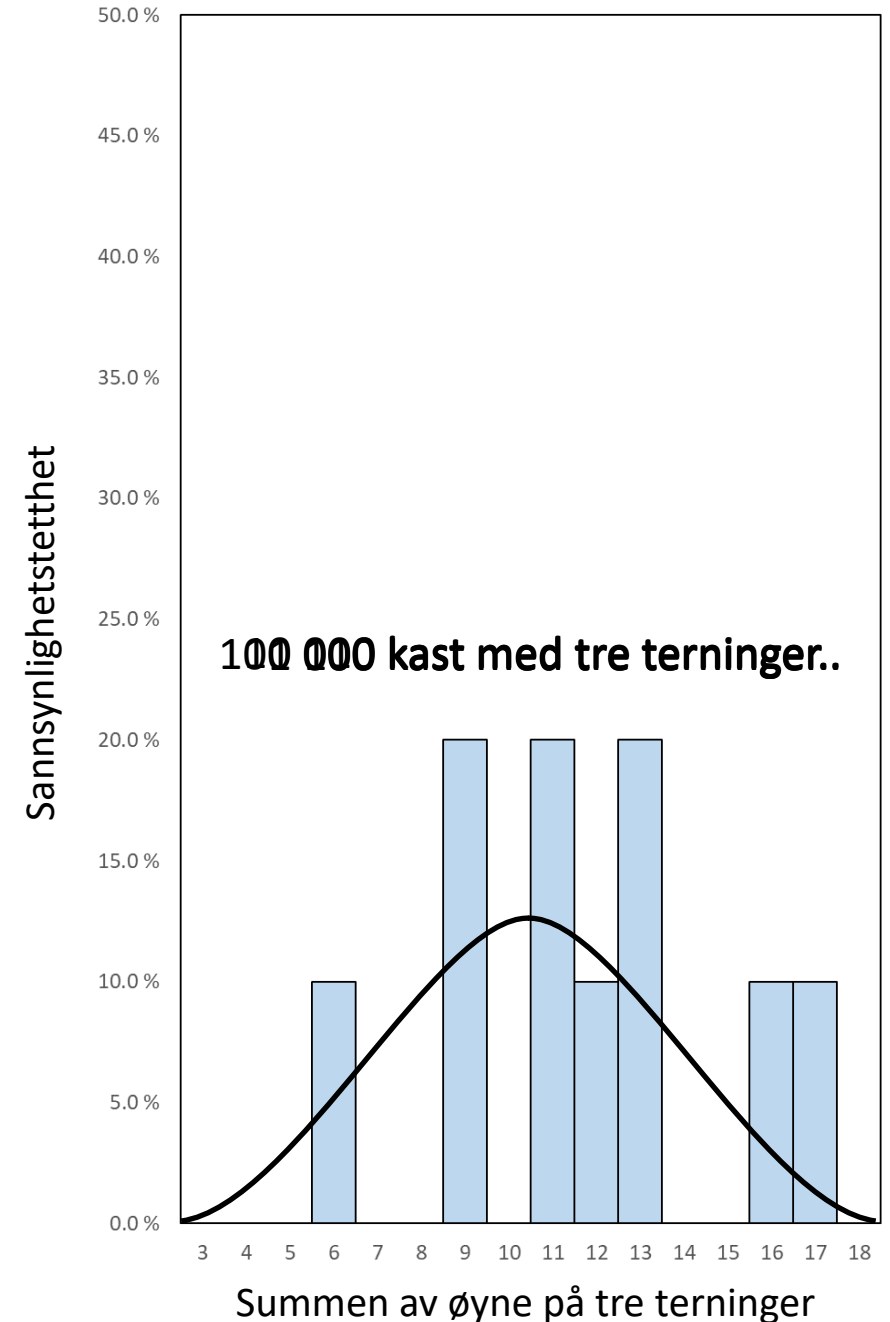
Dimensjonerende gjentakintervall



# Metode

## Variabler i Monte Carlo simuleringer

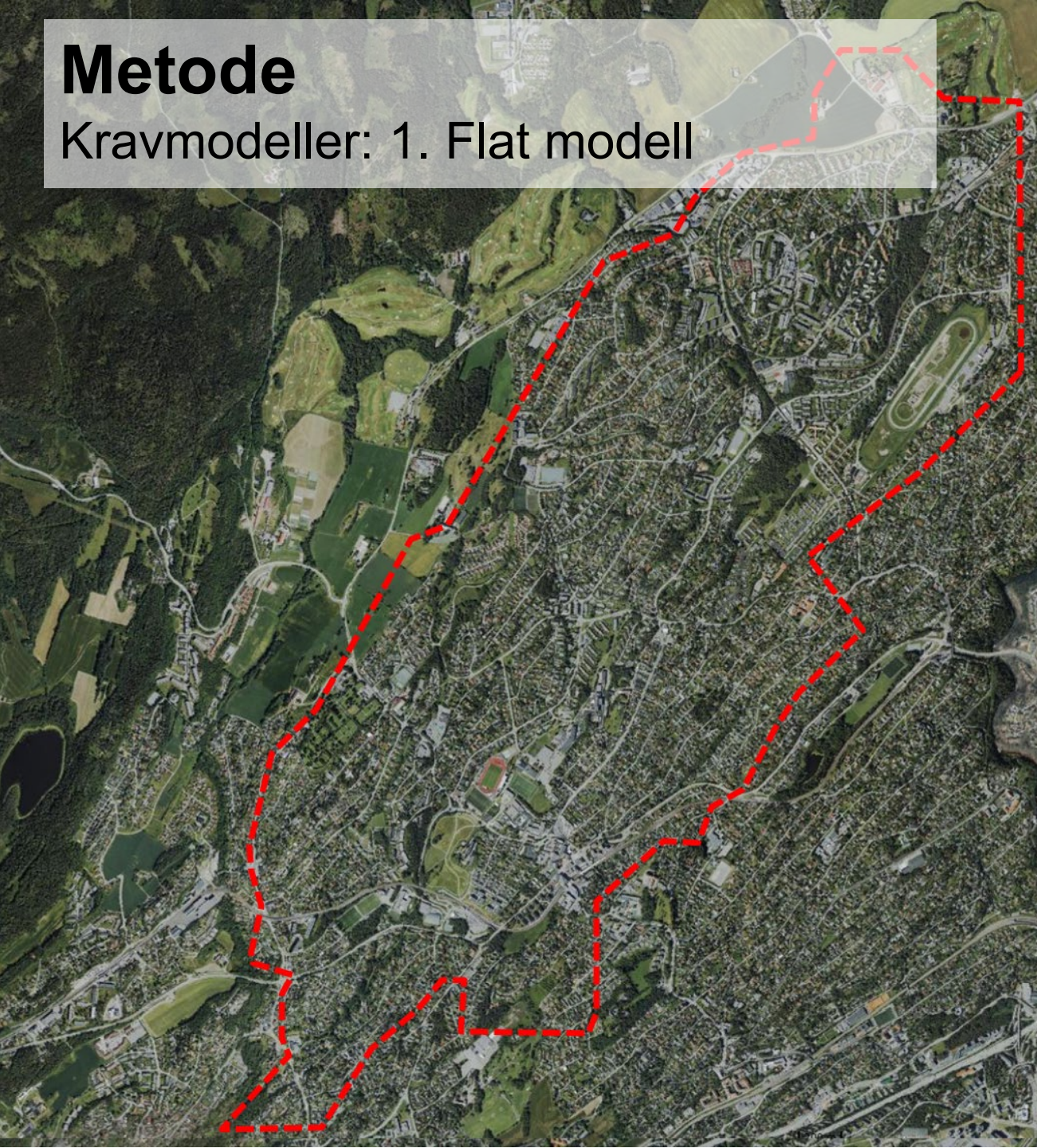
Beskrivelse	Antakelser
<b>Påslagsfaktor (<math>F_p</math>)</b> Faktor som multipliseres med skadekostnader fra skadekostnadsmodell for å ivareta de øvrige skadekostnader modellen ikke hensyntar. I NOU (2015) gjennomgås det to eksempler der fordelingen mellom direkte og indirekte skadekostnader er beregnet. Basert på fordelingen kan påslagsfaktorene estimeres til å være anslagsvis 2 (flom i Gudbrandsdalen) og 4,5 (Frida for Nedre Eiker kommune). Som diskutert av Olesen m.fl. (2017) er det stor usikkerhet knyttet til fordelingen og det er derfor valgt et relativt stort intervall.	Gjennomsnitt: 4 Minimum: 2 Maksimum: 6 Fordeling: uniform
<b>Diskonteringsrente (<math>r</math>)</b> Risikostjustert avkastningskrav som benyttes for å beregne nåverdi av fremtidige kontantstrømmer. I NOU (2012) anbefales 2 % etter 75 år.	Gjennomsnitt: 2,0 % Minimum: 0,5 % Maksimum: 3,5 % Fordeling: uniform
<b>Kostnad ved etablering av tiltak (<math>I_e</math>)</b> Engangskostnad for etablering av tiltak med antatt levetid på 100 år. Basert på enhetspriser for fordrøyningsanlegg (Magnussen m.fl., 2015, Hernes, 2018, Paus og Egeberg, 2020).	Gjennomsnitt: 5 300 Standardavvik: 3 300 Fordeling: lognormal
<b>Kostnader ved drift og vedlikehold av tiltak (<math>I_d</math>)</b> Basert på rapporterte verdier (Magnussen m.fl., 2015, Paus og Egeberg, 2020). Laveste verdi er valgt som 0 da det kan argumenteres for at etablering av tiltak vil gi tilsvarende reduksjon for behov for drift og vedlikehold av avløpsanlegg.	Gjennomsnitt: 25 Minimum: 0 Maksimum: 50 Fordeling: uniform
<b>Reduksjon i enhetspriser (<math>f_R</math>)</b> Det er antatt en lineær synkende verdi for reduksjonsfaktoren beskrevet av følgende likning: $F_R = 1 - \frac{P_{dim}}{P_{maks}} \cdot f_r$ Der $P_{maks}$ er største dimensjonerende regn på 47 mm og $f_r$ er reduksjonen i enhetspriser [%]. Basert på prisede fordrøyningsanlegg av Hernes (2018) kan reduksjonen i enhetspriser forventes å være om lag 50 til 70 % når tiltaksvolumet øker med det tidoblede.	Gjennomsnitt: 60 % Minimum: 50 % Maksimum: 70 % Fordeling: uniform





# Metode

Kravmodeller: 1. Flat modell



## 1. FLAT MODELL

Alle bebygde arealer får samme krav til tiltak.  
Grøntområder, grav og urnelund er unntatt krav.

# Metode

Kravmodeller: 2. Boligbasert modell

## AREALPLAN

IDRETTSANLEGG

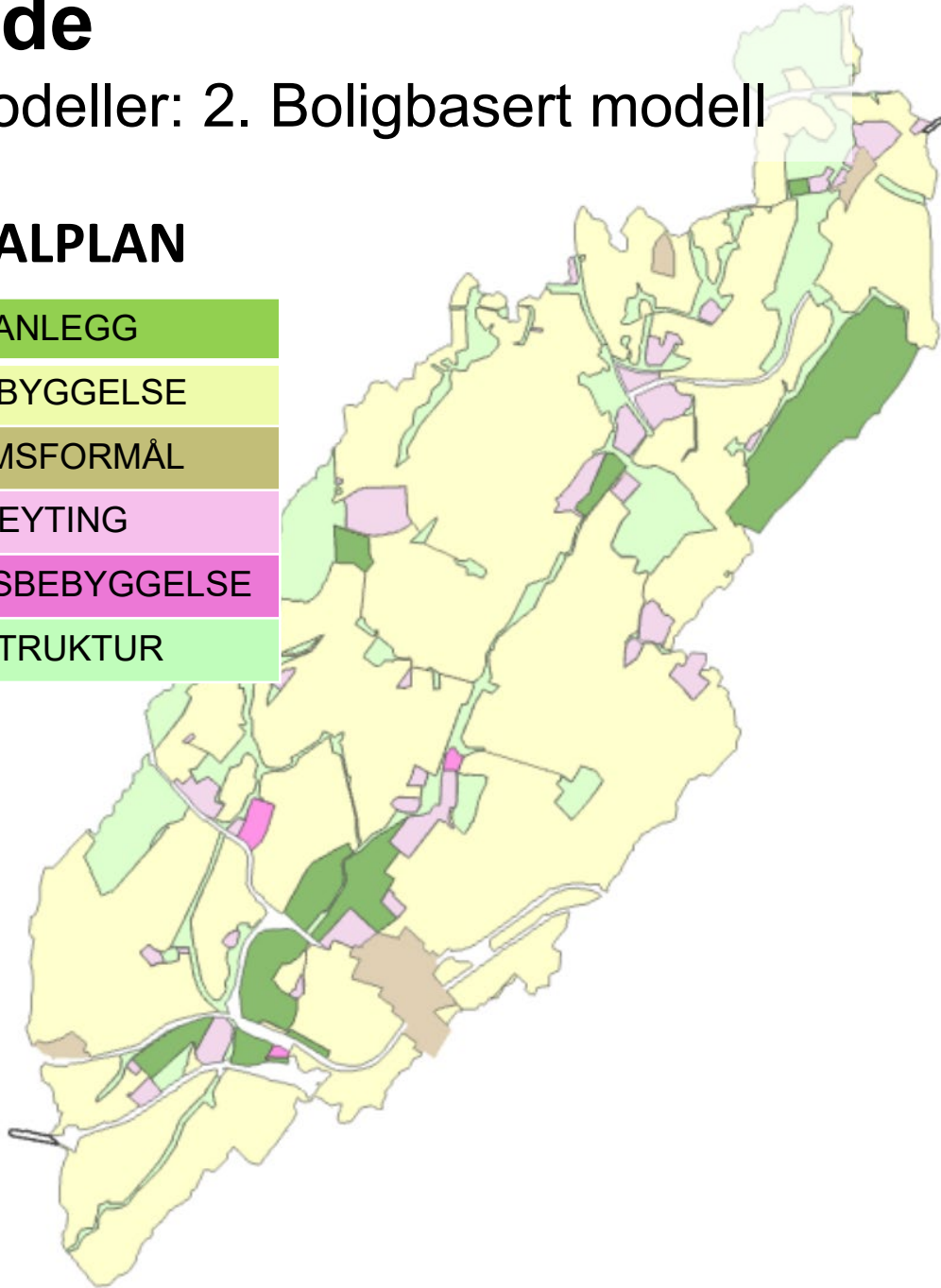
BOLIGBEBYGGELSE

SENTRUMSFORMÅL

TJENESTEYTING

NÆRINGSBEBYGGELSE

GRØNNSTRUKTUR



## 2. BOLIGBASERT MODELL

Alle boligområder får  
samme krav til tiltak.  
Andre arealkategorier er  
unntatt krav.

# Metode

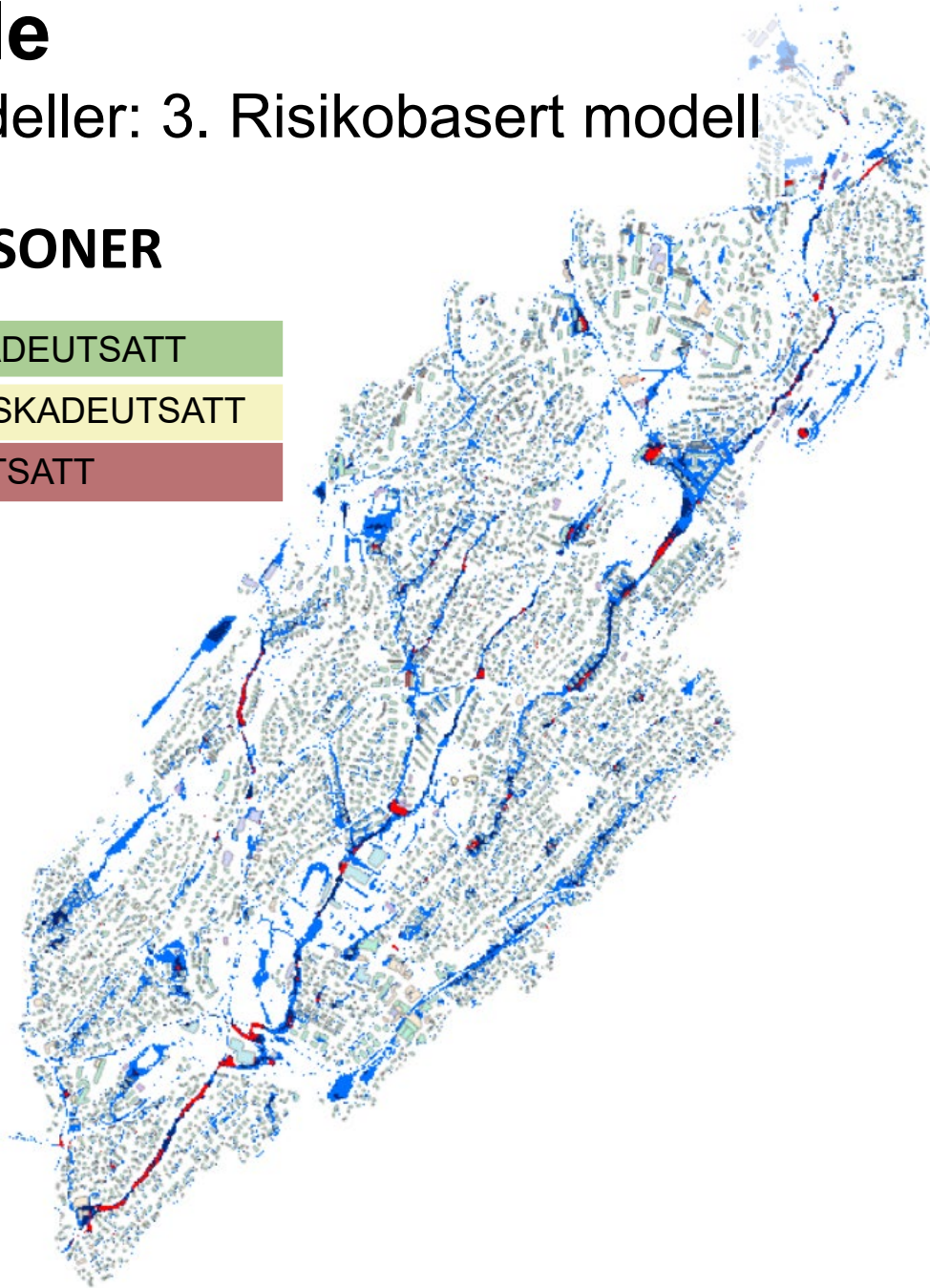
Kravmodeller: 3. Risikobasert modell

## RISIKOSONER

IKKE SKADEUTSATT

MINDRE SKADEUTSATT

SKADEUTSATT



## 3. RISIKOBASERT MODELL

Krav deles i tre  
avhengig av hvilken  
risikosone arealet er i.  
Risiksoner ble basert  
på modellresultater for  
et 100 års regn.

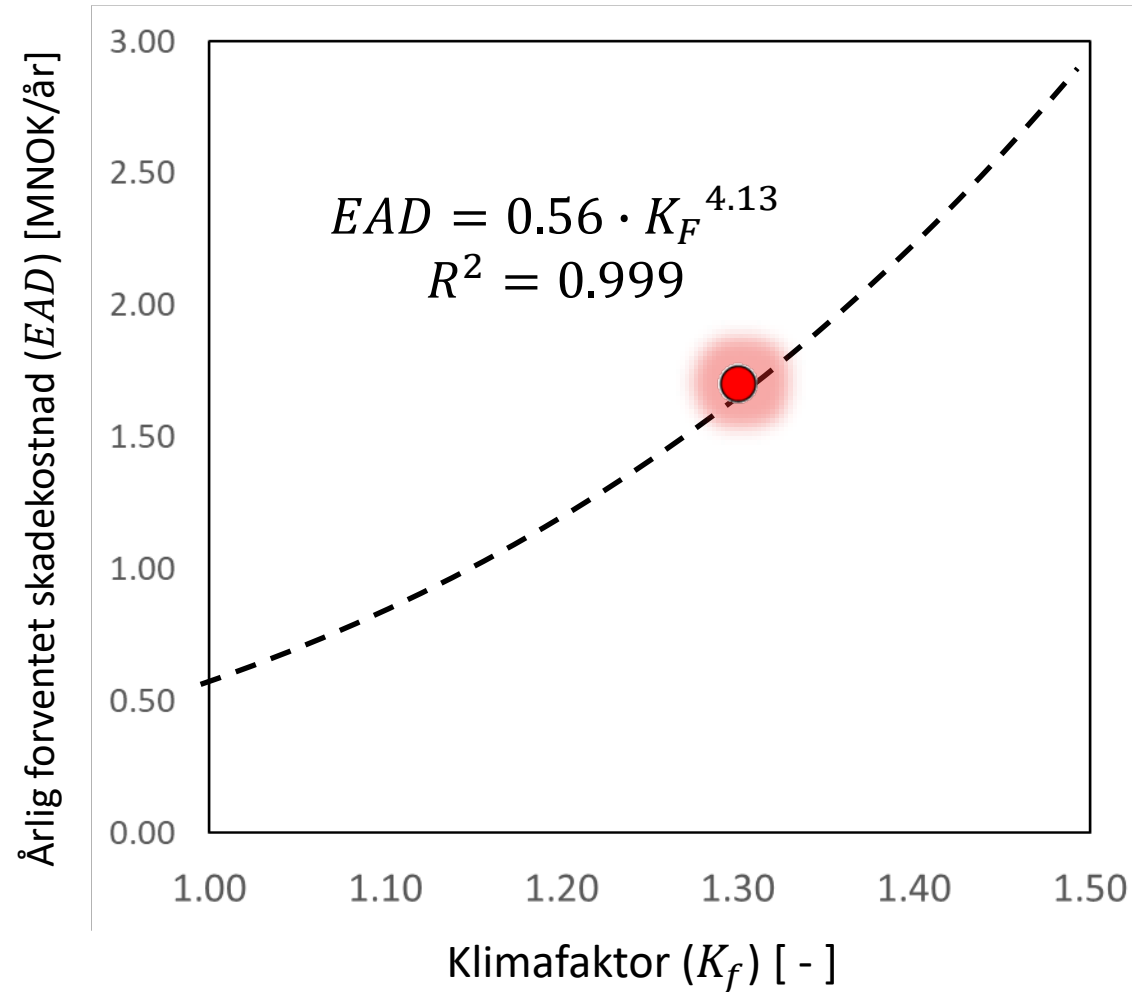
Røde soner omfattet bebygde arealer mindre enn 20 meter fra stor vannføring/vanddybder

Grønne soner omfattet grøntstruktur og idrettsanlegg

Gule soner omfattet øvrige arealer.

# Resultater og diskusjon

## Skadefunksjonens påvirkning av klimafaktor

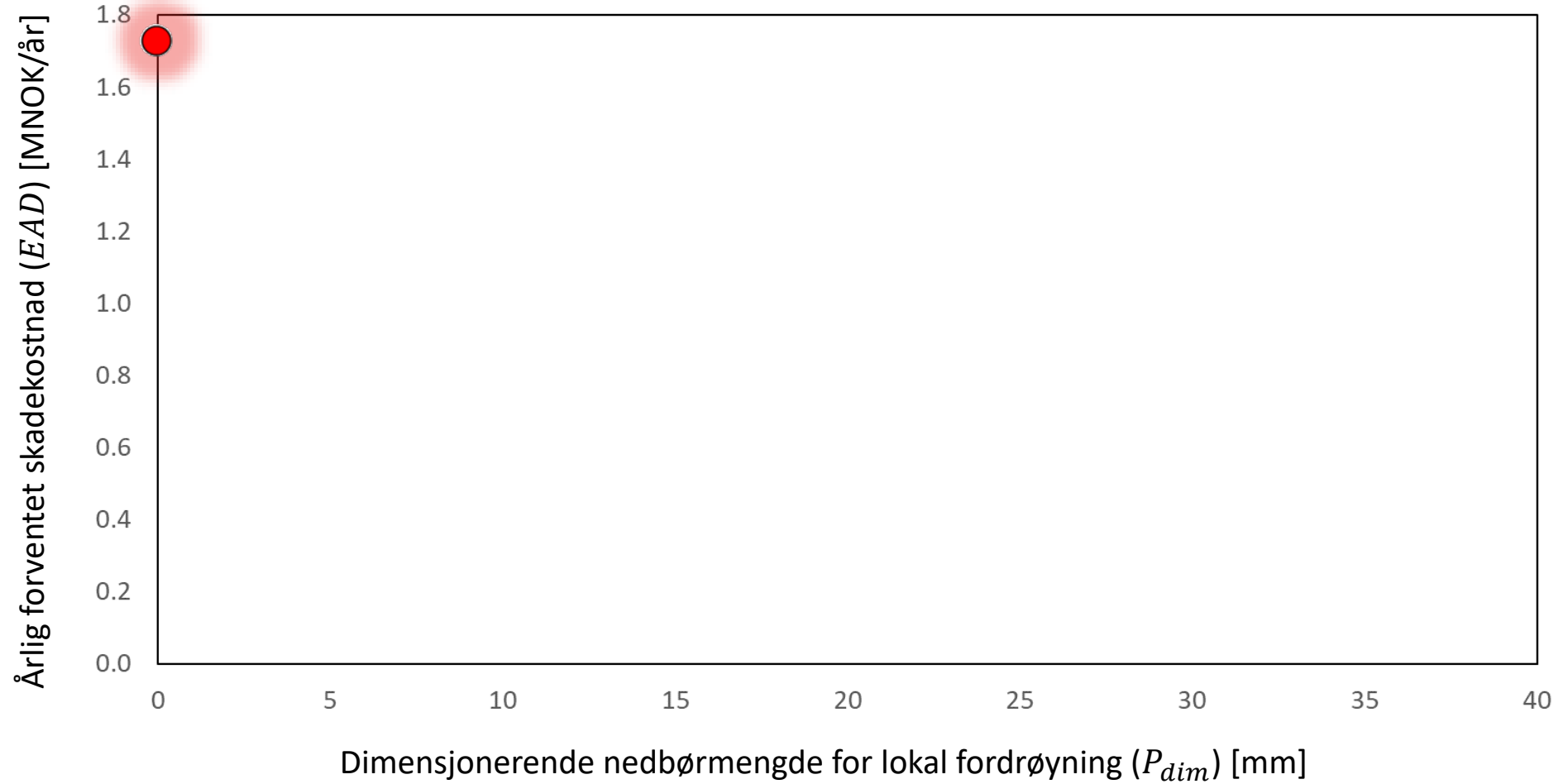


Kurvetilpasning viser at skadekostnaden øker med klimafaktoren i fjerde potens!

Setter vi ikke inn tiltak i dag så vil årlige forventet skadekostnad øke med over 500 % når klimafaktoren økes fra 1,0 til 1,5.

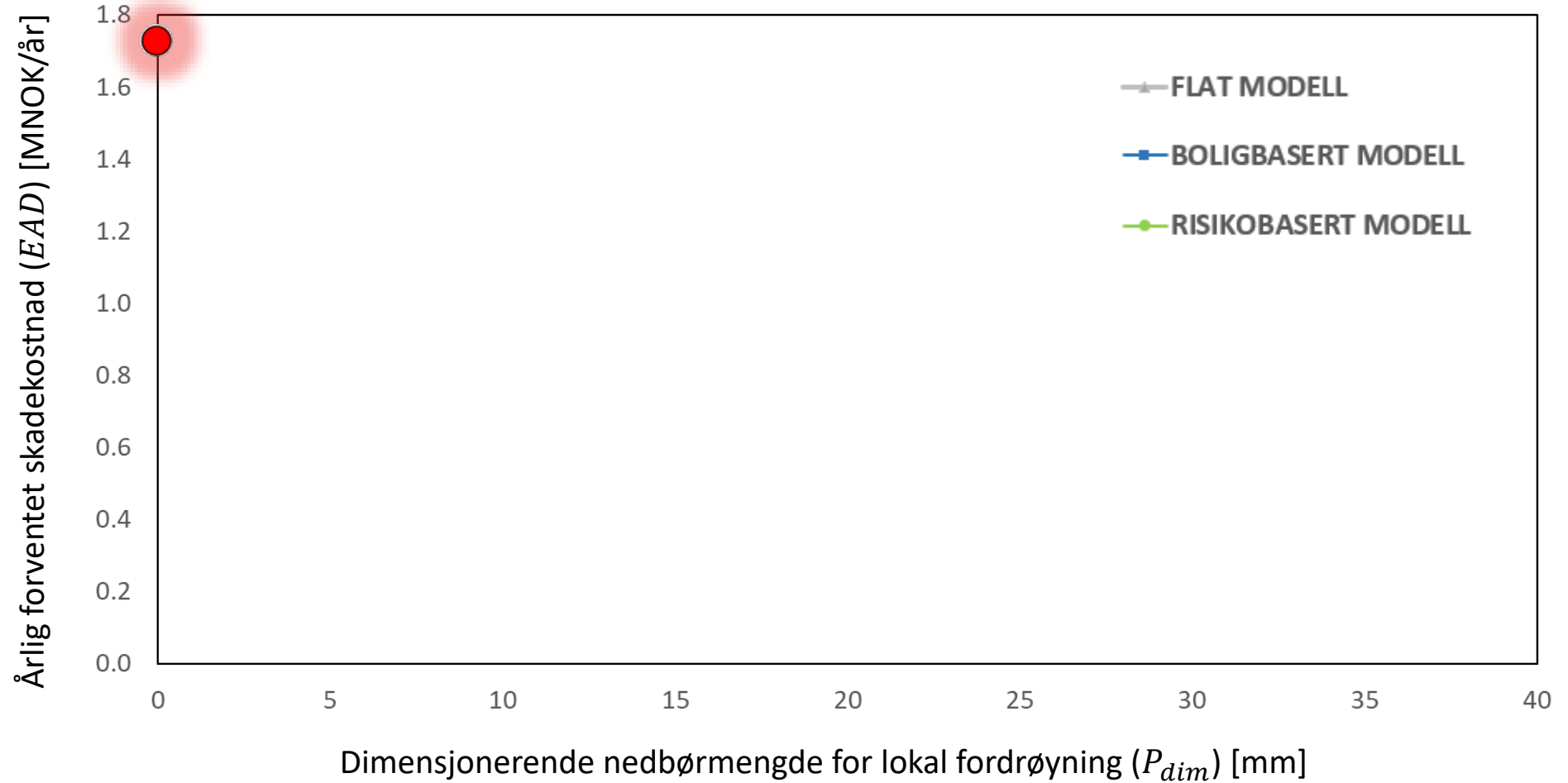
# Resultater og diskusjon

## Skadefunksjoner for ulike kravmodeller



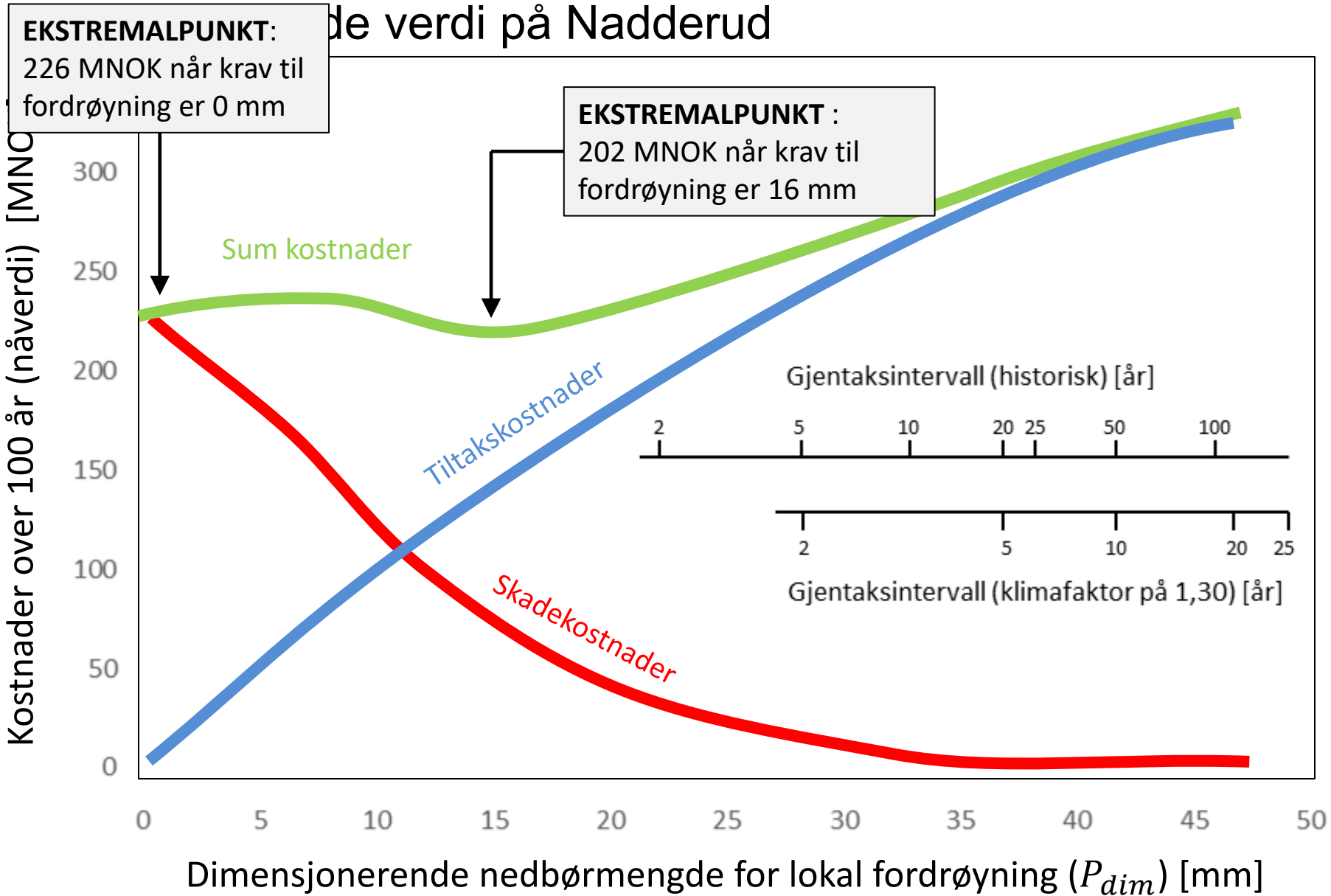
# Resultater og diskusjon

## Skadefunksjoner for ulike kravmodeller



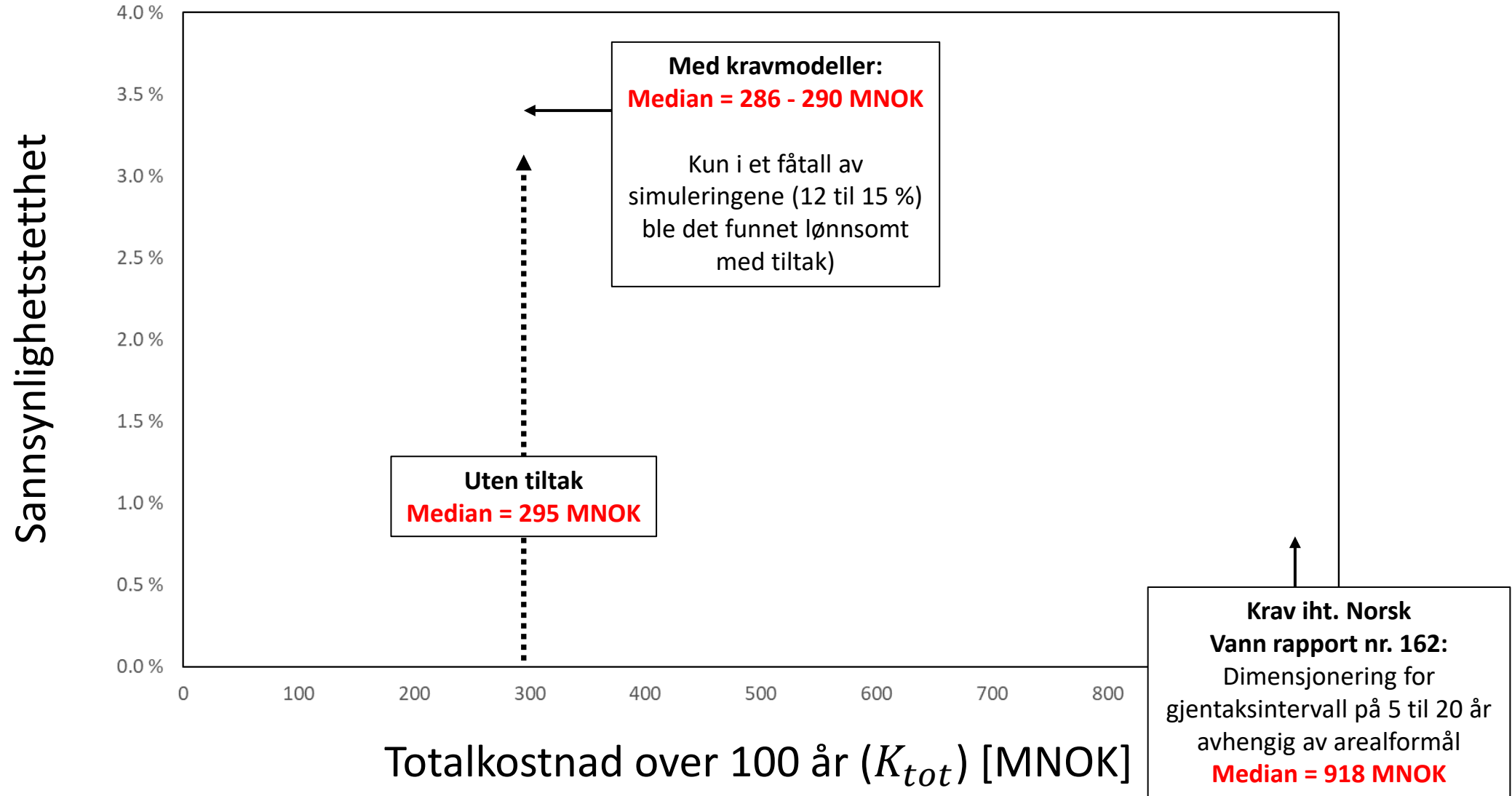
# Resultater og diskusjon

Optimalt de verdi på Nadderud



# Resultater og diskusjon

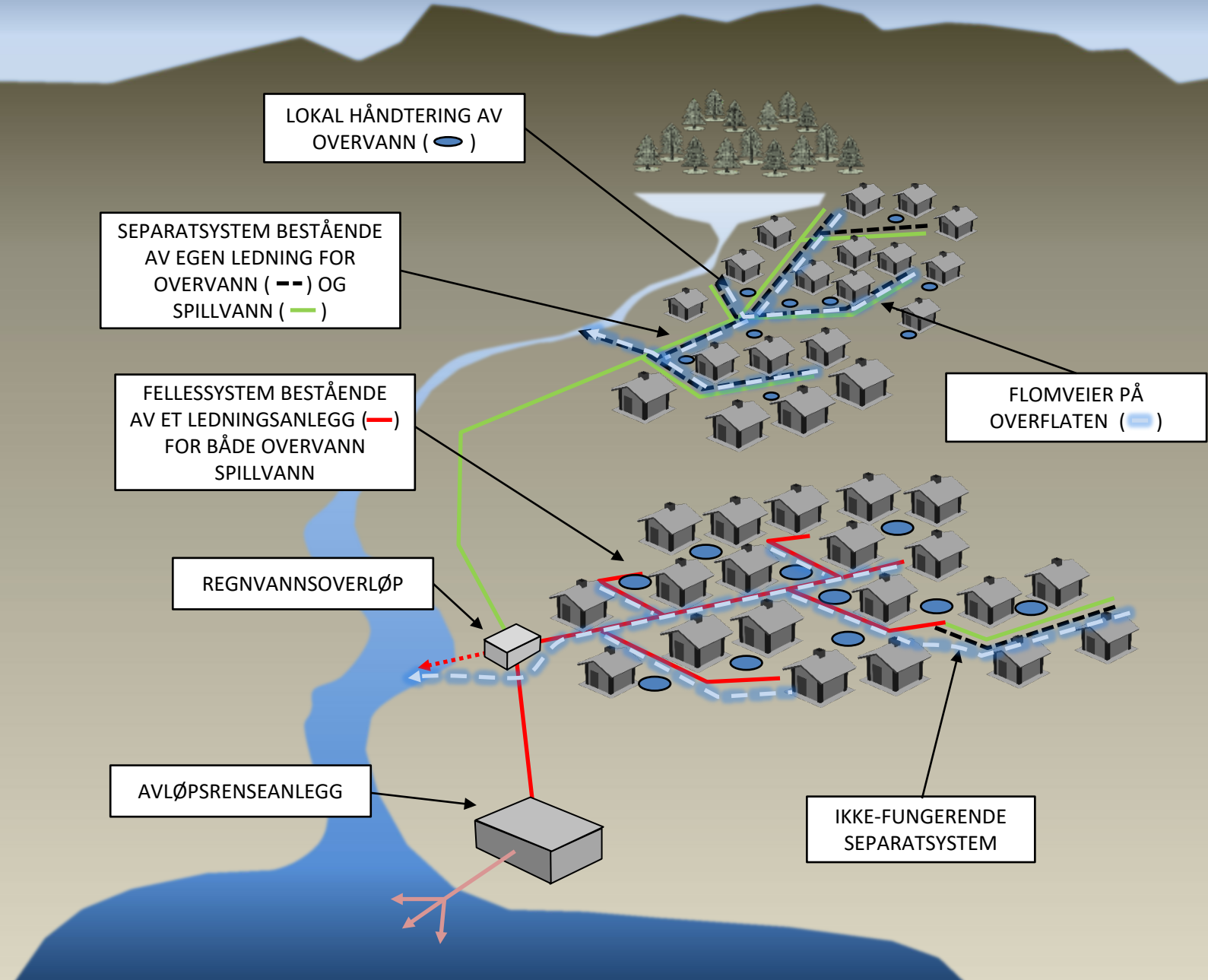
## Optimal dimensjonerende nedbørverdi på Nadderud








# Konklusjoner

1. Det er lav sannsynlighet for at dagens sjablongmessige krav for fordrøyning av overvann er en lønnsom tilnærming (for Nadderud) i et lengre perspektiv (de sparte skadekostnadene ved å øke tiltaksstørrelse kan ikke forsvares av tilhørende økning i tiltakskostnader)
2. For å øke lønnsomheten:
  - Basere krav til fordrøyning i det enkelte utbyggingsprosjekt på resultater fra **detaljerte risikoanalyser** der både overflatehydrologi og ledningshydraulikk vurderes (grov risikovurdering er trolig ikke tilstrekkelig)
  - Flytte investeringen fra trinn 2 (lokal fordrøyning) til **trinn 3** (gjennomgående **flomveier**)!
3. Skal sjablongmessige krav (likevel) benyttes viser resultatene at størst lønnsomhet oppnås når fordrøyningstiltak dimensjoneres for et gjentakintervall på ca. 2 år (uten klimafaktor).  
Forutsetter:
  - Tiltak har enhetspriser under 2 000 NOK/m<sup>3</sup> (midlere rapportert pris er 5 300 NOK/m<sup>3</sup>)
  - Forventet lang levetid (100 år)
  - Flerfunksjonalitet, fleksibilitet og tilleggskvaliteter (**naturbaserte løsninger**) som kan forsvare investeringen av tiltak!



LOKAL HÅNDTERING AV  
OVERVANN (  )

SEPARATSYSTEM BESTÅENDE  
AV EGEN LEDNING FOR  
OVERVANN (  ) OG  
SPILLVANN (  )

FELLESSYSTEM BESTÅENDE  
AV ET LEDNINGSANLEGG (  )  
FOR BÅDE OVERVANN  
SPILLVANN

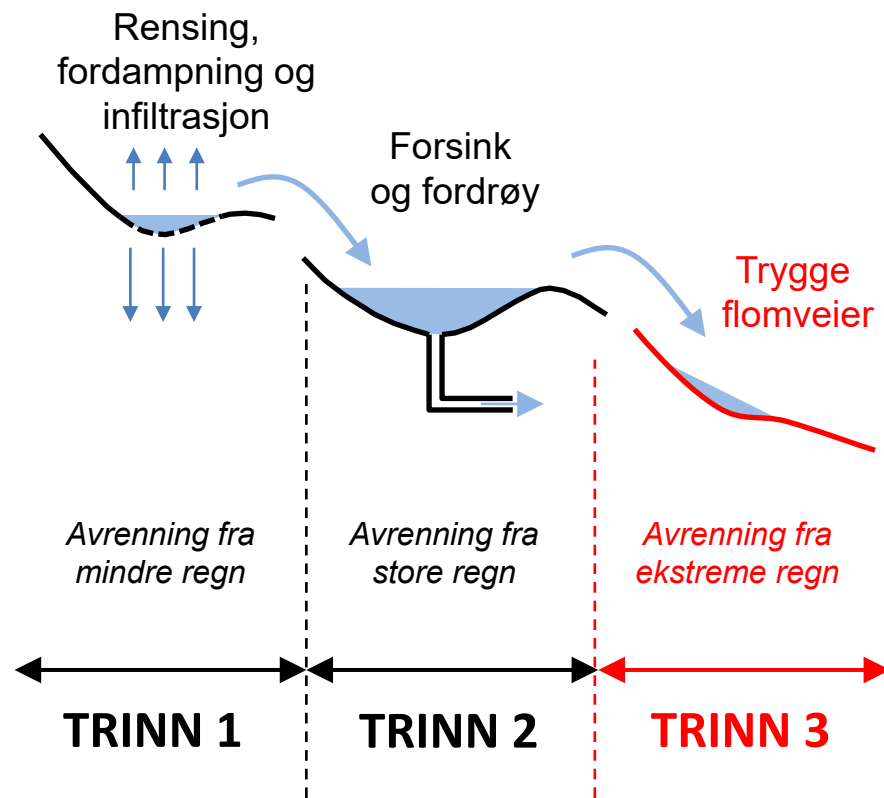
FLOMVEIER PÅ  
OVERFLATEN (  )

REGNVANNSOVERLØP

AVLØPSRENSSEANLEGG

IKKE-FUNGERENDE  
SEPARATSYSTEM

# Strategi for håndtering av overvann







# Asker

Teoretiske flomveier



**Asker 6.aug 2016**  
200 års nedbør



Vollen, Asker (foto Karl Braanaas, 6.aug. 2016)

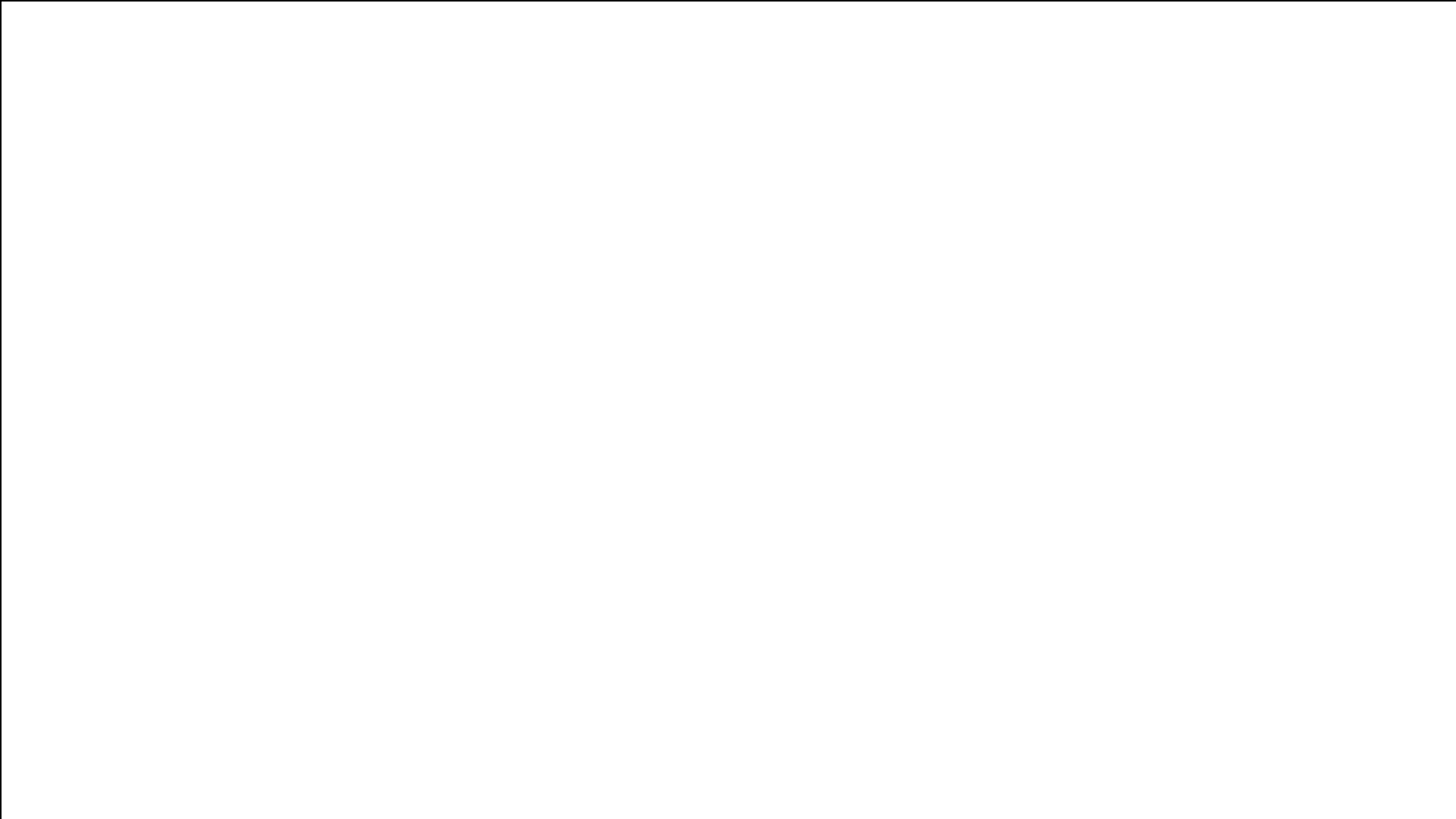
Bekkeinntak er sårbare driftspunkt





Bekkeinntak er sårbare driftspunkt





# Kværnerbyen, Oslo

Tett bekkeinntak sep. 2015



# Veier og gater



# Å «vrenge» terrenget



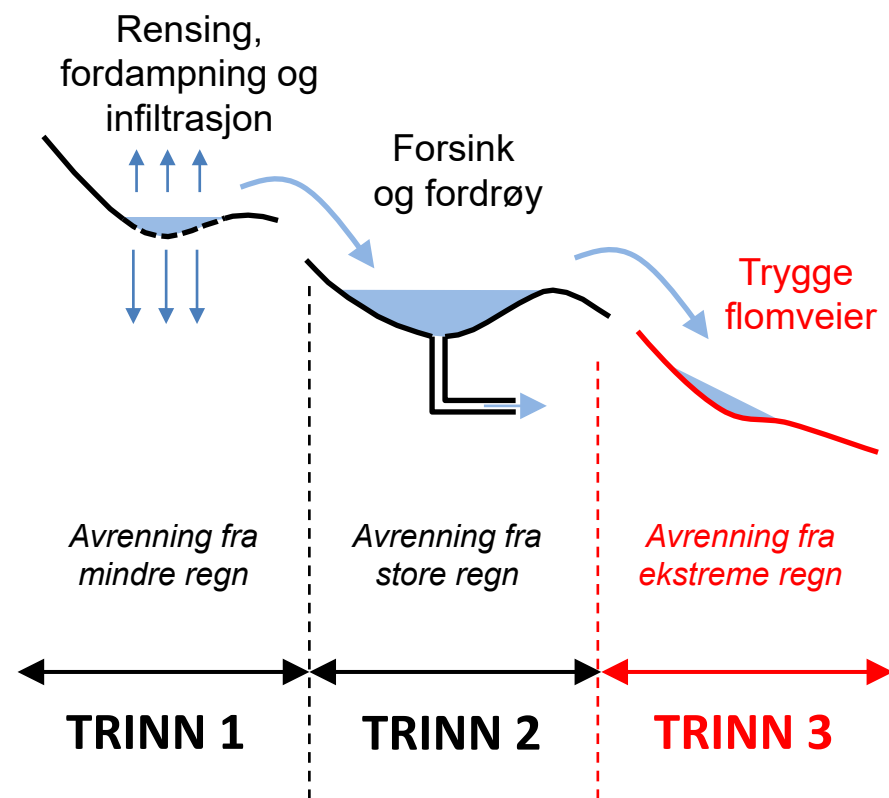
# Å «vrenge» terrenget



# Gjenåpning av lukkede flomveier

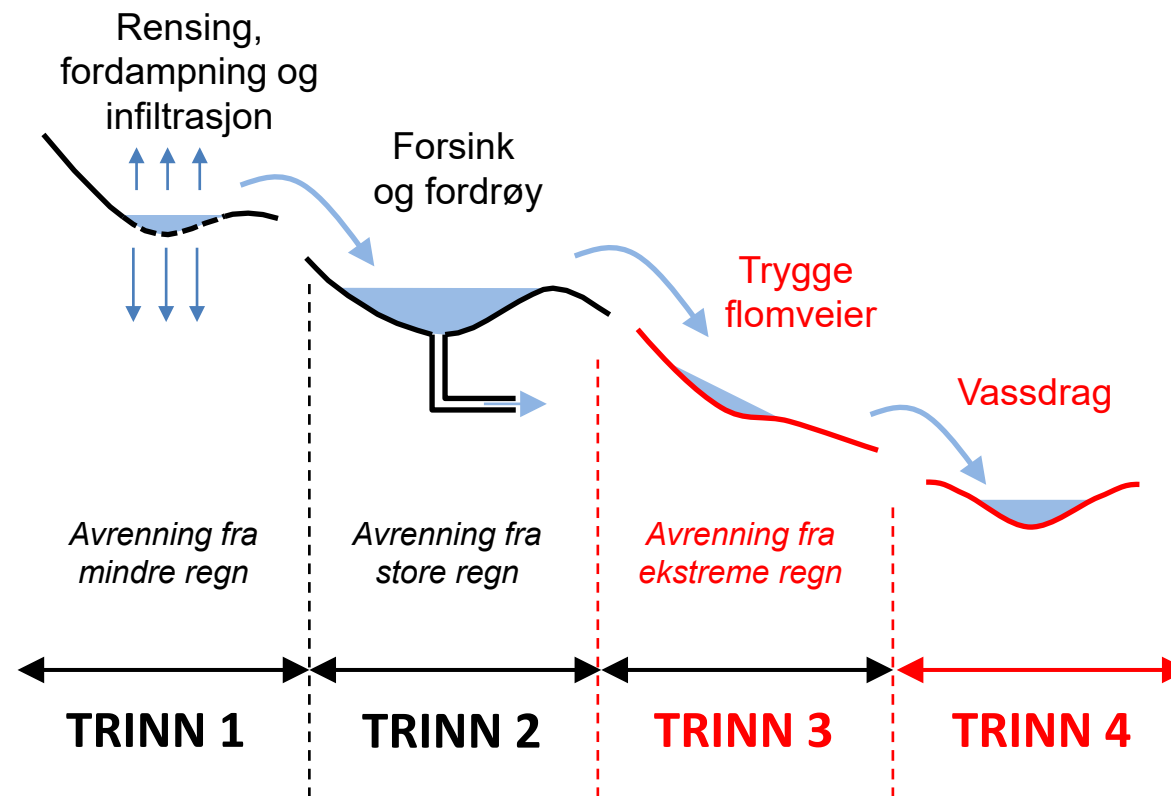


# Strategi for håndtering av overvann

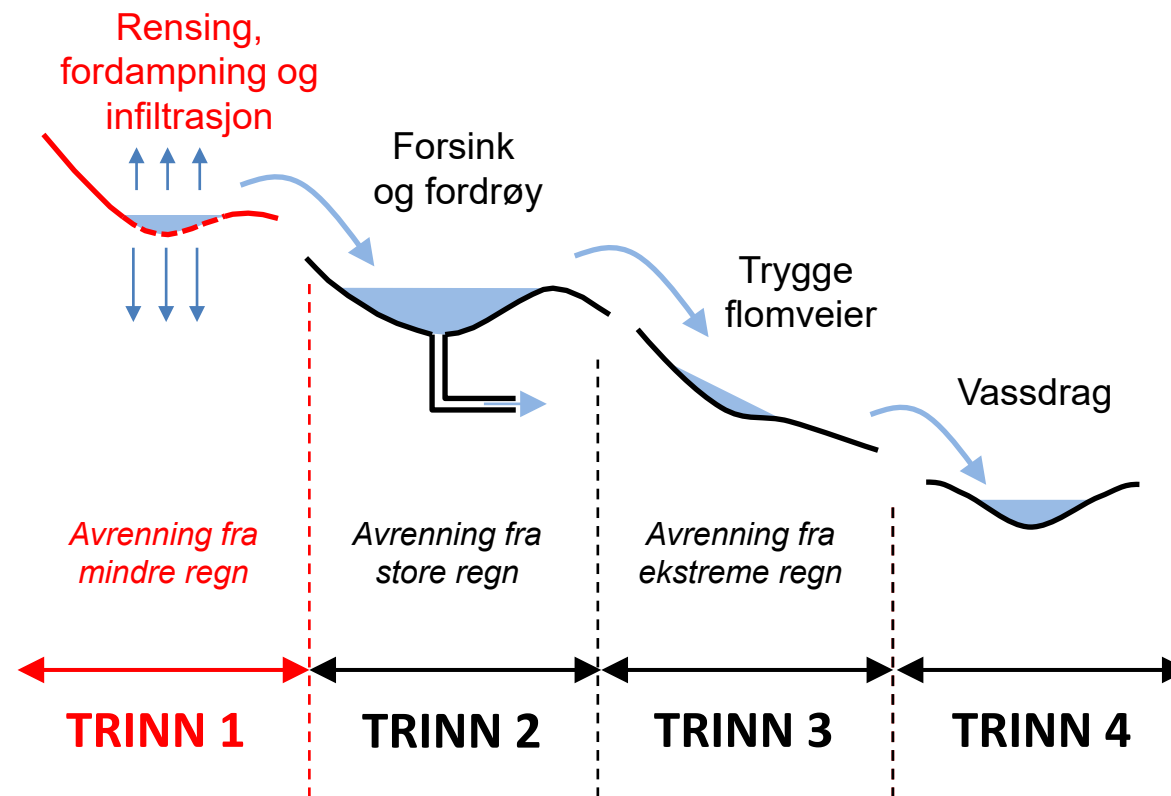




# Strategi for håndtering av overvann



# Strategi for håndtering av overvann



# Redusere fremmedvann til avløpsnettet

## Grønne sedumtak

2 to 3 cm





# Gjenbruk av overvann

## Regnhøsting til vanning



Foto: Buffalo Niagara Riverkeeper

# Vann er trivsel og lek

Overvannskulpturer i Deichmansgate, Oslo



Foto: Åse Holte (2017)

# Estetisk kvalitet og økologisk verdi

## Hovinbekken ved Teglverksdammen

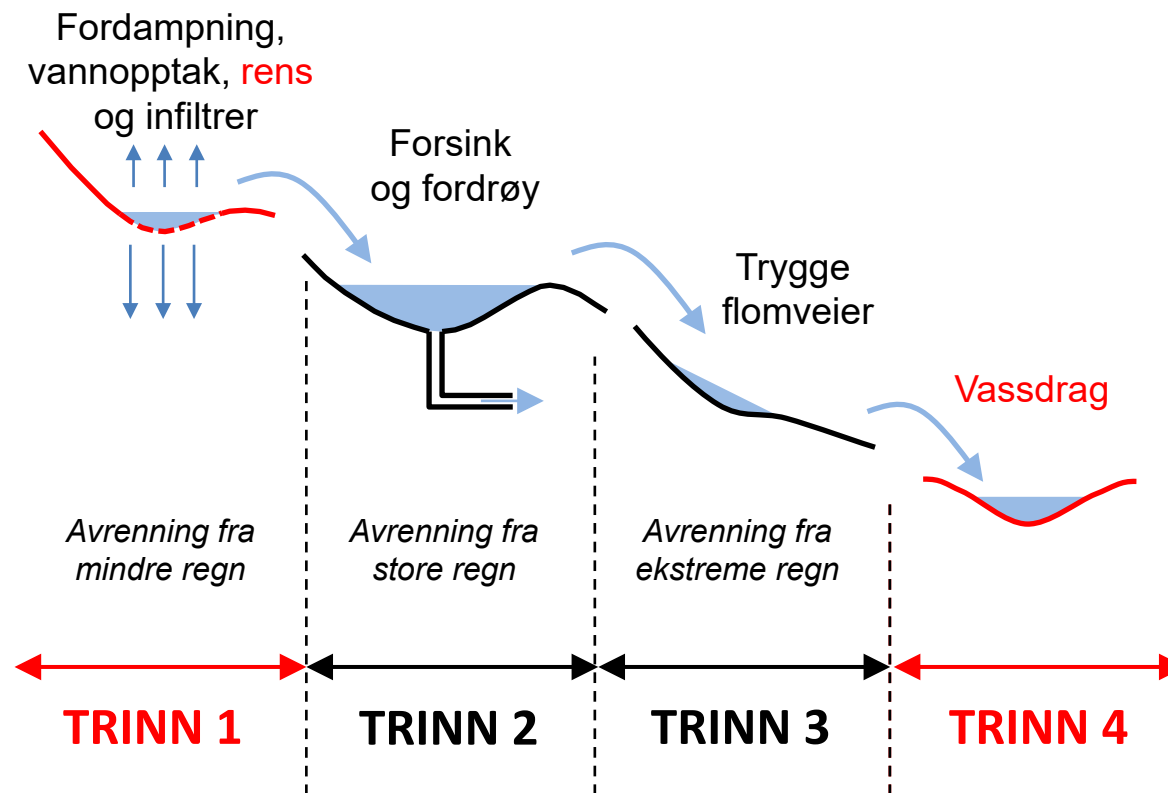


# Tilbakeholdelse av forurensninger i overvann

Regnbed i Deichmansgate, Oslo

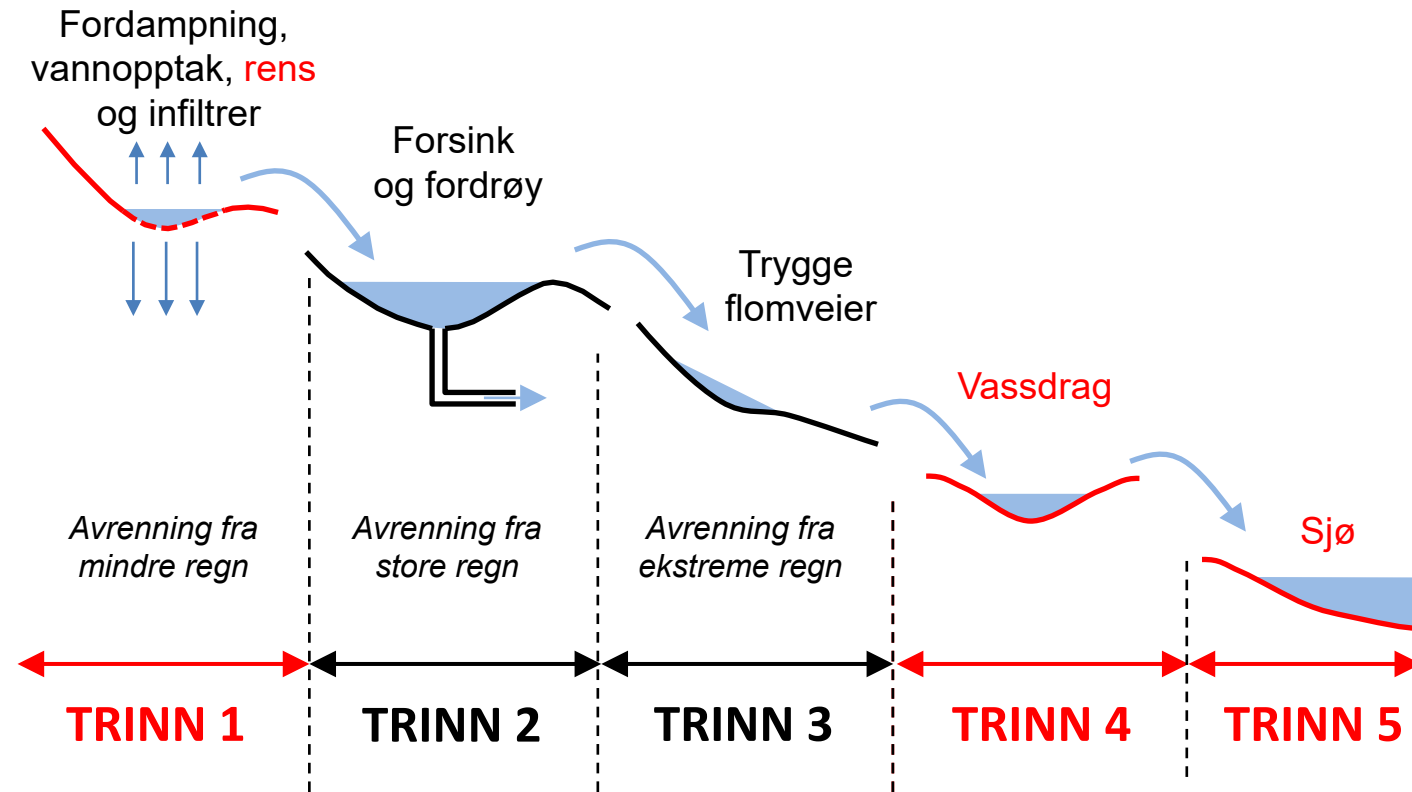


# Strategi for håndtering av overvann

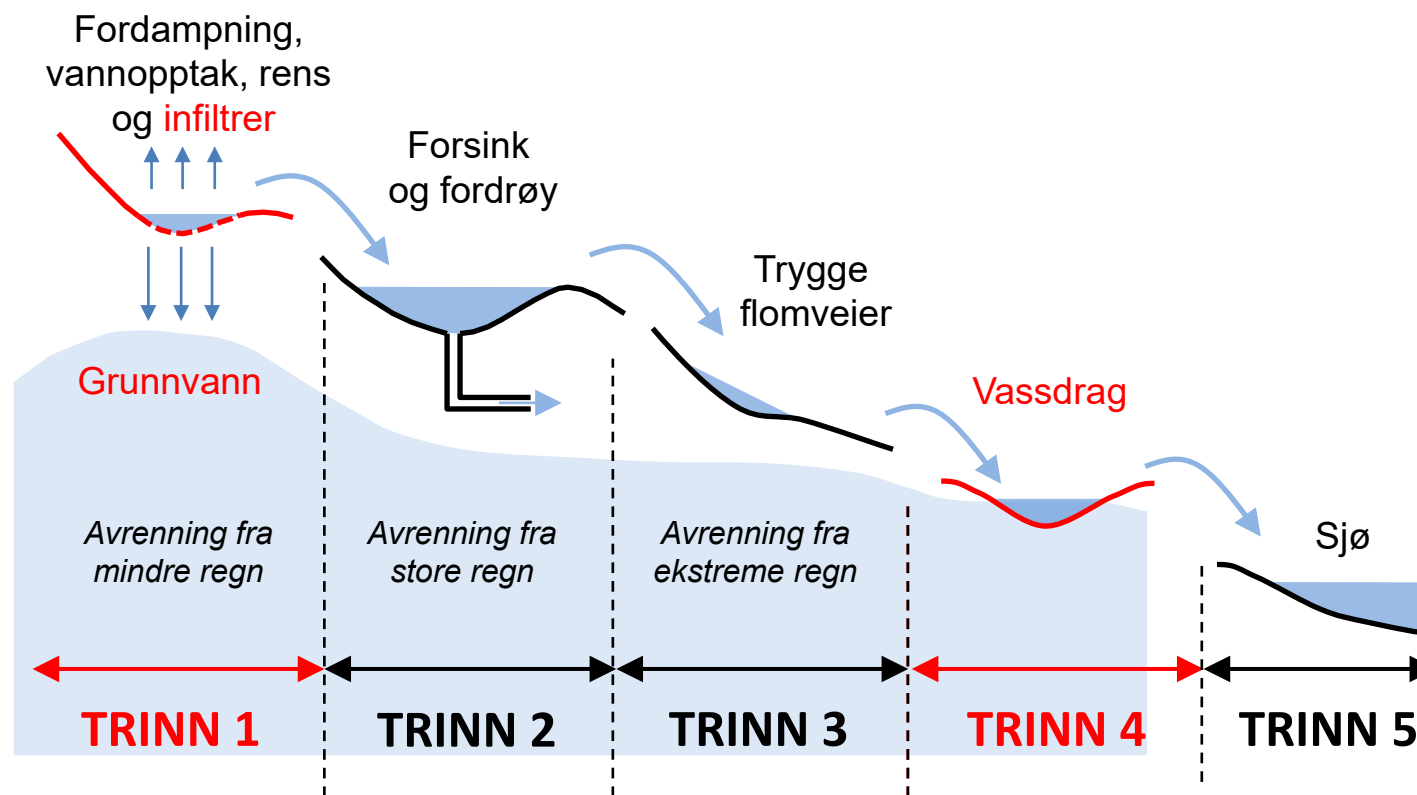


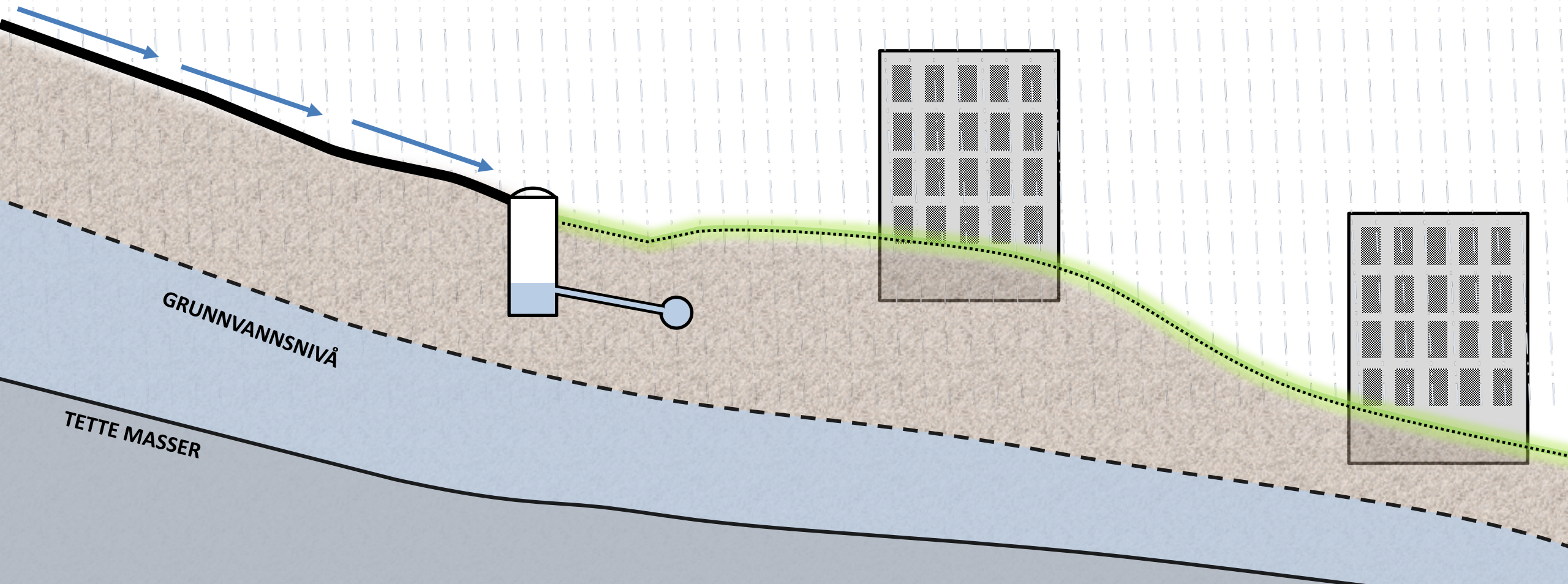


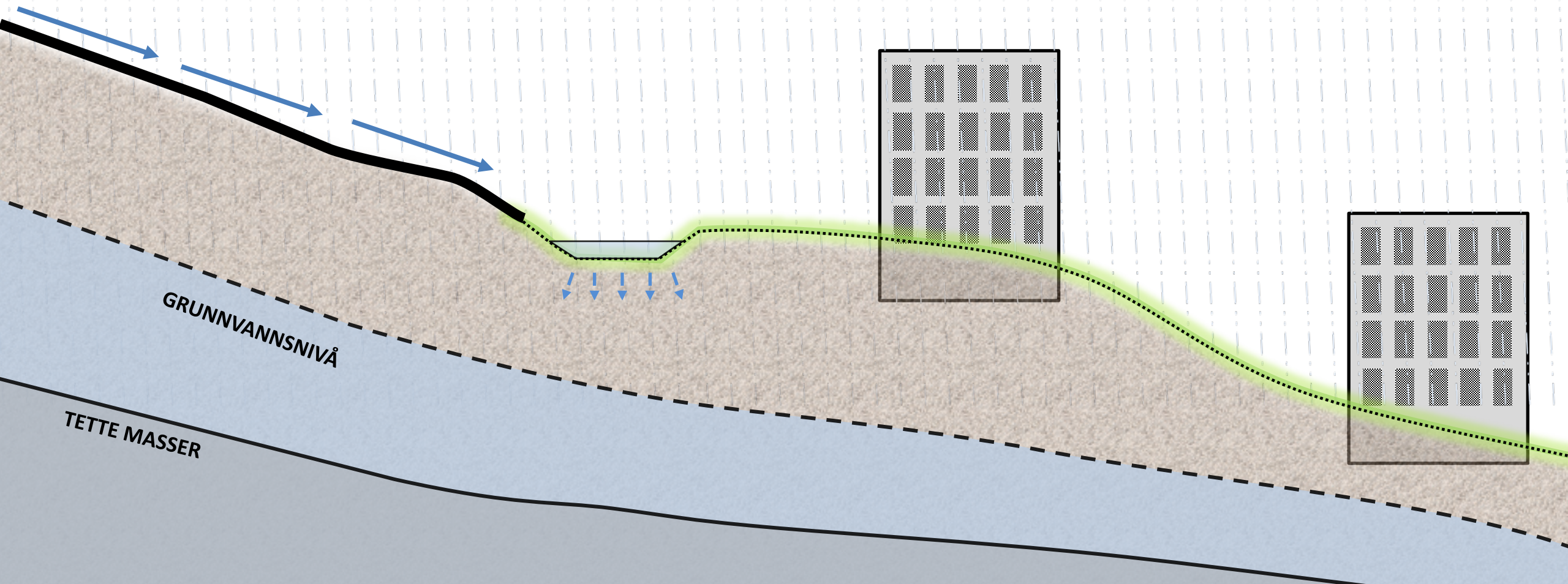
# Strategi for håndtering av overvann



# Strategi for håndtering av overvann

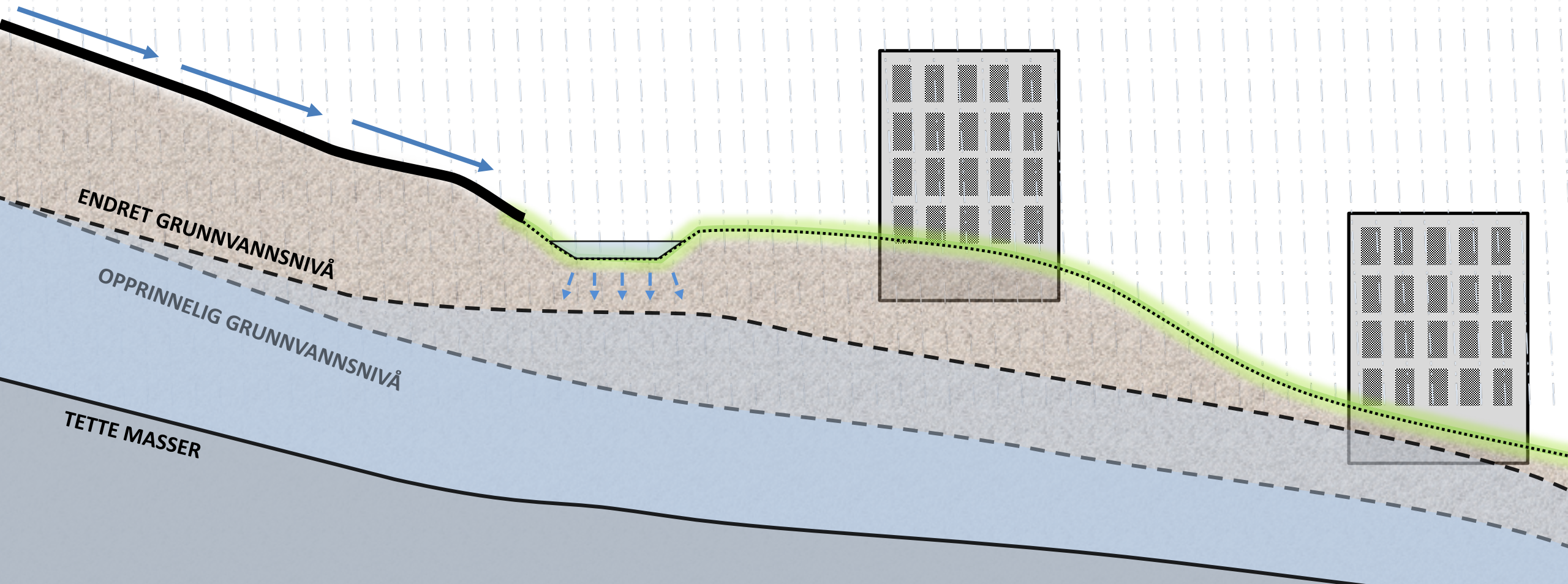






GRUNNVANNSNIVÅ

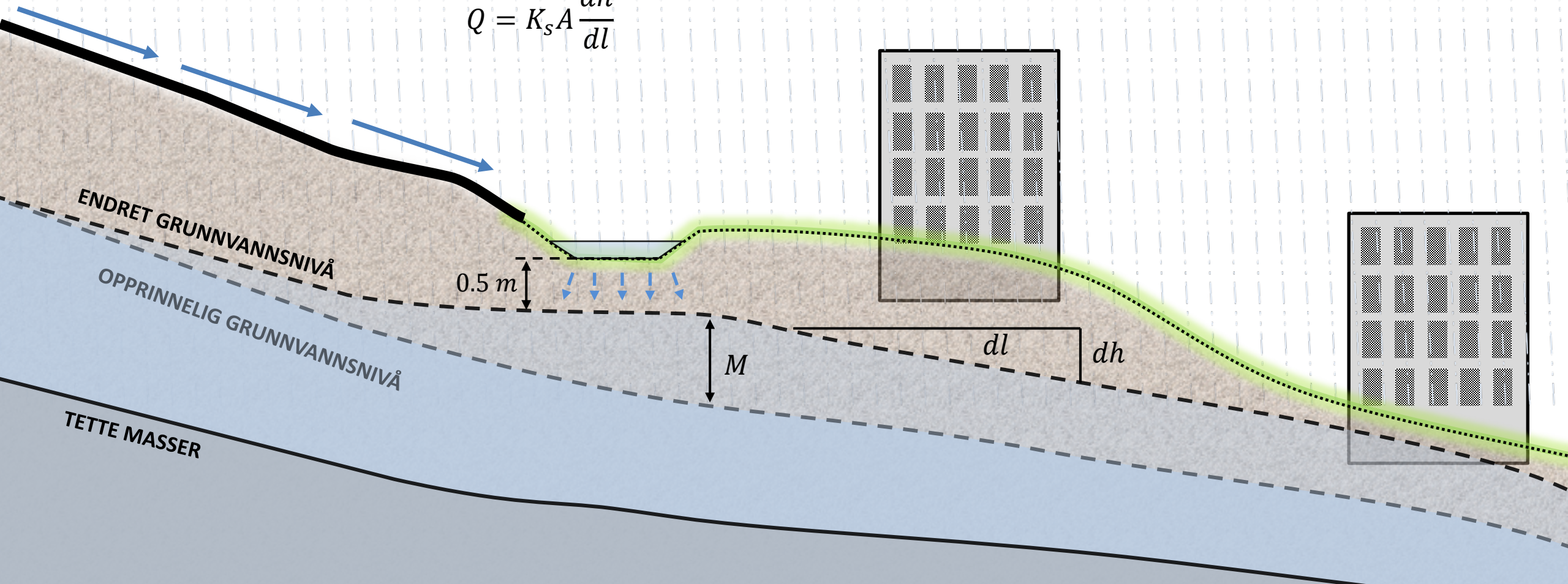
TETTE MASSER





En vanlig tilnærming innen dimensjonering av infiltrasjonsanlegg for avløpsvann er å beregne løsmassenes *hydrauliske kapasitet* via Darcys lov:

$$Q = K_s A \frac{dh}{dl}$$



ENDRET GRUNNVANNSNIVÅ

OPPRINNELIG GRUNNVANNSNIVÅ

TETTE MASSER

0.5 m

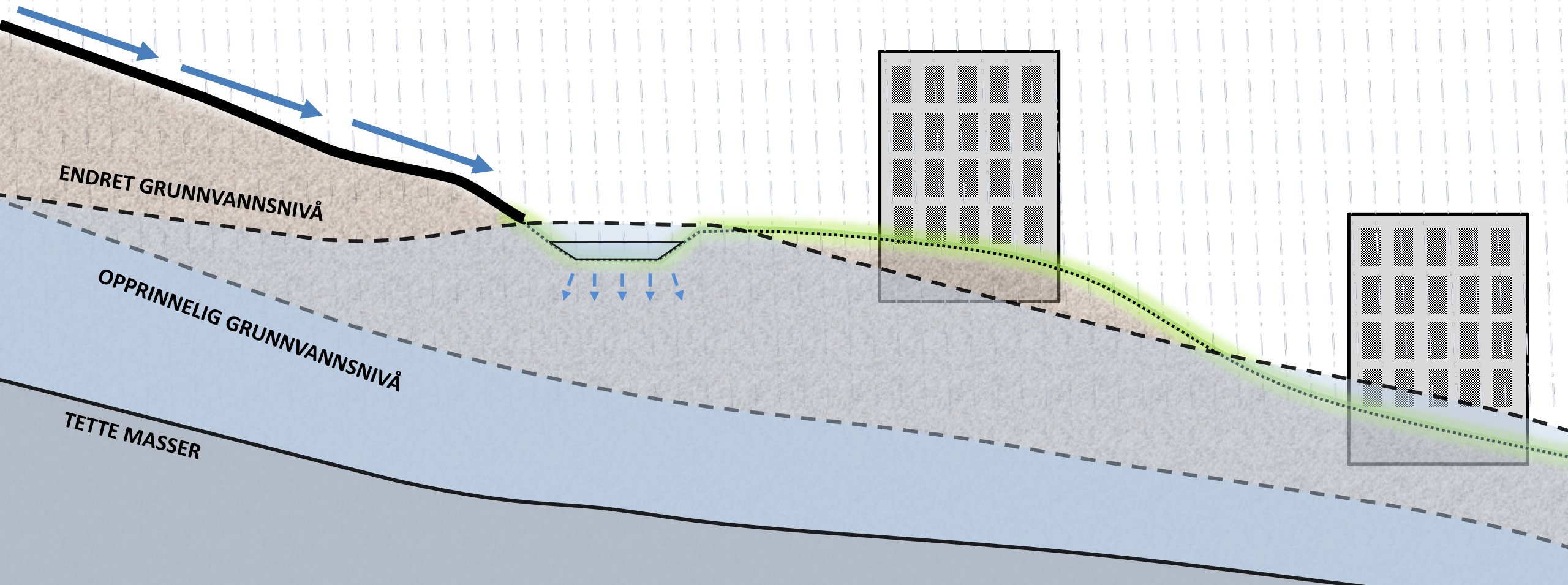
M

dl

dh



# ENDRET GRUNNVANNSNIVÅ ETTER KRAFTIG/LANGVARIG NEDBØR/SNØSMELTING

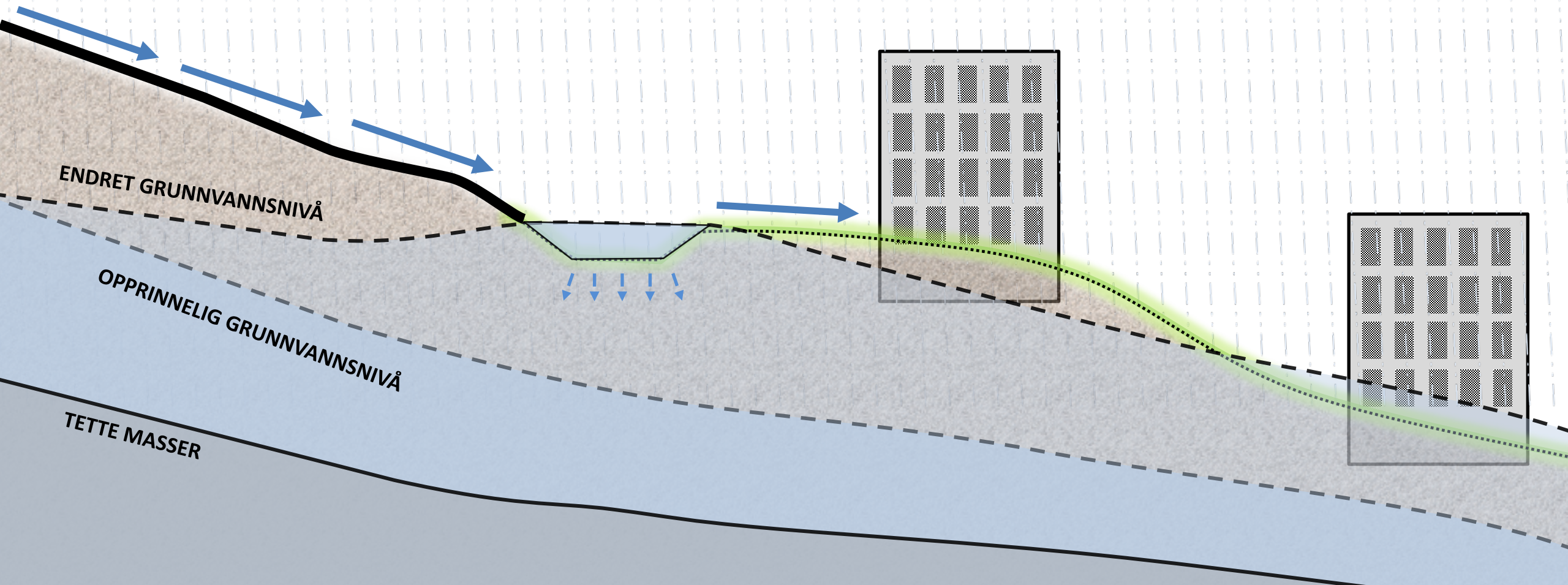


ENDRET GRUNNVANNSNIVÅ

OPPRINNELIG GRUNNVANNSNIVÅ

TETTE MASSER

ENDRET GRUNNVANNSNIVÅ  
ETTER KRAFTIG/LANGVARIG  
NEDBØR/SNØSMELTING



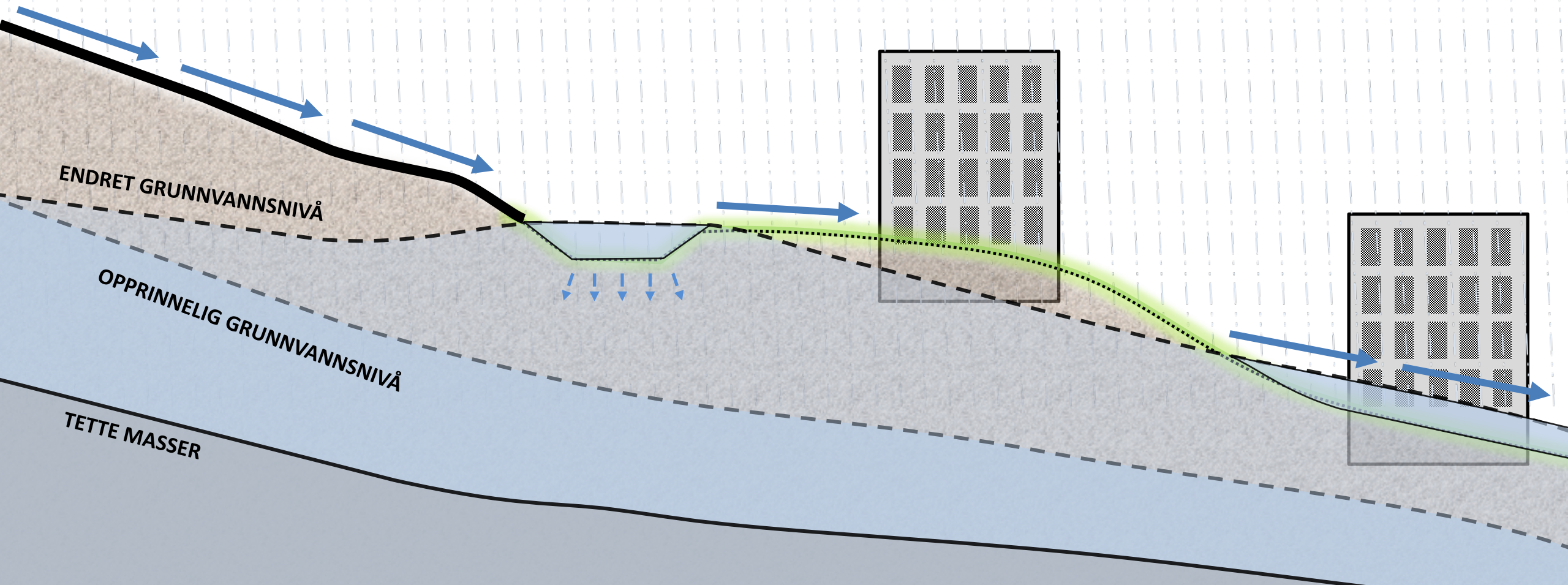
ENDRET GRUNNVANNSNIVÅ

OPPRINNELIG GRUNNVANNSNIVÅ

TETTE MASSER



ENDRET GRUNNVANNSNIVÅ  
ETTER KRAFTIG/LANGVARIG  
NEDBØR/SNØSMELTING



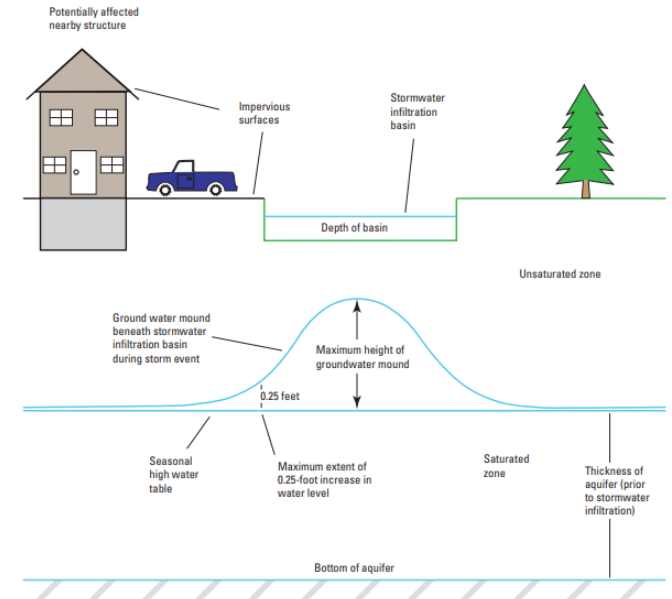
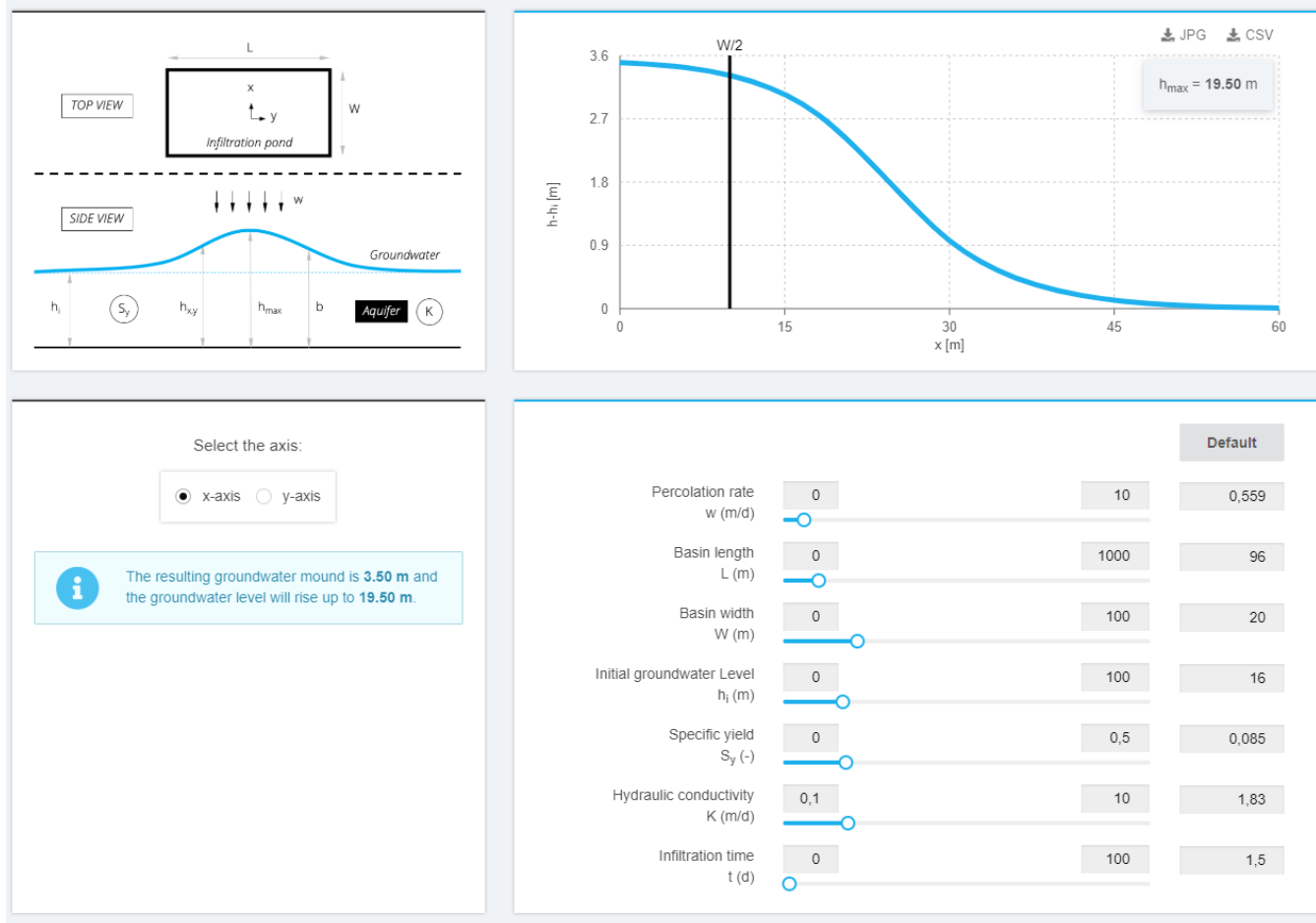
# Beregning av oppstuvning av grunnvann



Online verktøy for infiltrasjonsanlegg: <https://dss.inowas.com/tools/T02>

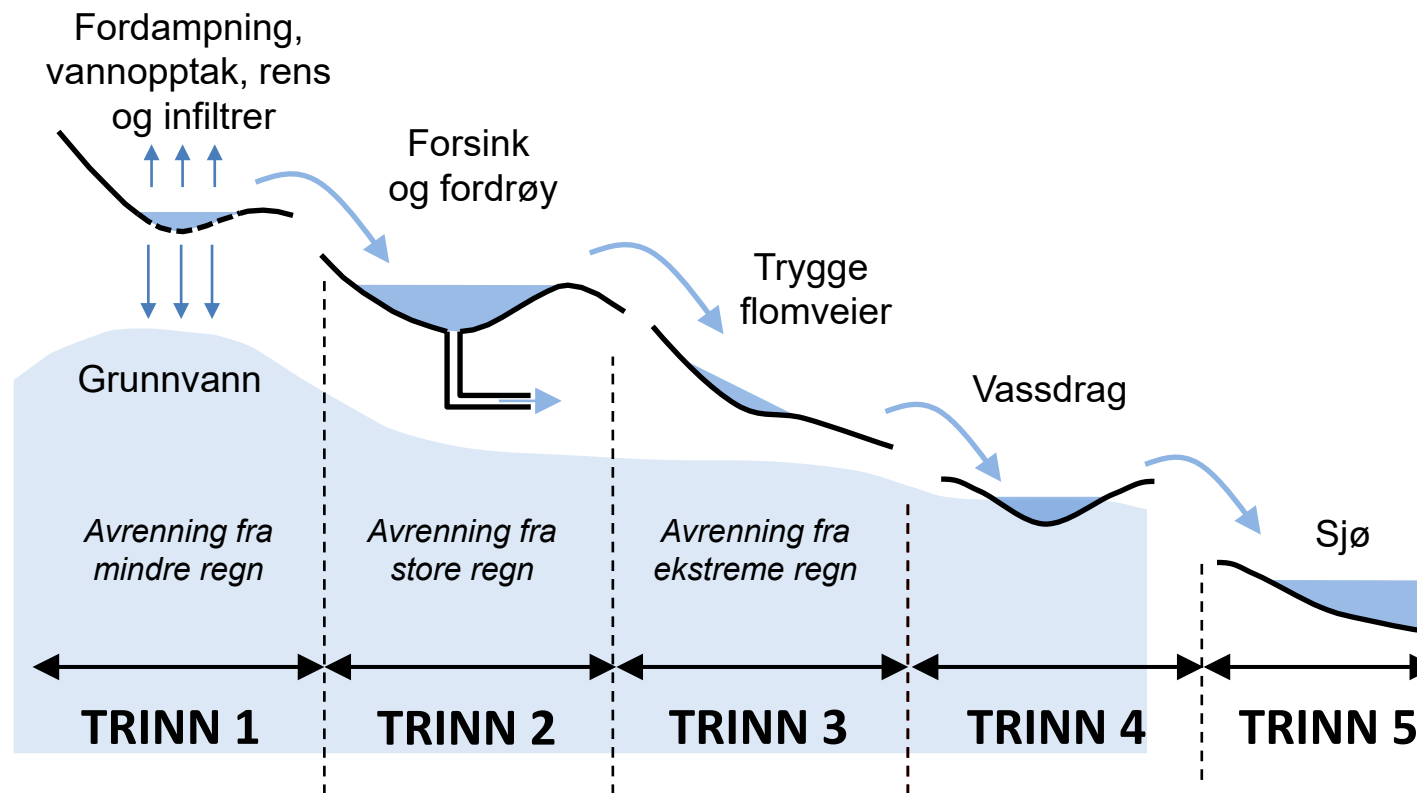
Prepared in cooperation with the  
New Jersey Department of Environmental Protection

## Simulation of Groundwater Mounding Beneath Hypothetical Stormwater Infiltration Basins



Scientific Investigations Report 2010–5102

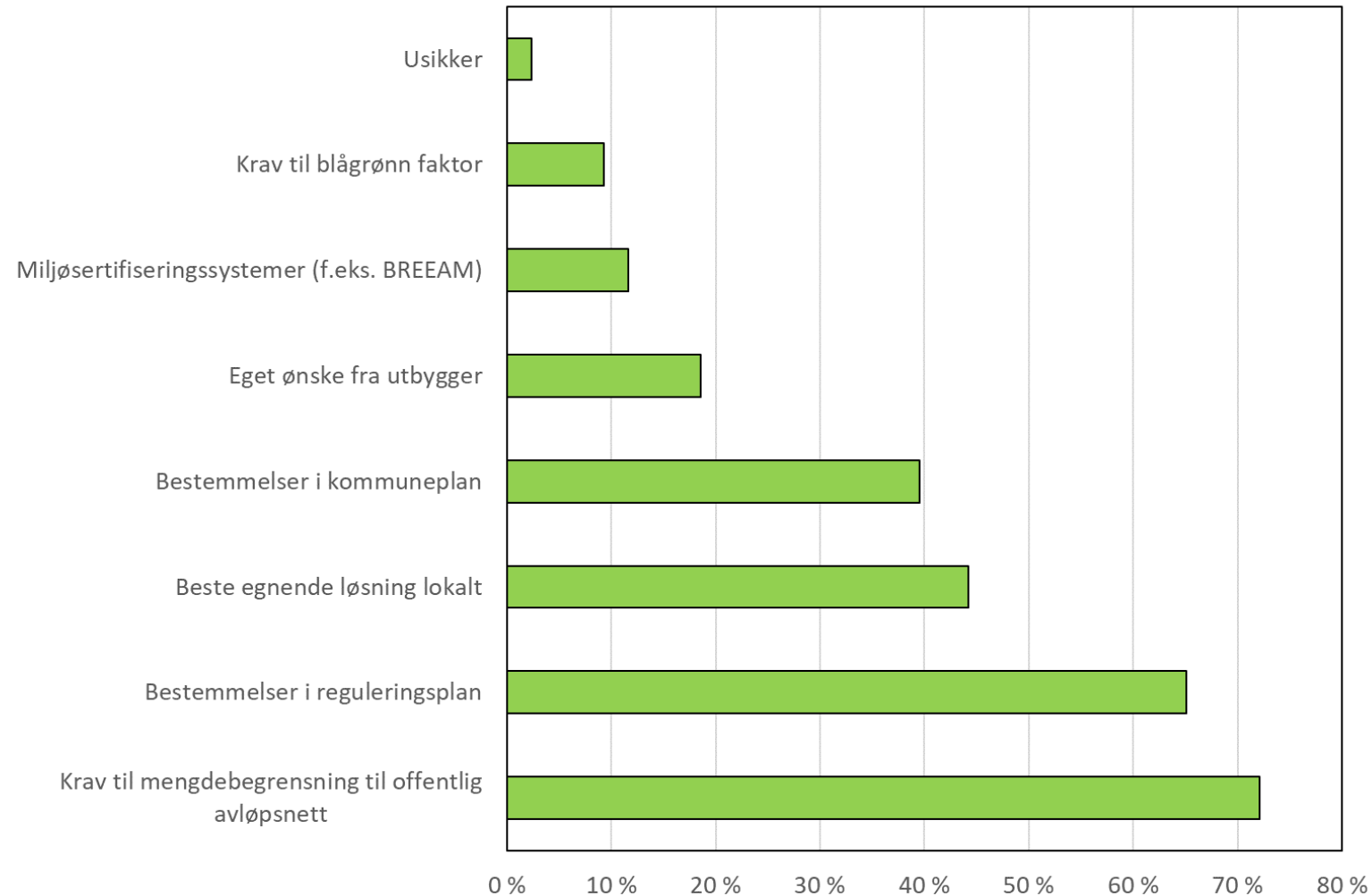
# Strategi for håndtering av overvann



# Hva er utløsende for etablering av overvannstiltak?

Fordeling av svar fra VA-ressurser i 45 kommuner

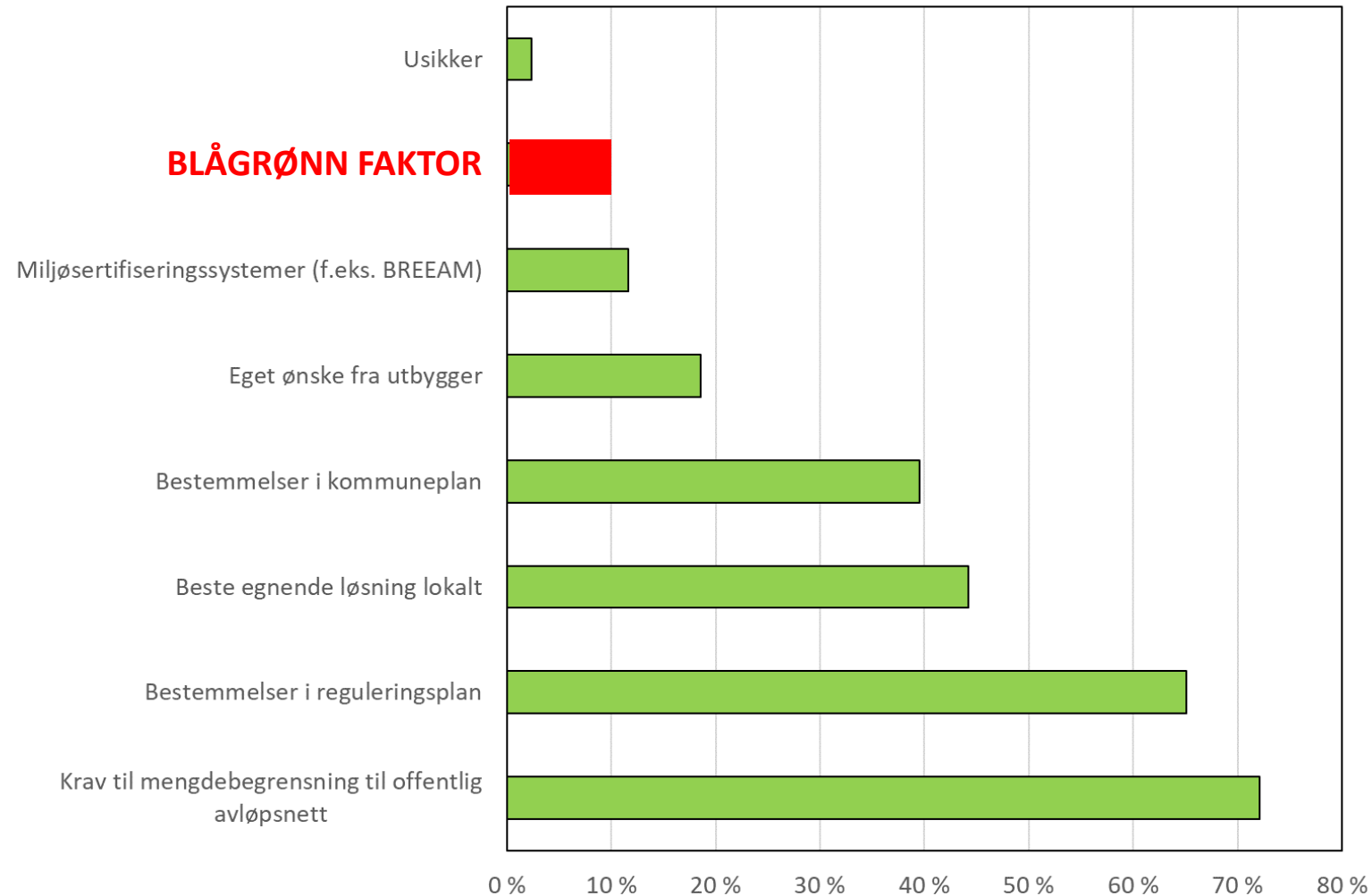
Hva mener du har vært utløsende for etablering av overvannstiltak:



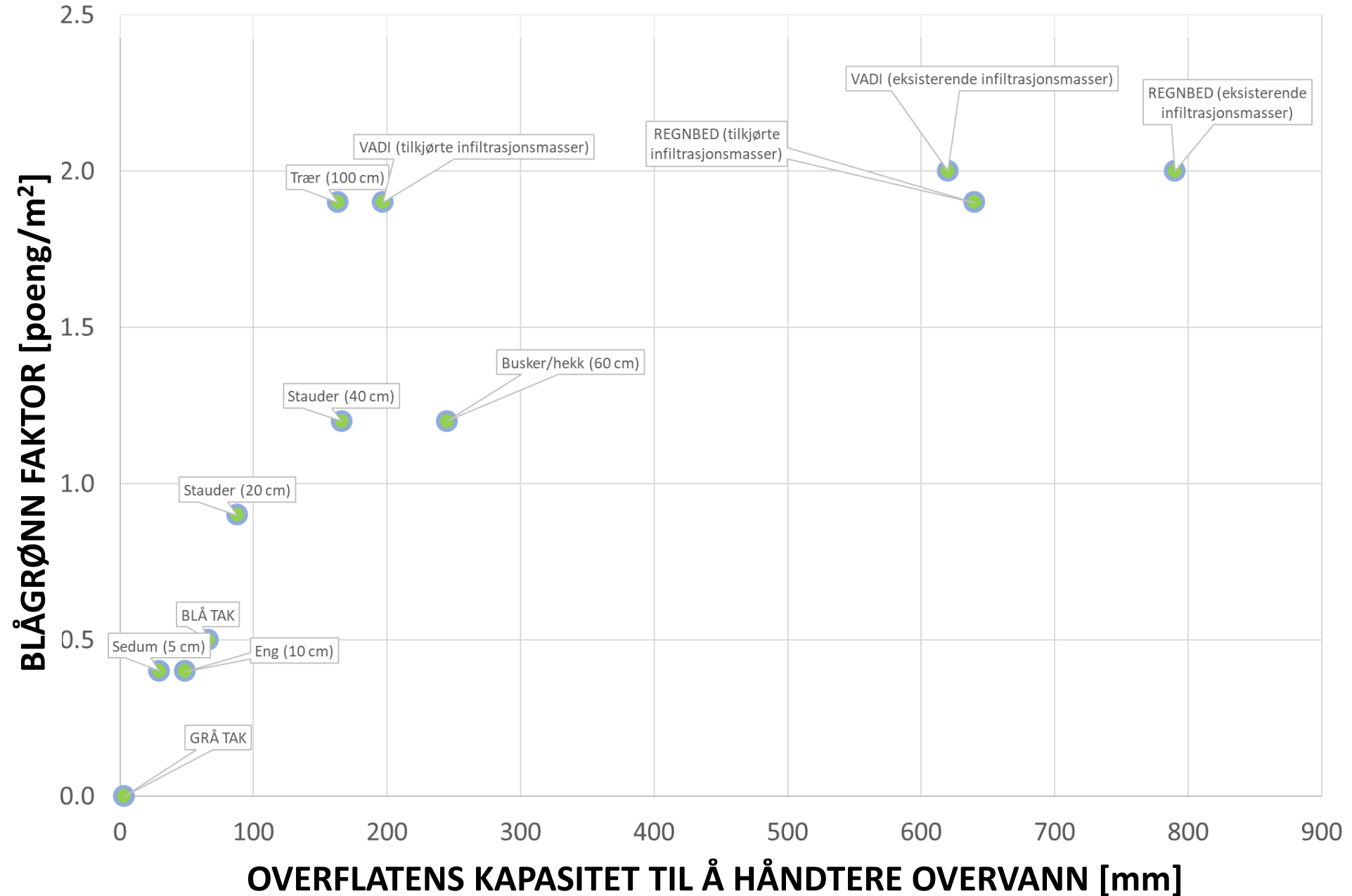
# Hva er utløsende for etablering av overvannstiltak?

Fordeling av svar fra VA-ressurser i 45 kommuner

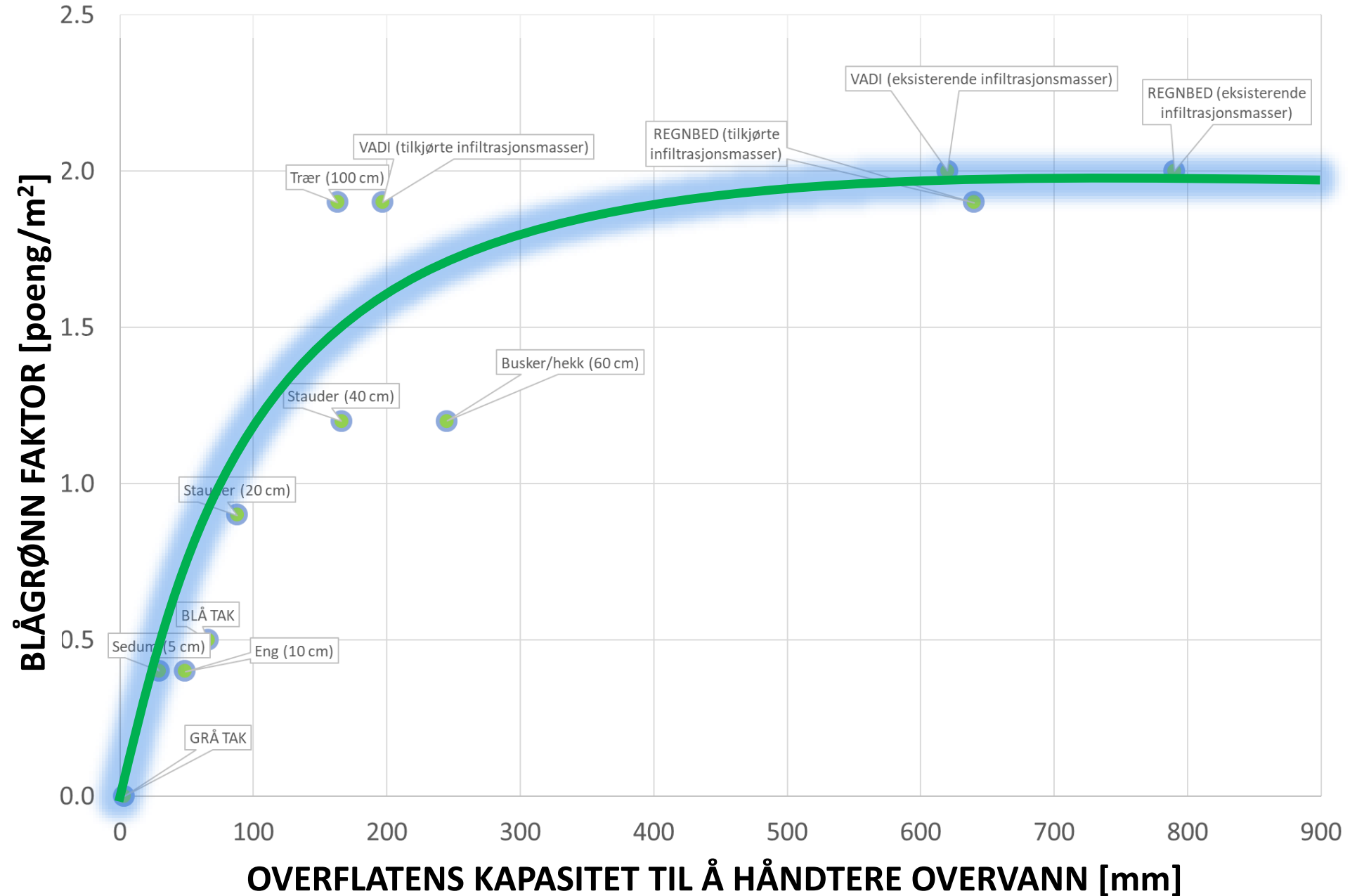
Hva mener du har vært utløsende for etablering av overvannstiltak:



# Hva er sammenhengen mellom BGF og overvann?



# Hva er sammenhengen mellom BGF og overvann?




# Strategi for håndtering av overvann

Vedlegg 3

## BLÅGRØNN FAKTOR

Eksempelsamling

28.01.2014



Sumpbed i Christian Krohgs gate 39-41. Landskapsarkitekt: Dronninga landskap. Foto: Adam Stirling

Gatebeplantning på Carl Berners plass.

Takhage i Christian Krohgs gate 39-41.

**FRAMTIDENS DYER**

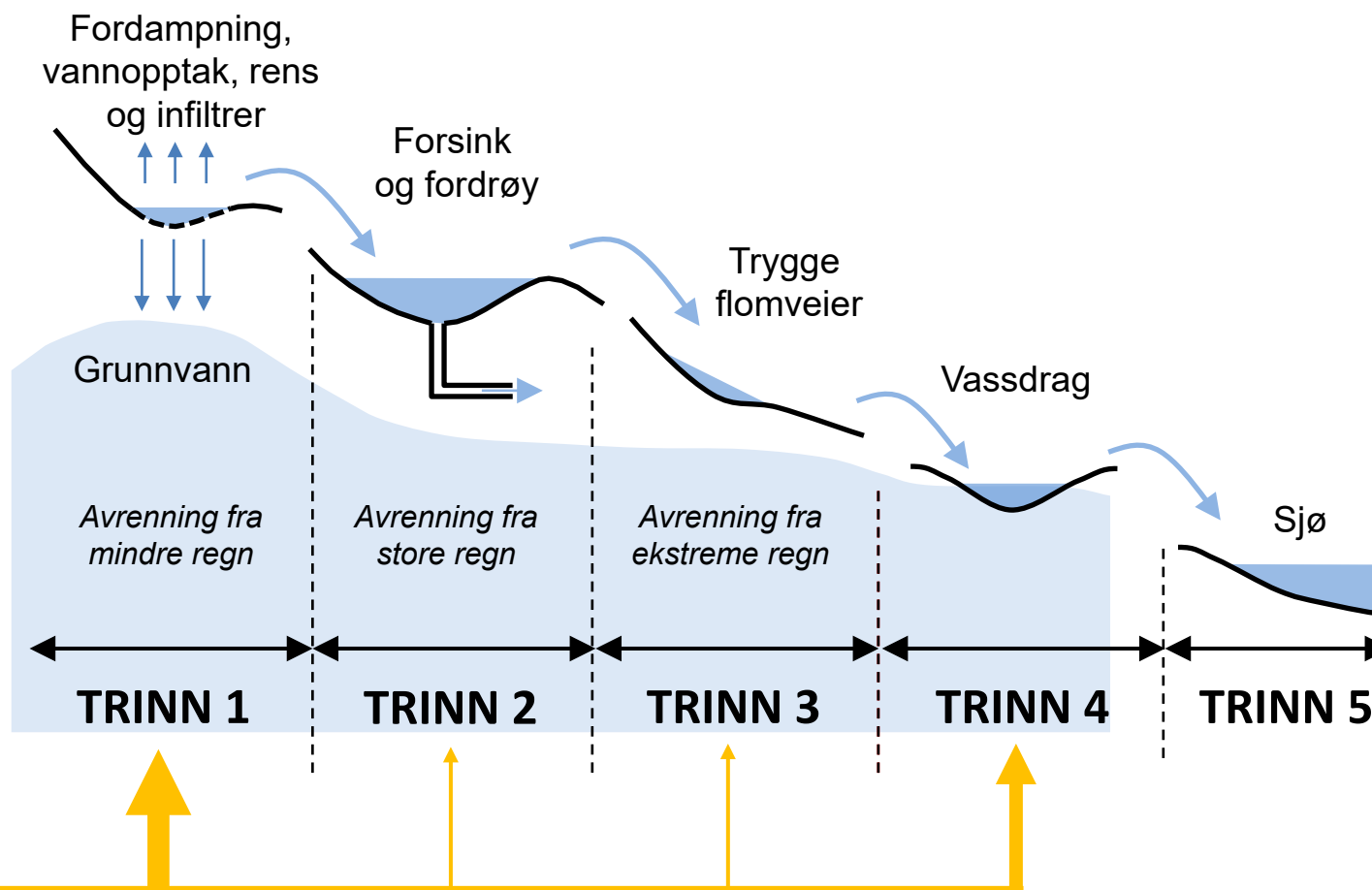
Plan- og bygningsetaten

BÆRUM KOMMUNE

DRONNINGALANDSKAP

COWI

C.F. Møller

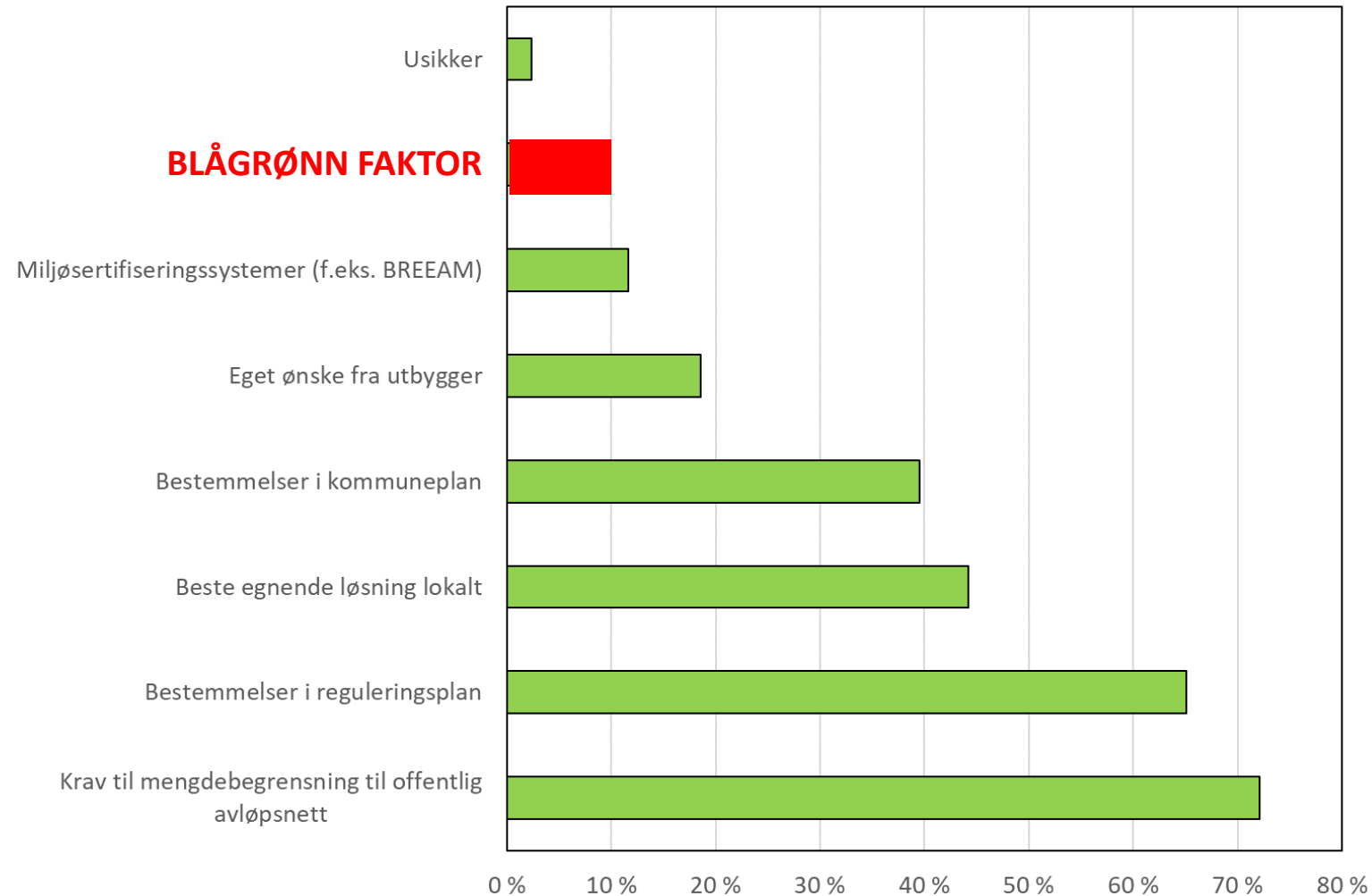




# Hva er utløsende for etablering av overvannstiltak?

Fordeling av svar fra VA-ressurser i 45 kommuner

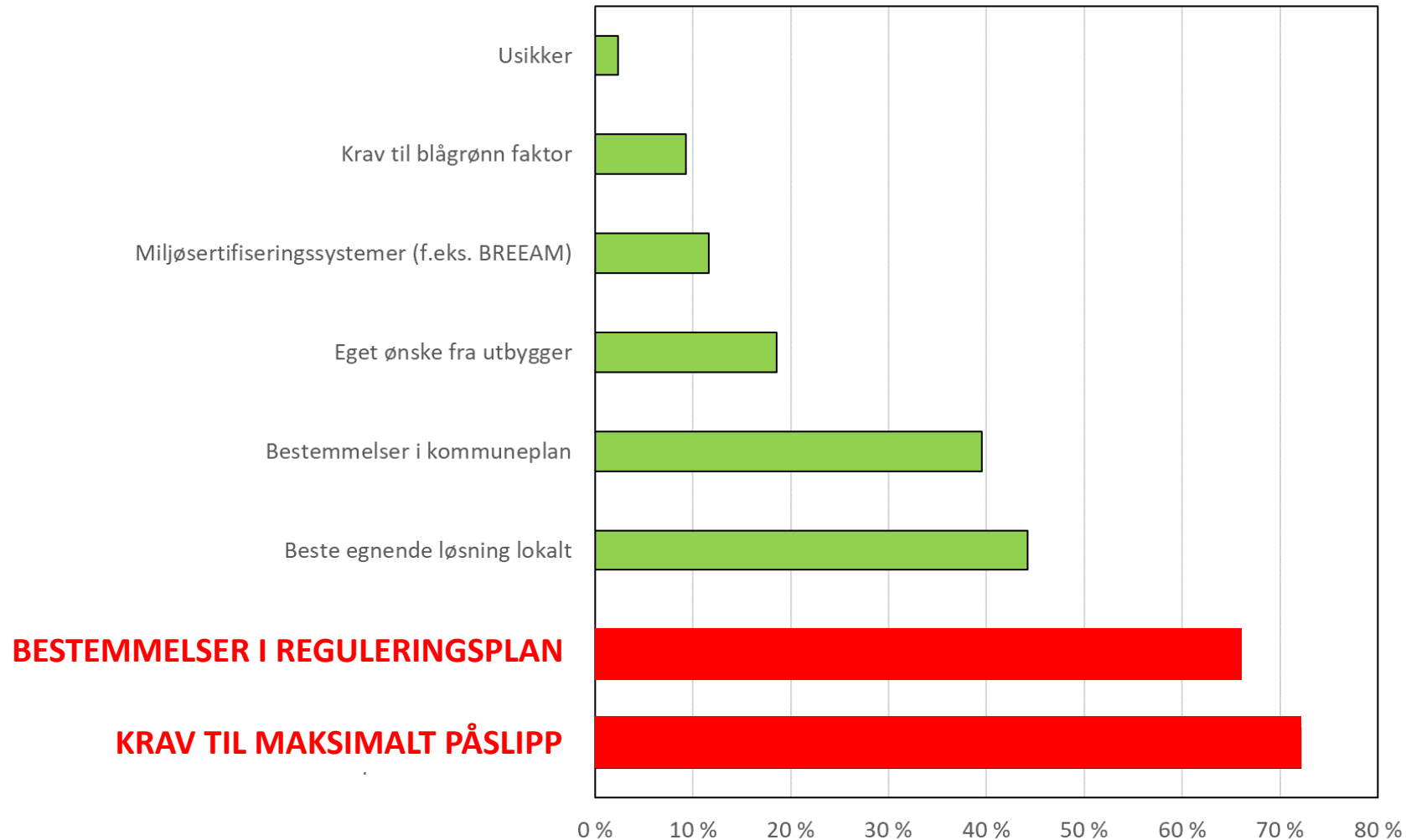
Hva mener du har vært utløsende for etablering av overvannstiltak:



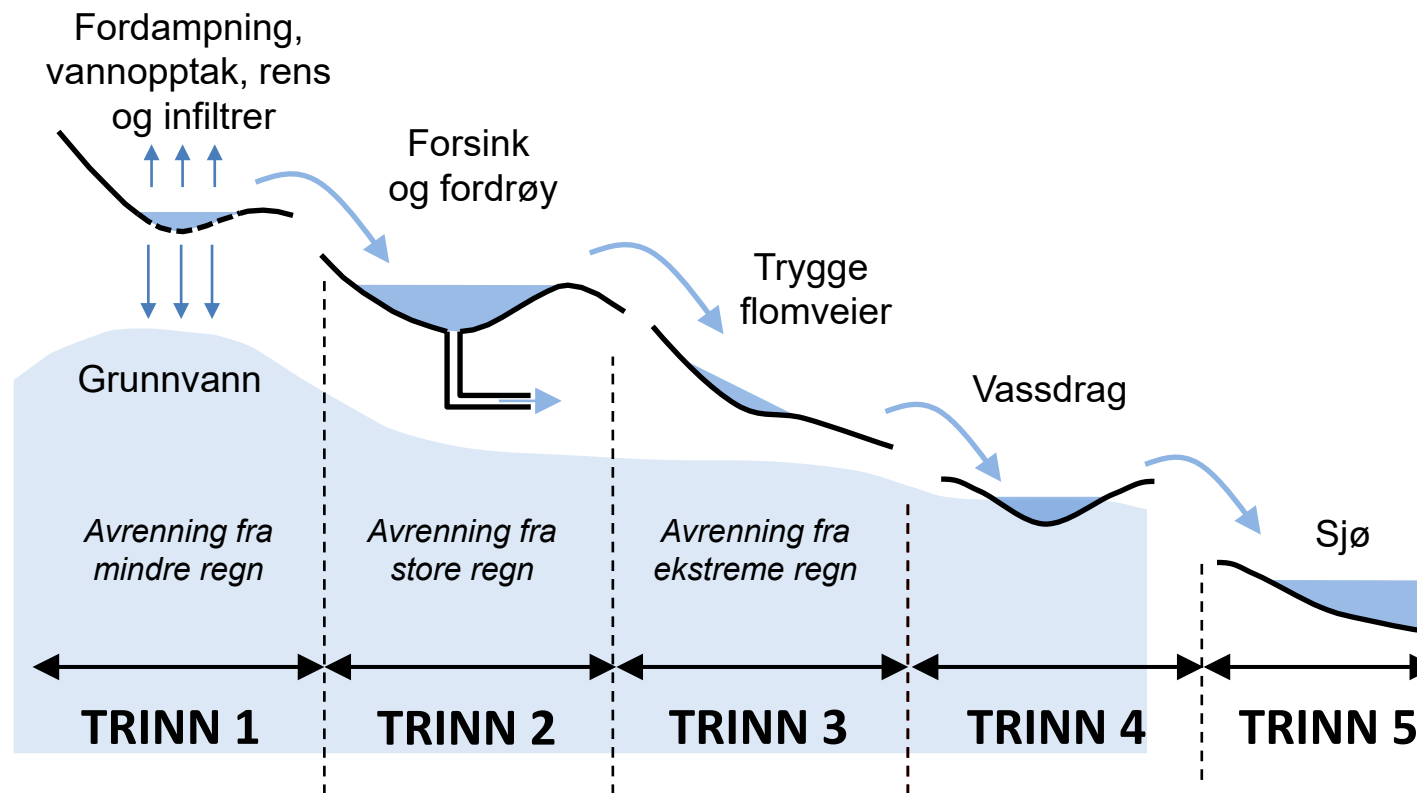
# Hva er utløsende for etablering av overvannstiltak?

Fordeling av svar fra VA-ressurser i 45 kommuner

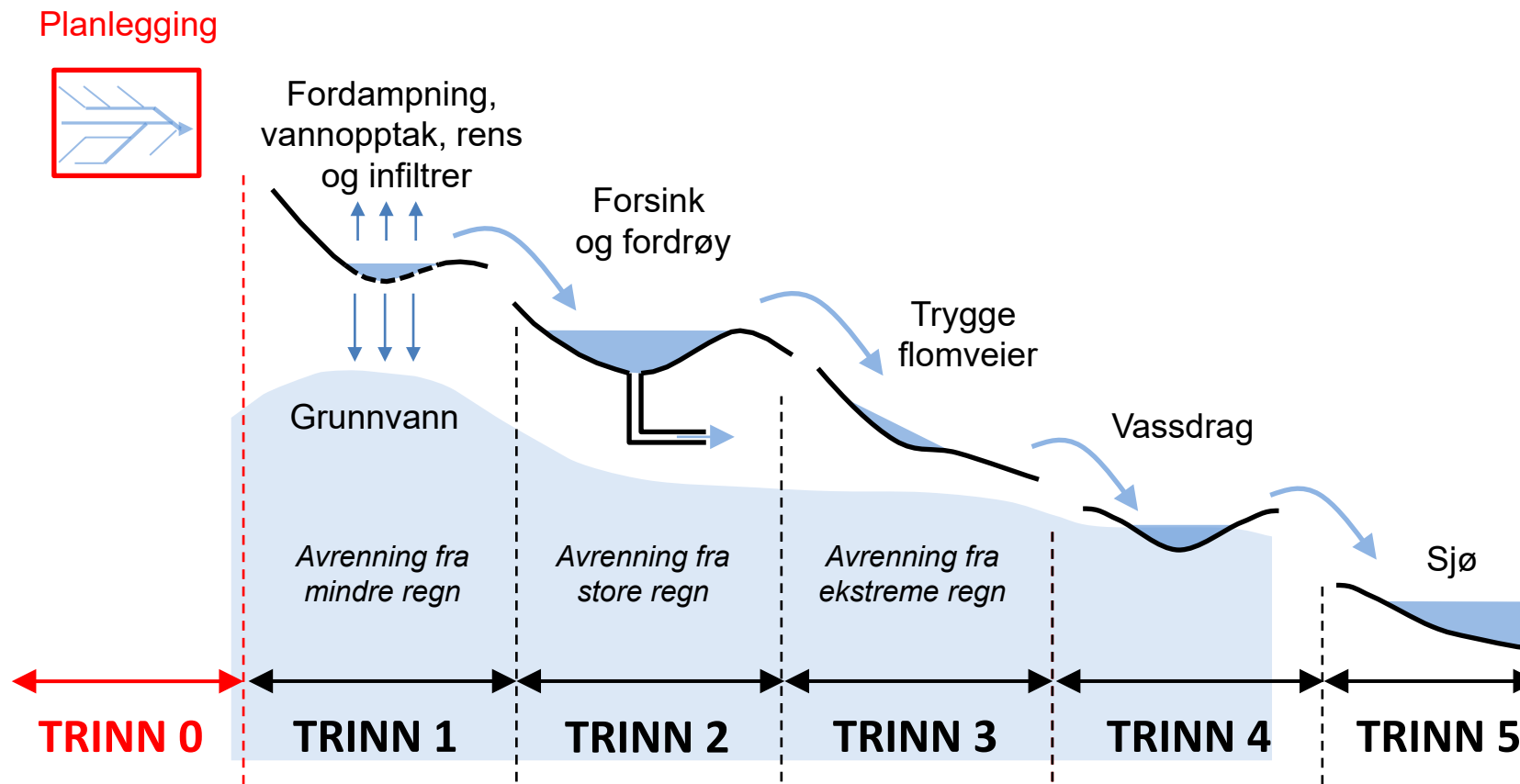
Hva mener du har vært utløsende for etablering av overvannstiltak:

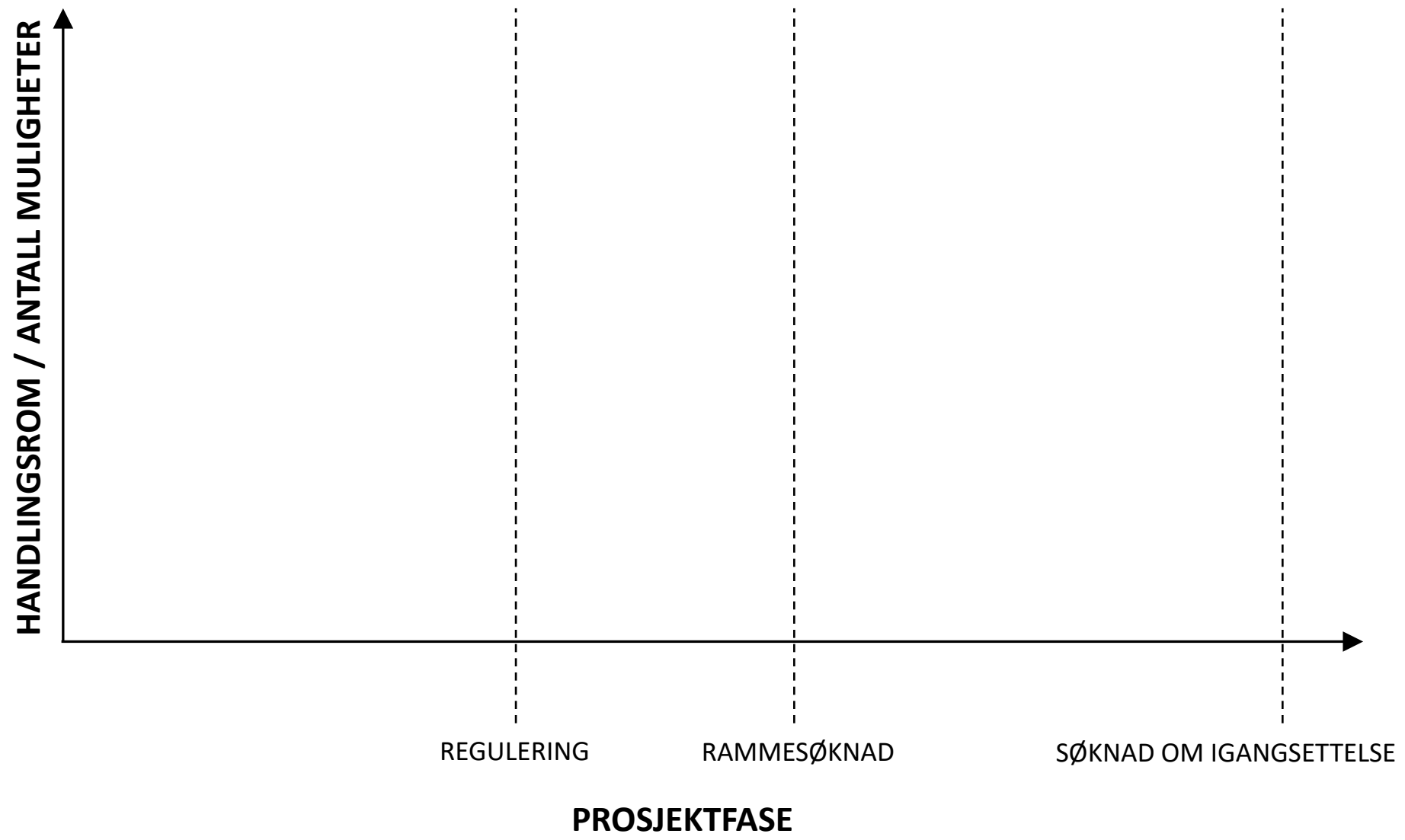


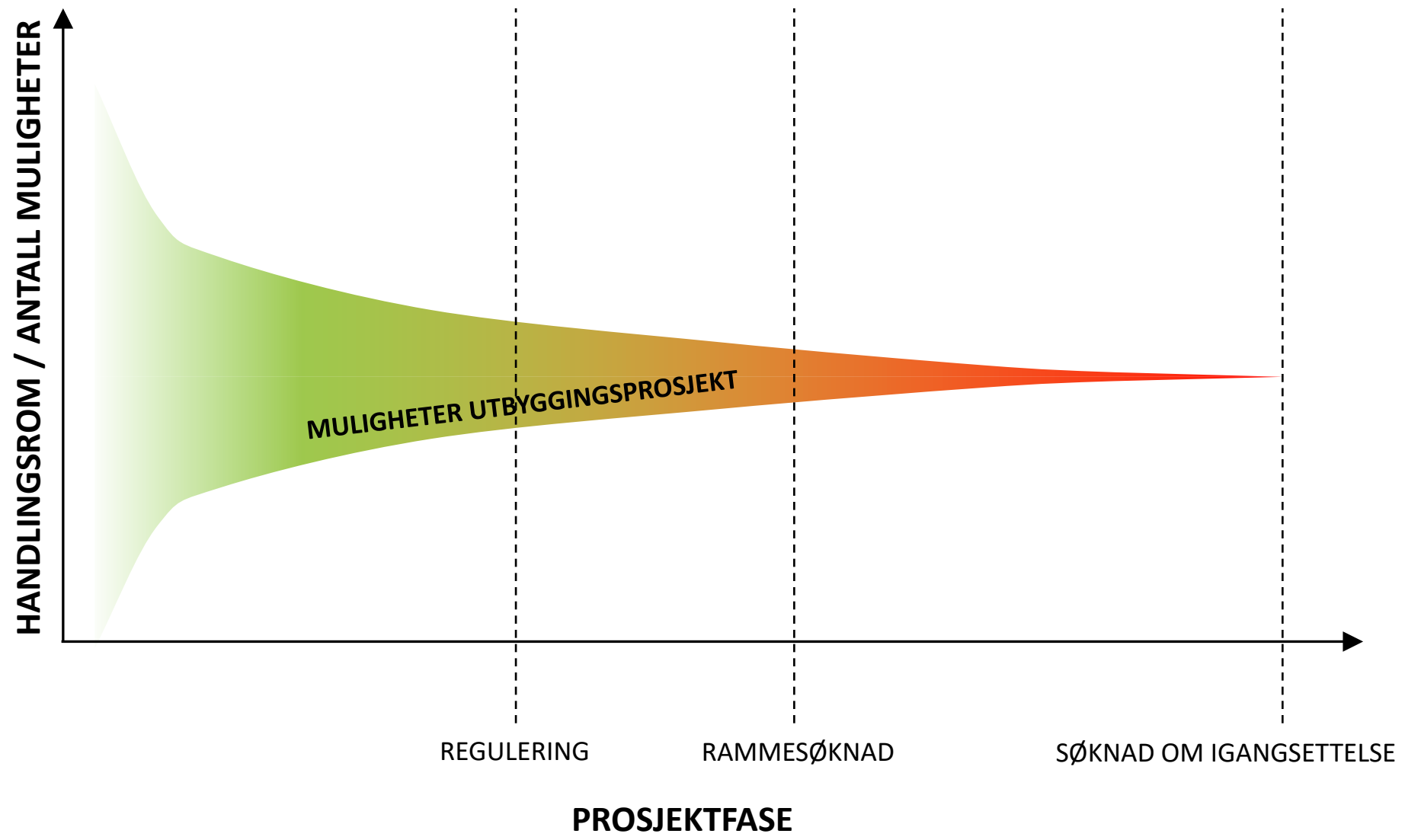
# Strategi for håndtering av overvann

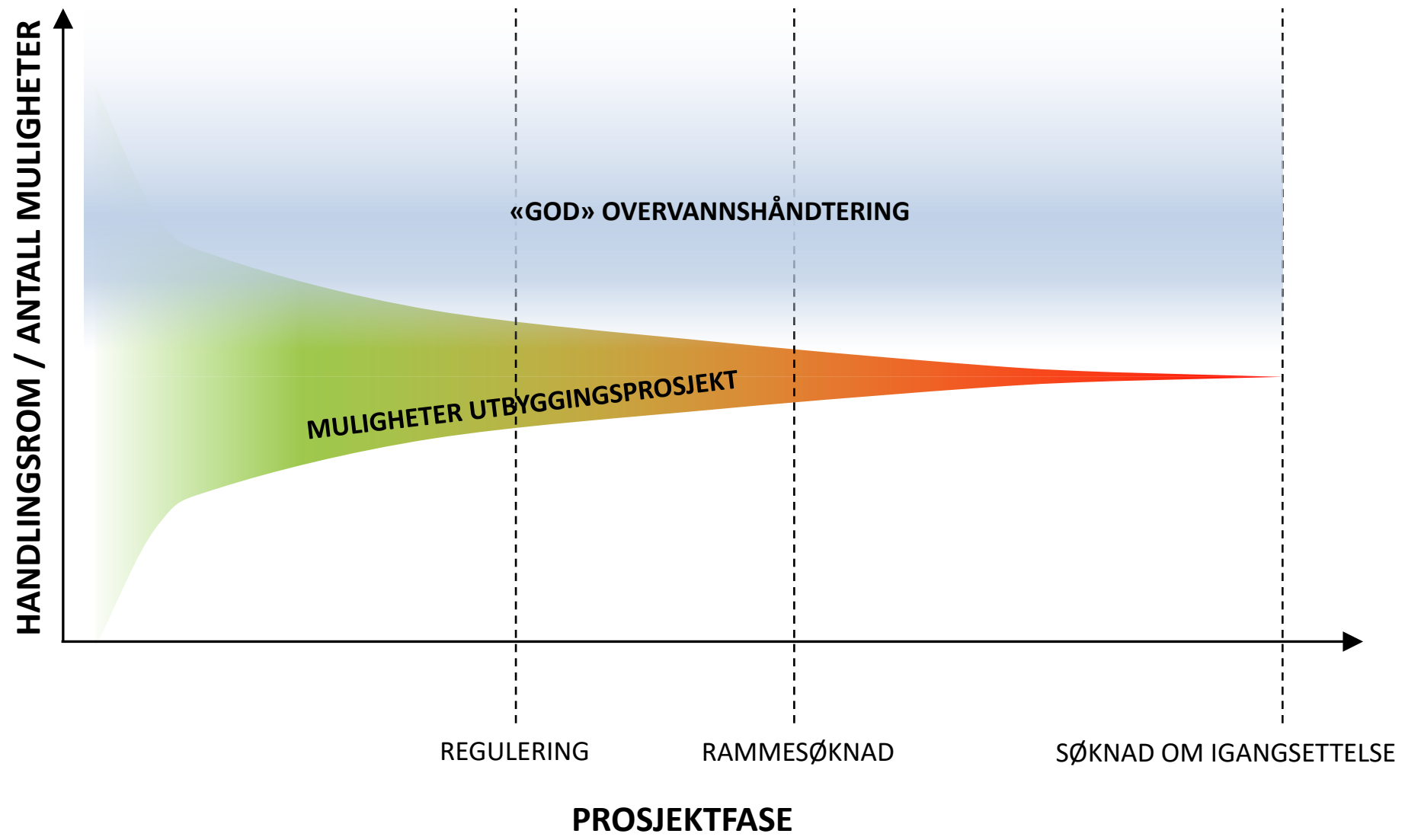


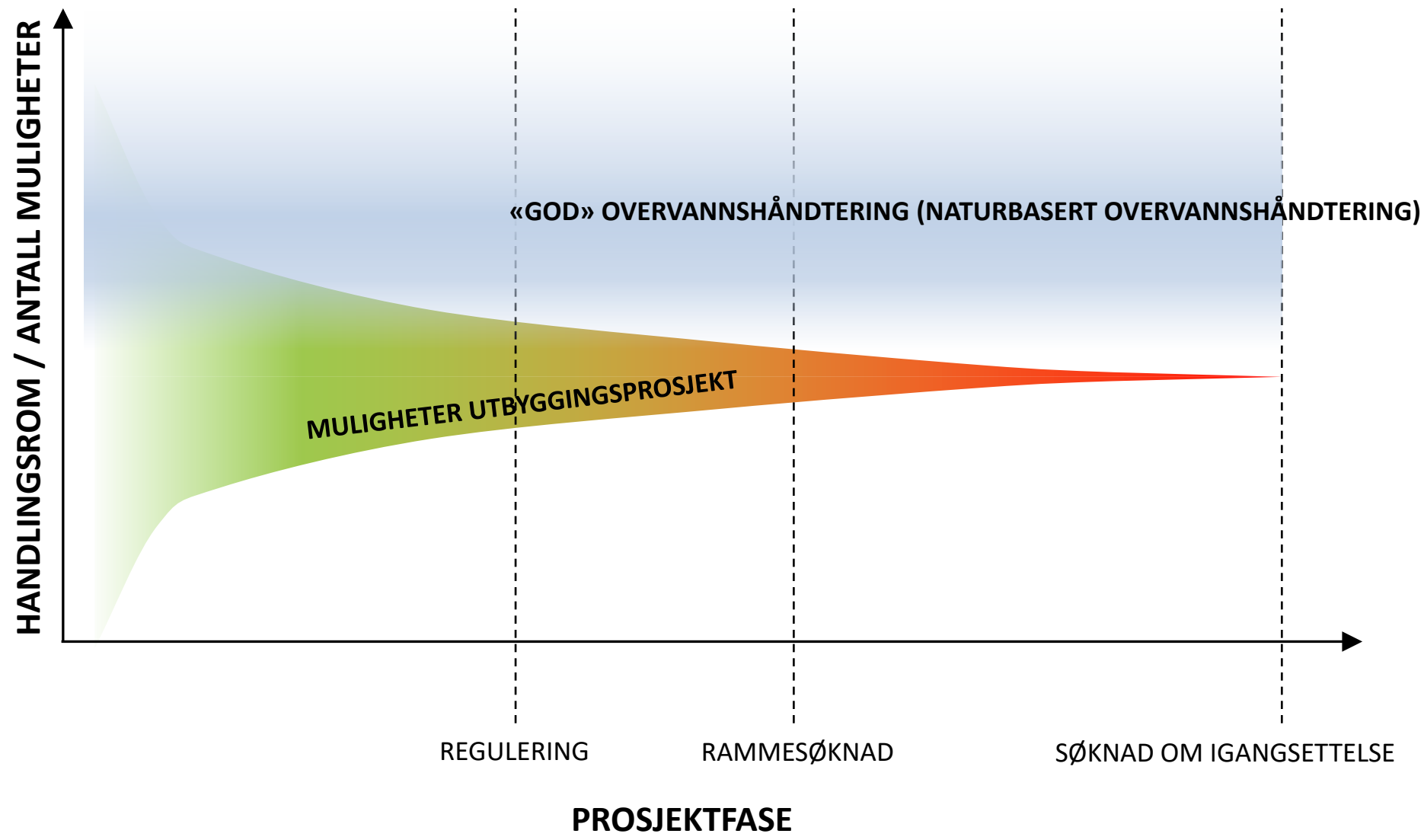
# Strategi for håndtering av overvann





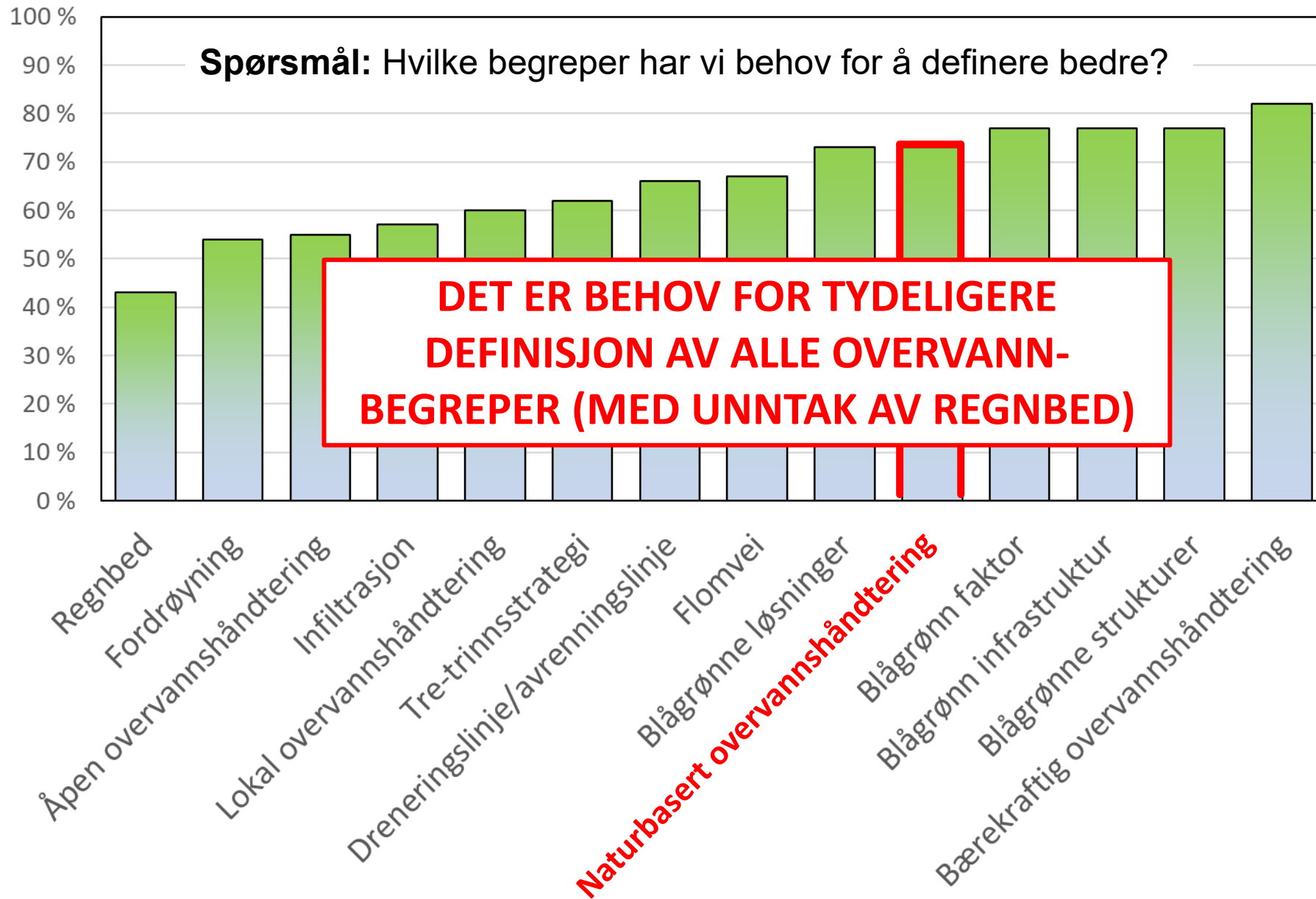


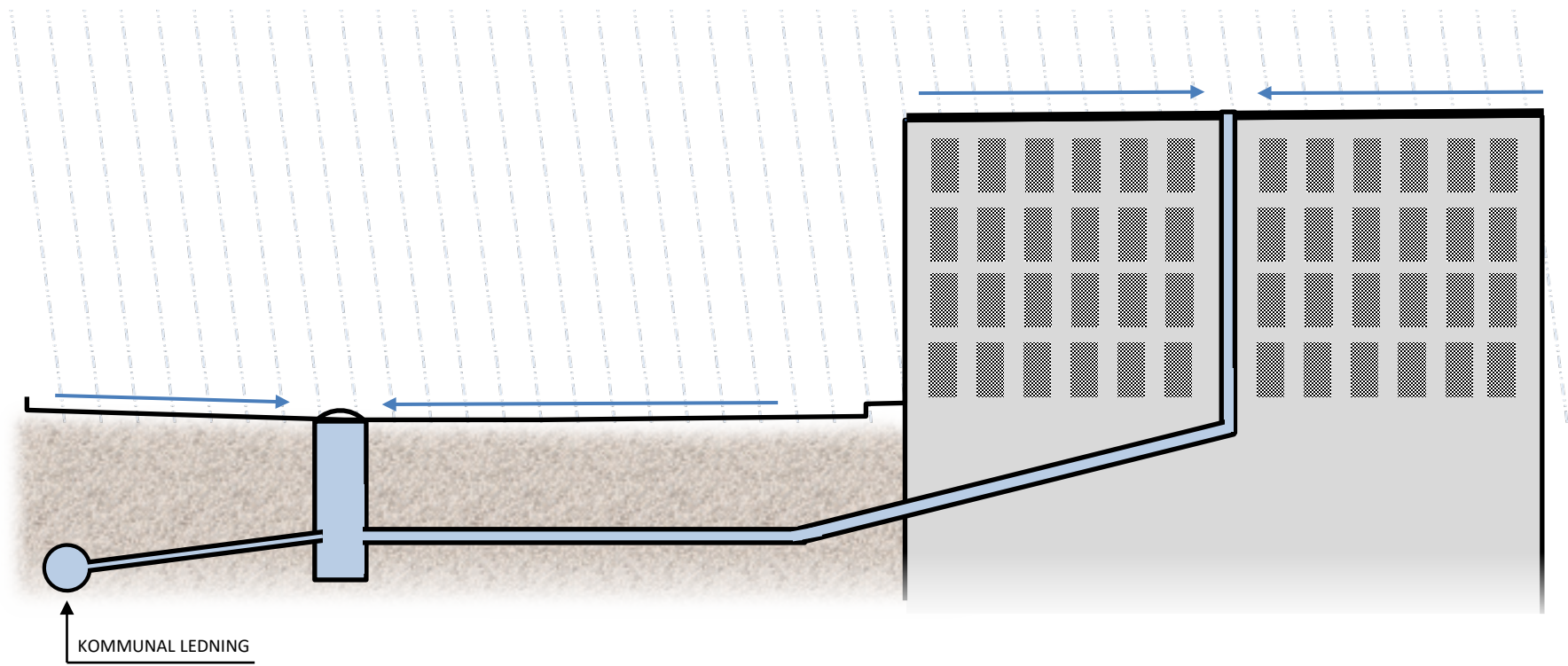


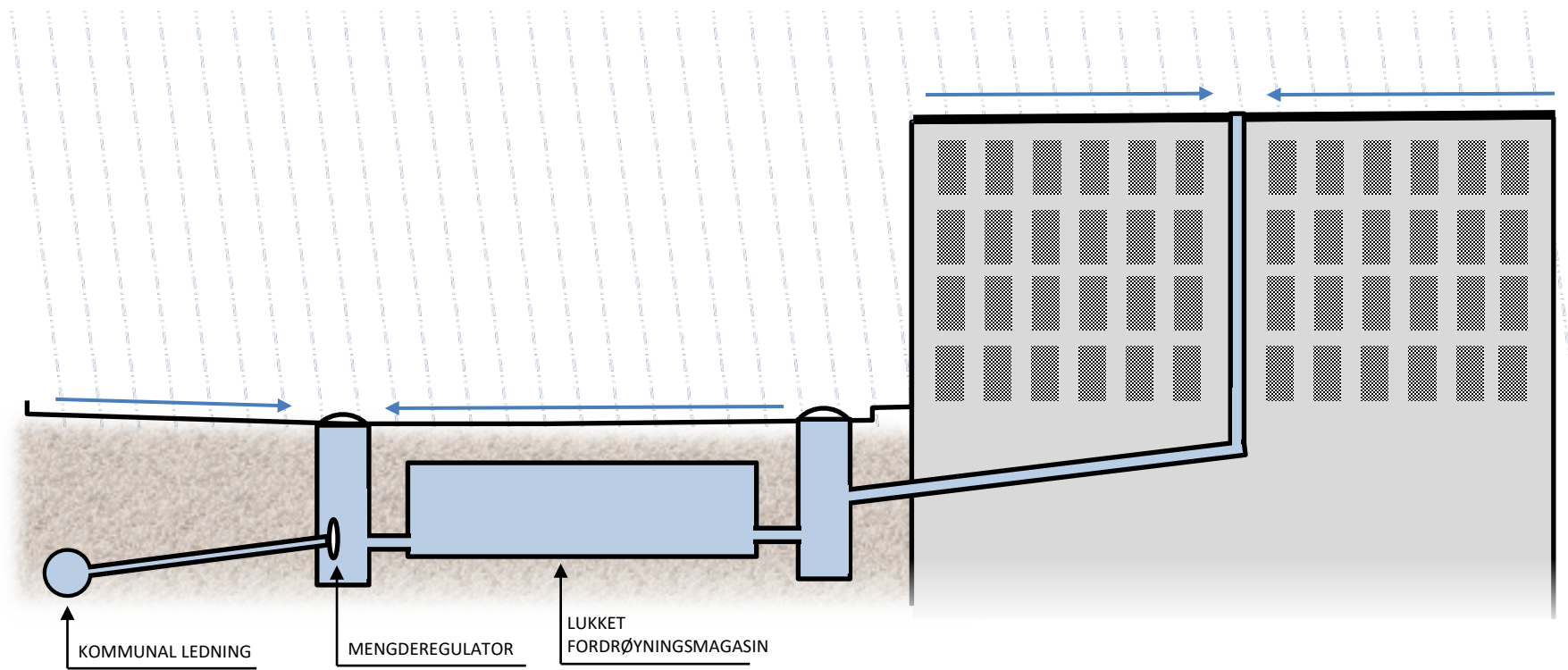


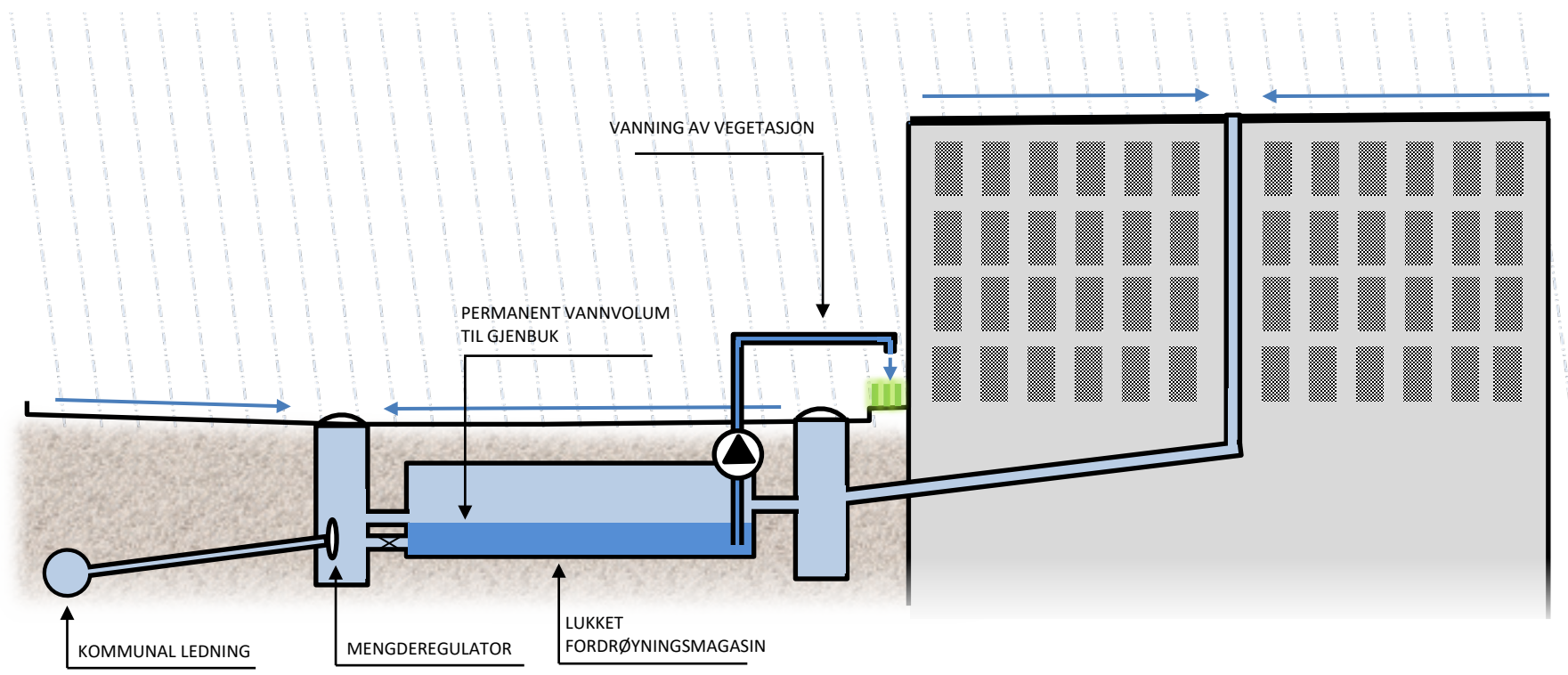


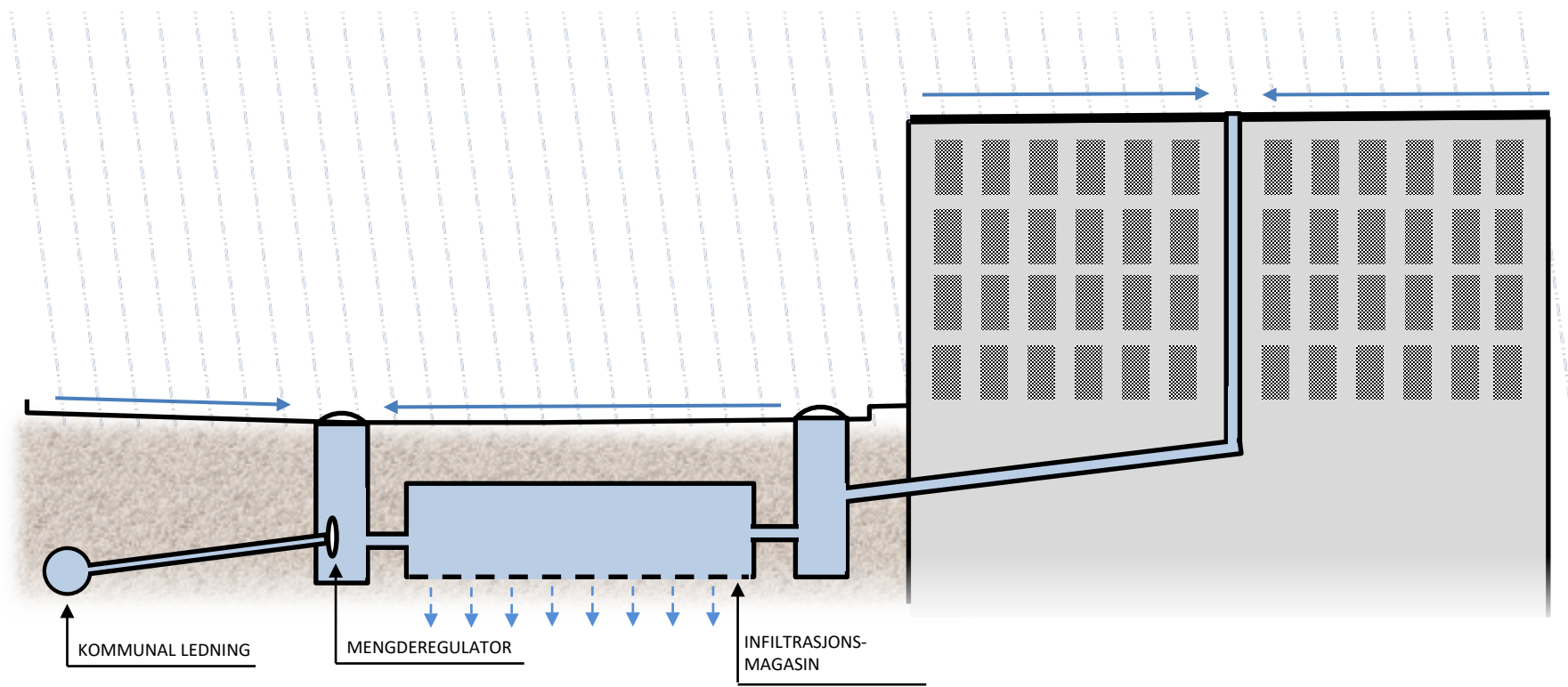
# Begrepsforvirring innen overvannsfaget

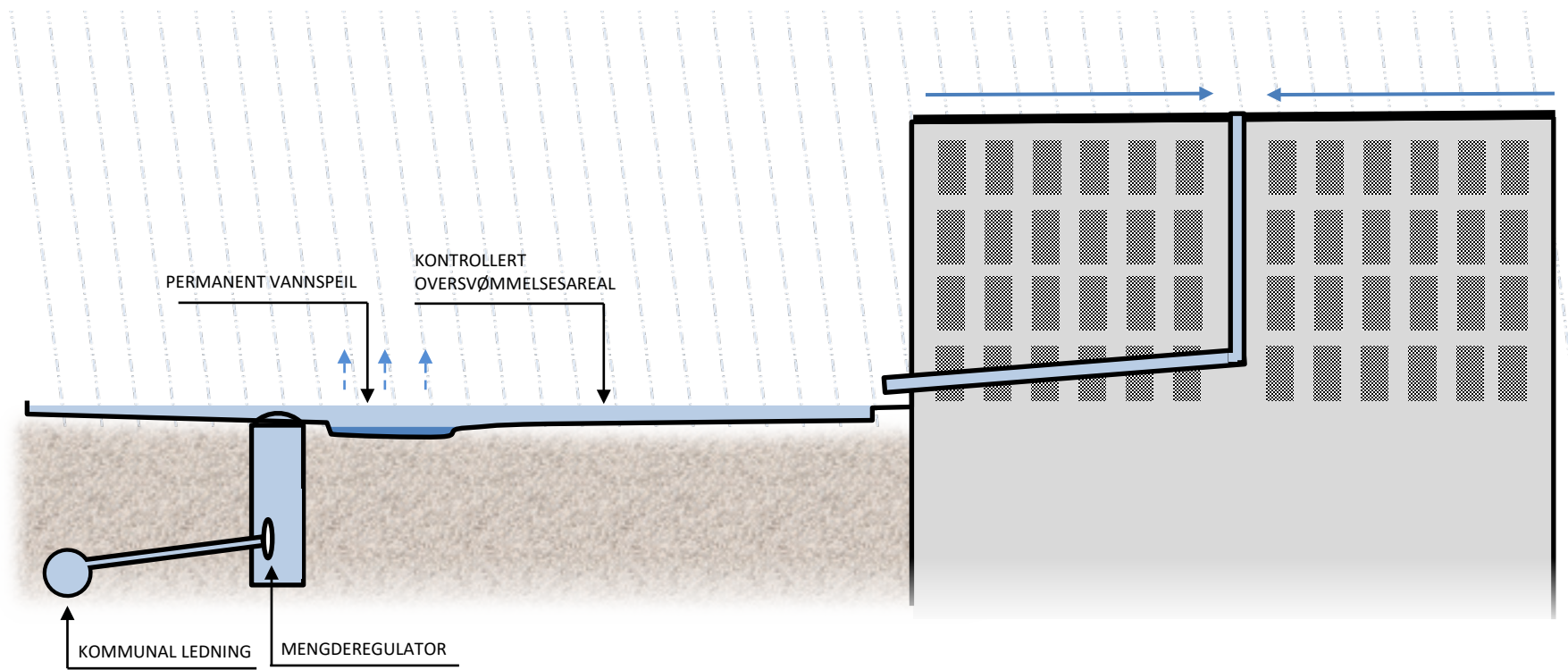


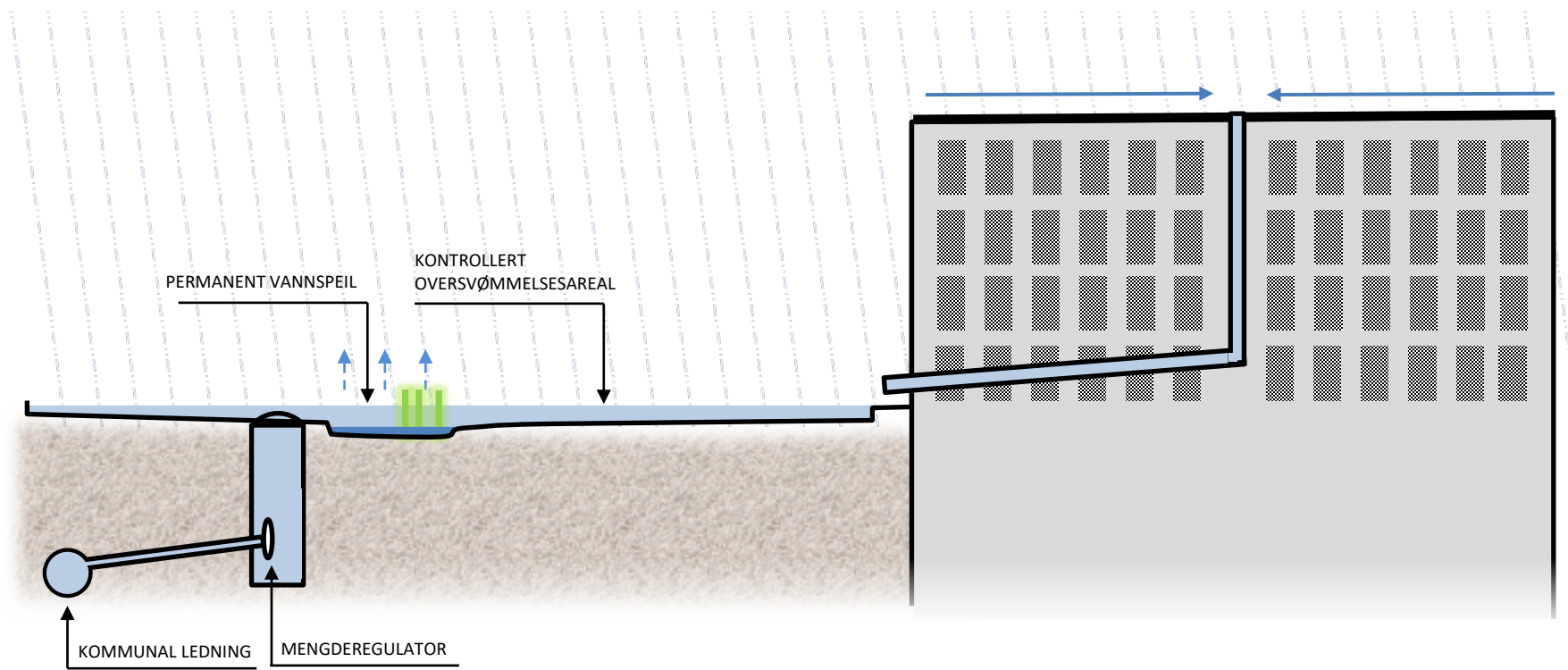


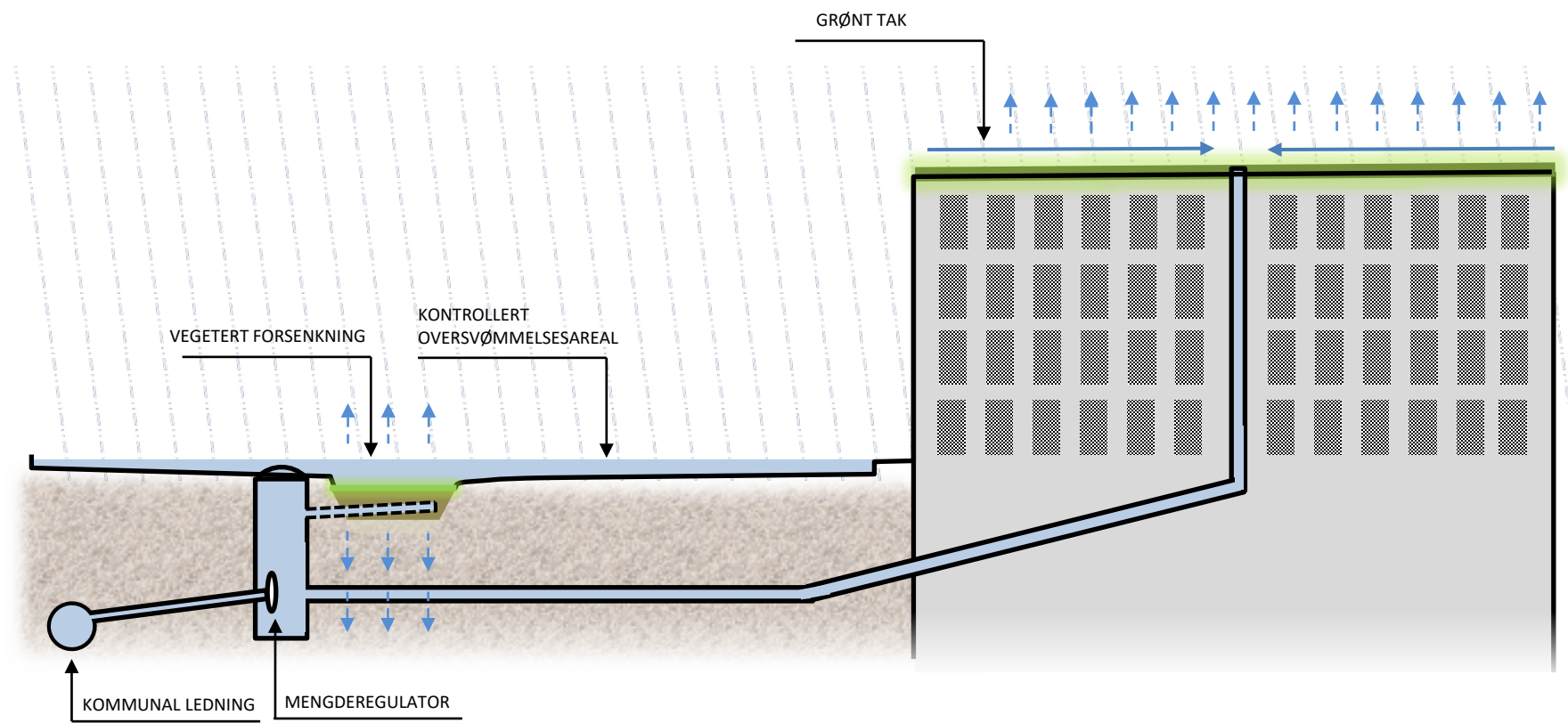




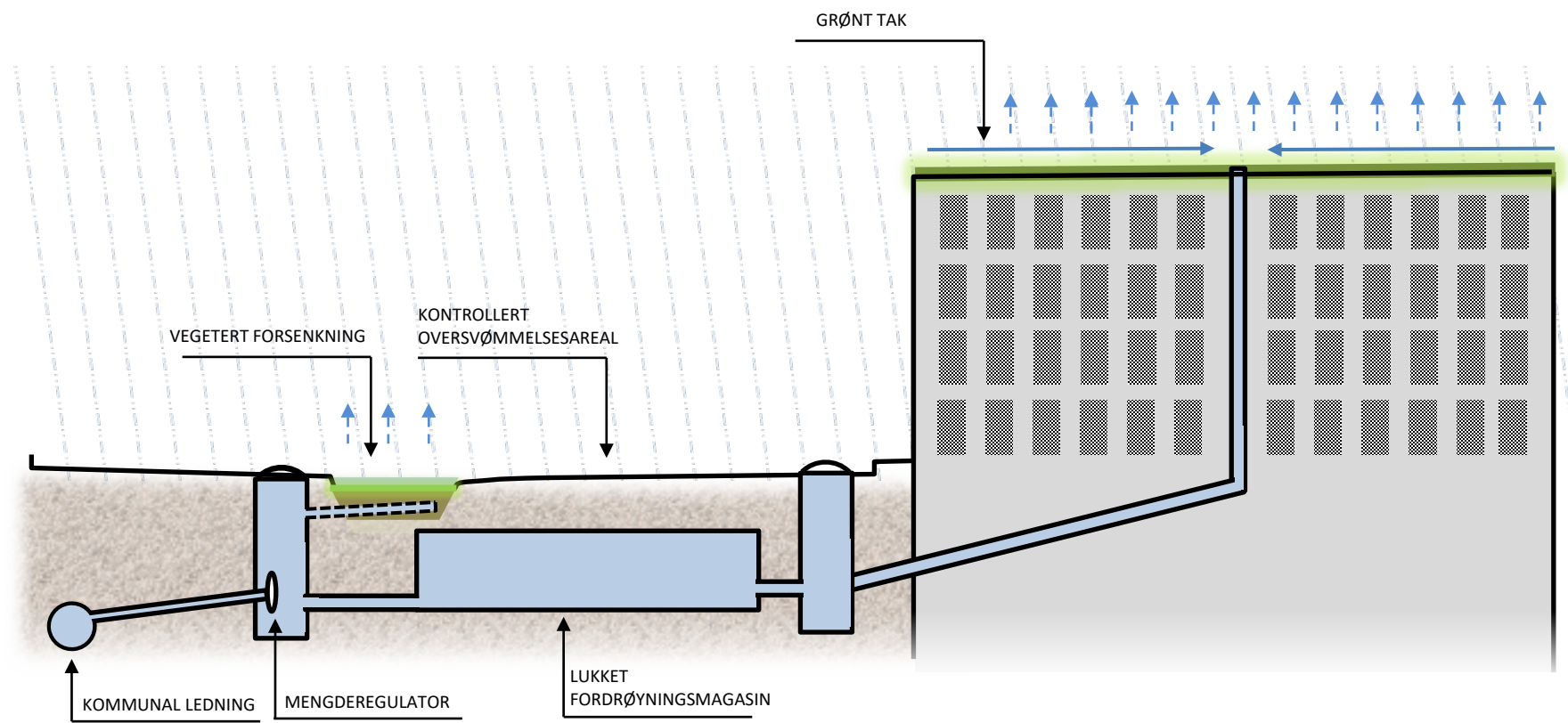


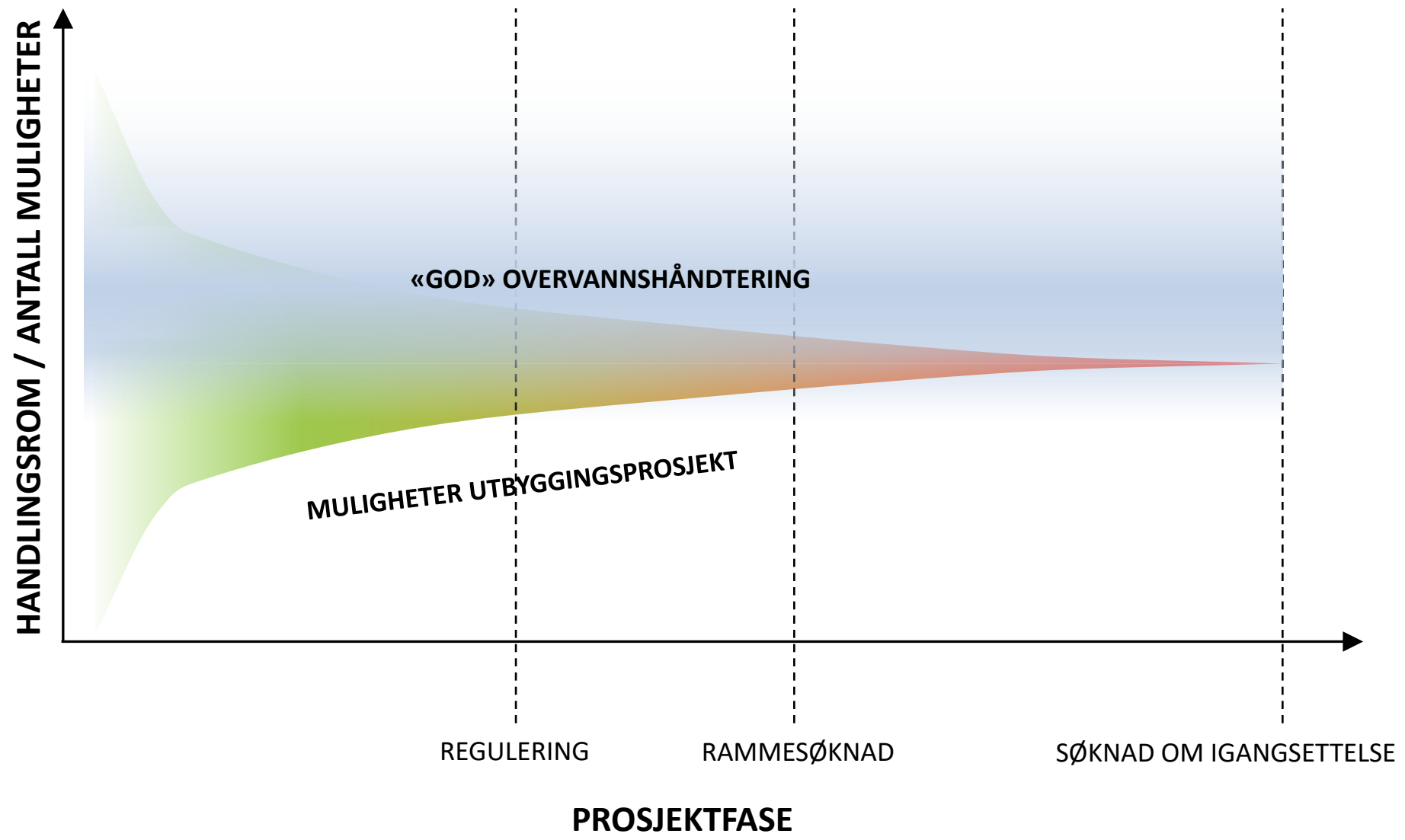


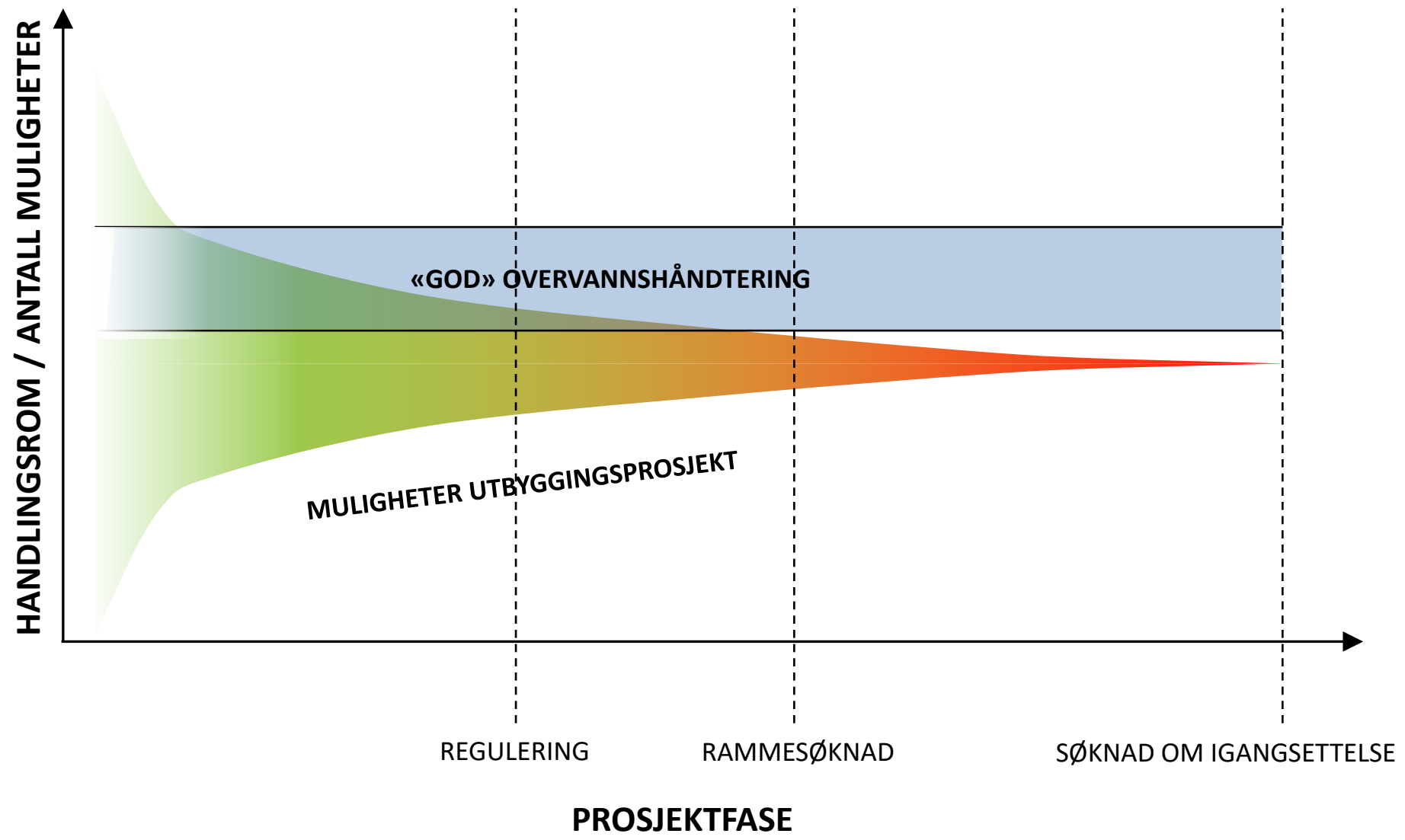


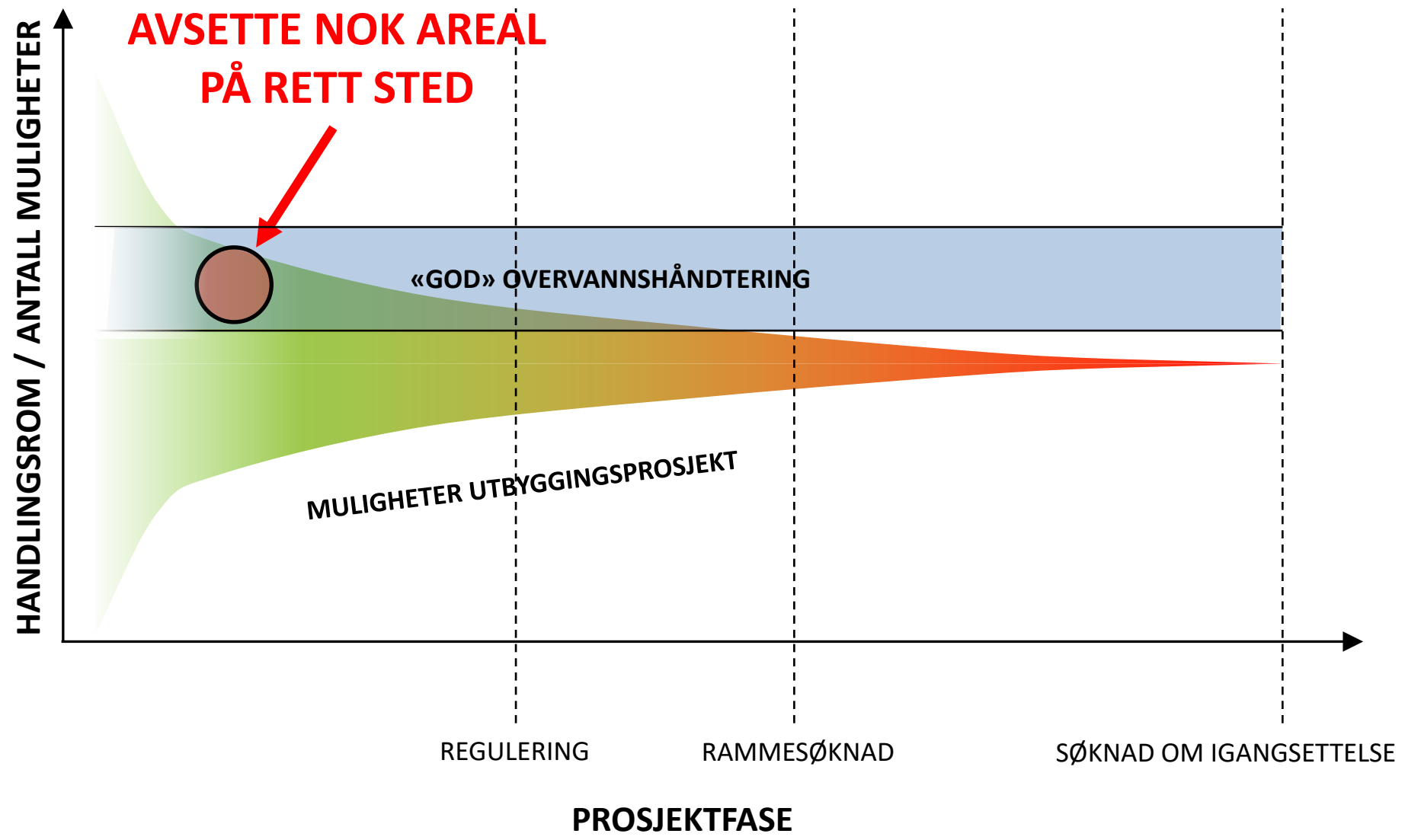


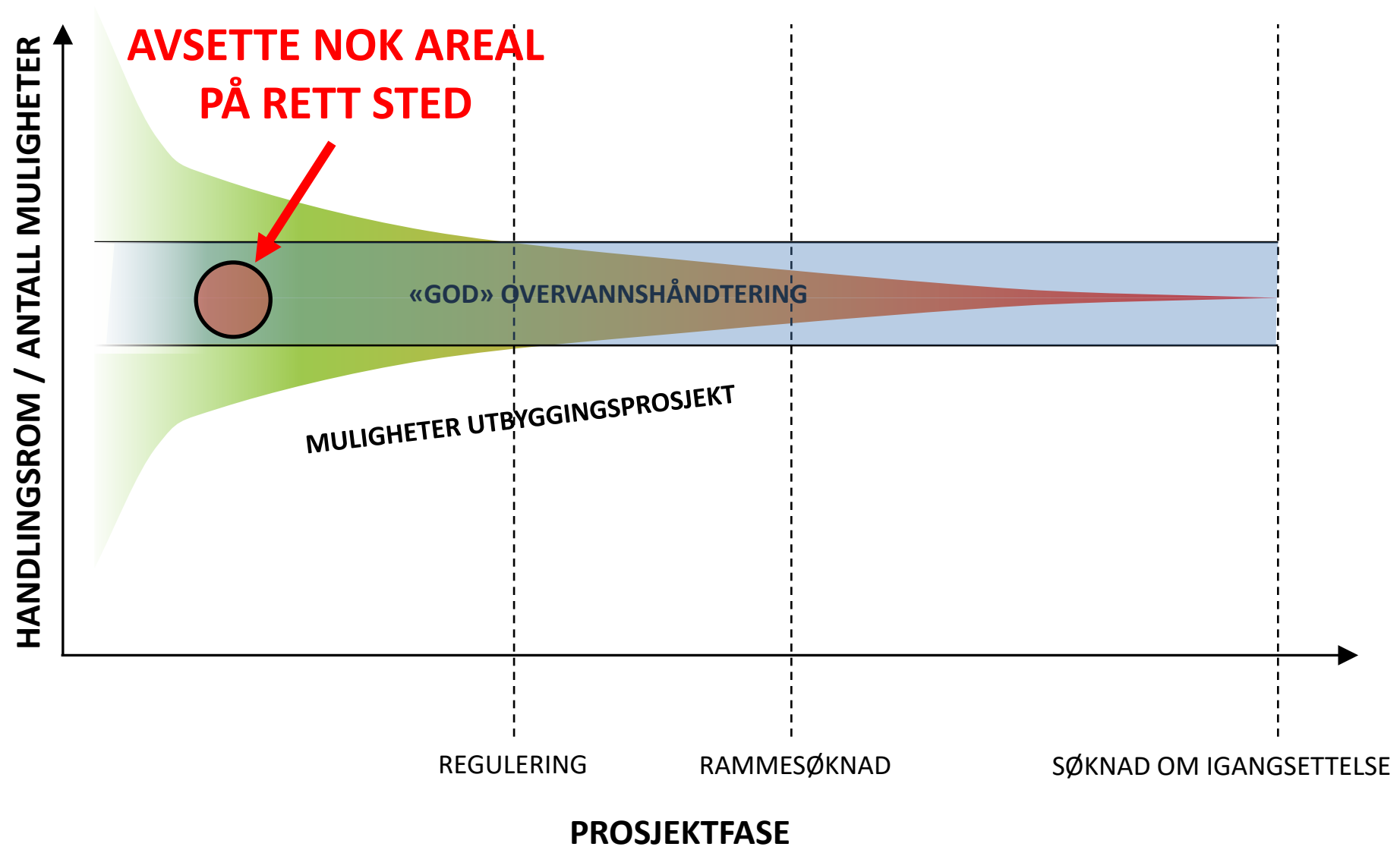


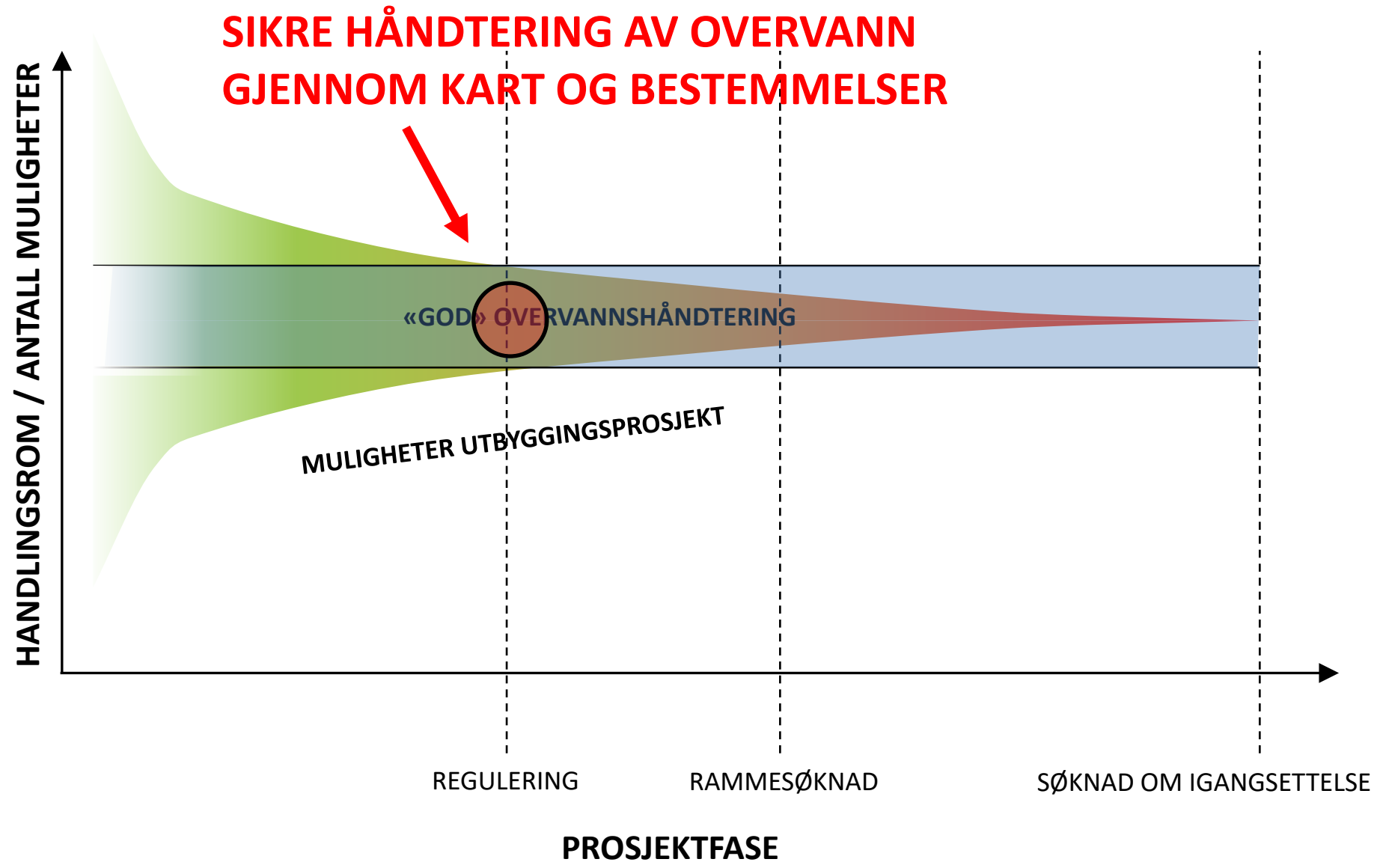


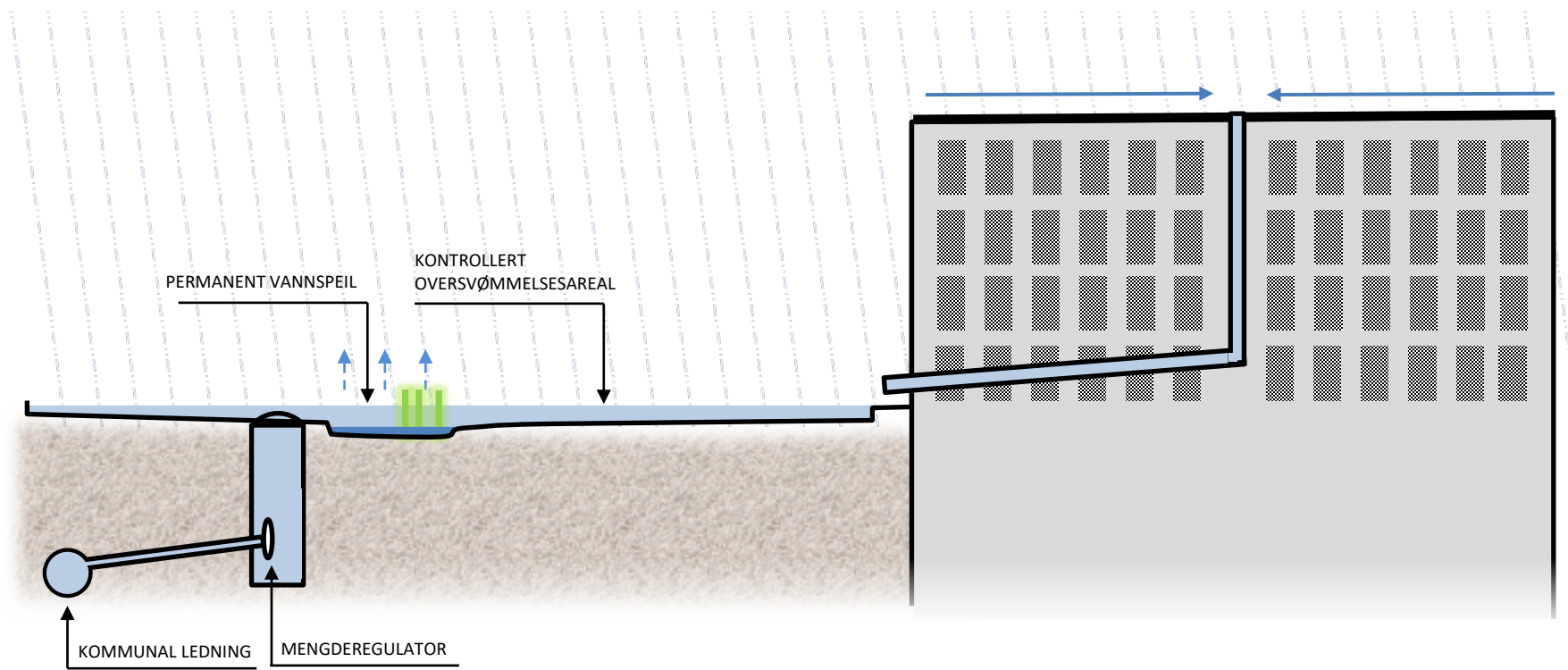






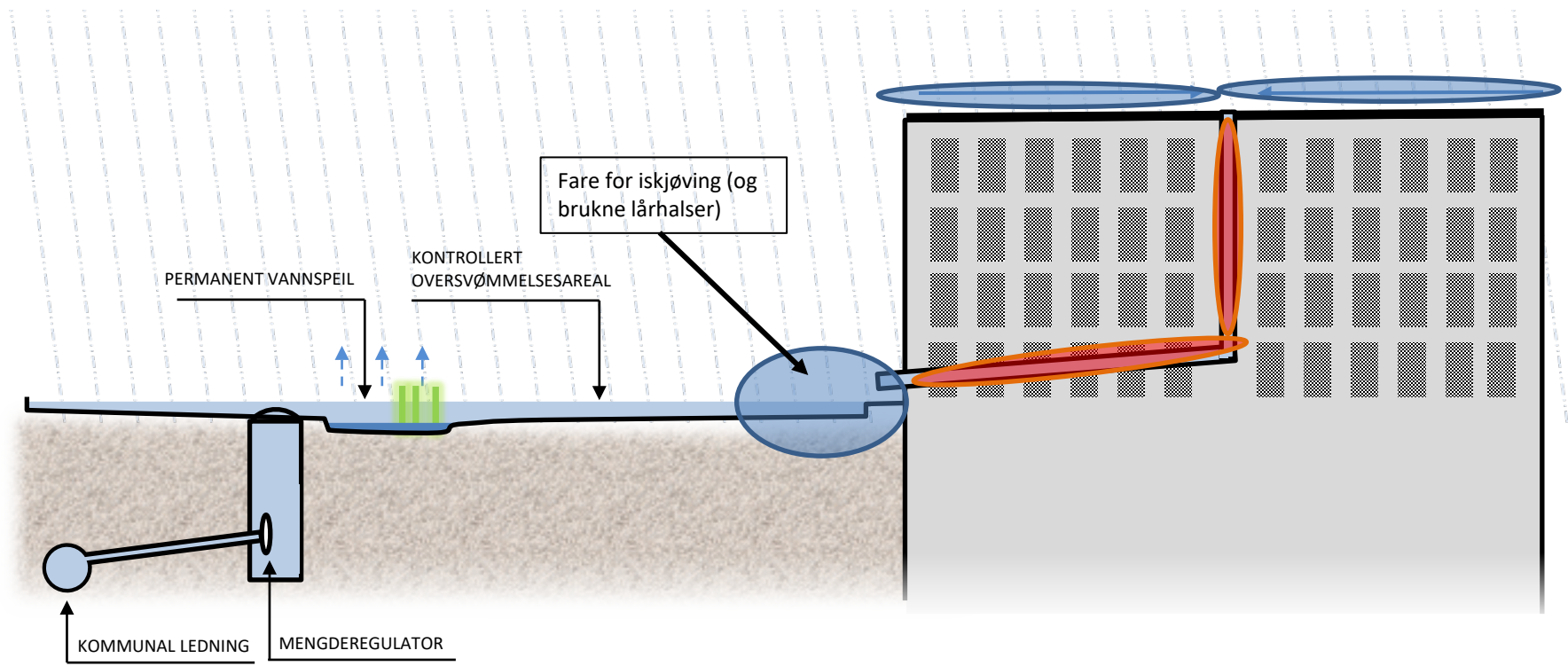




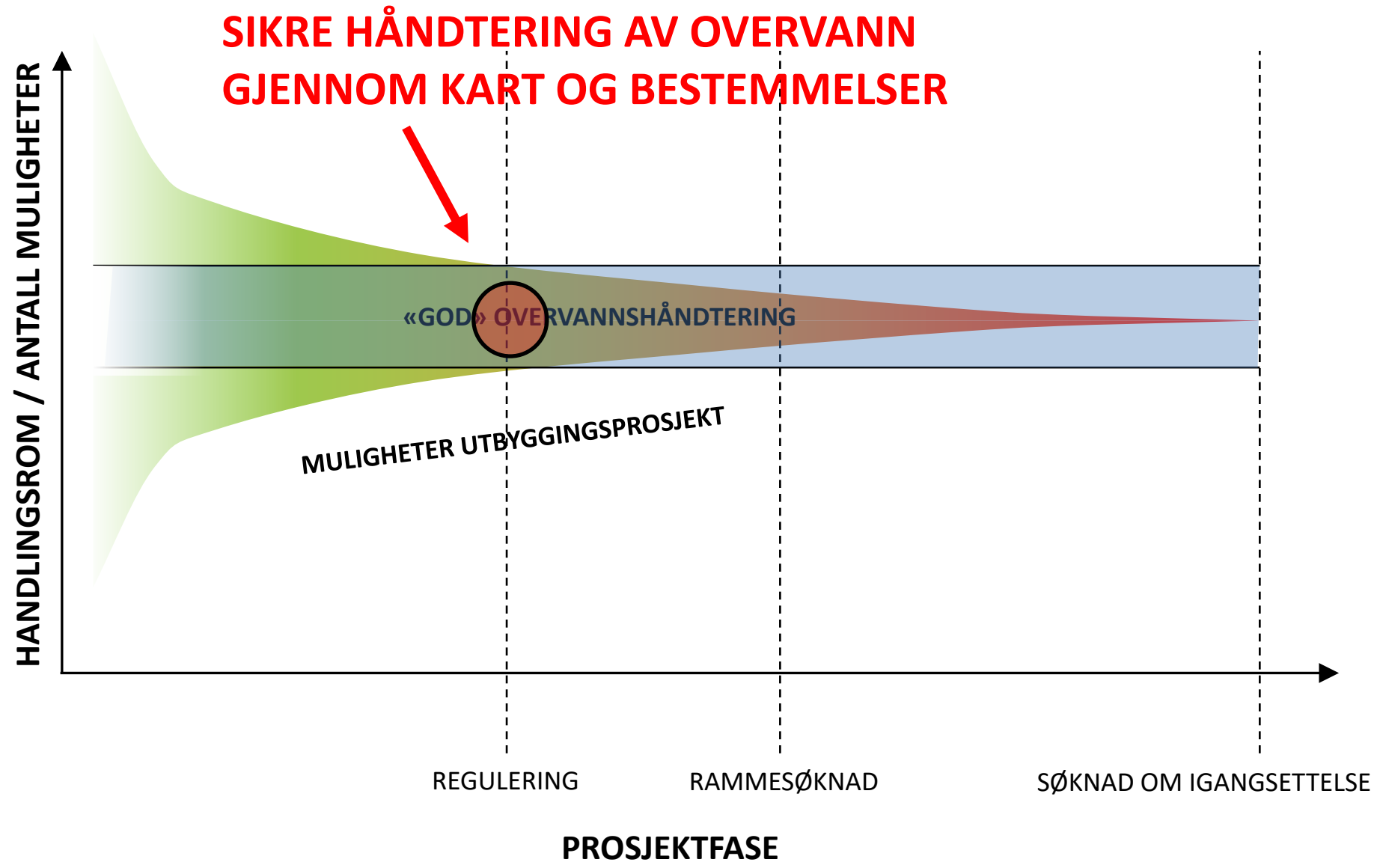


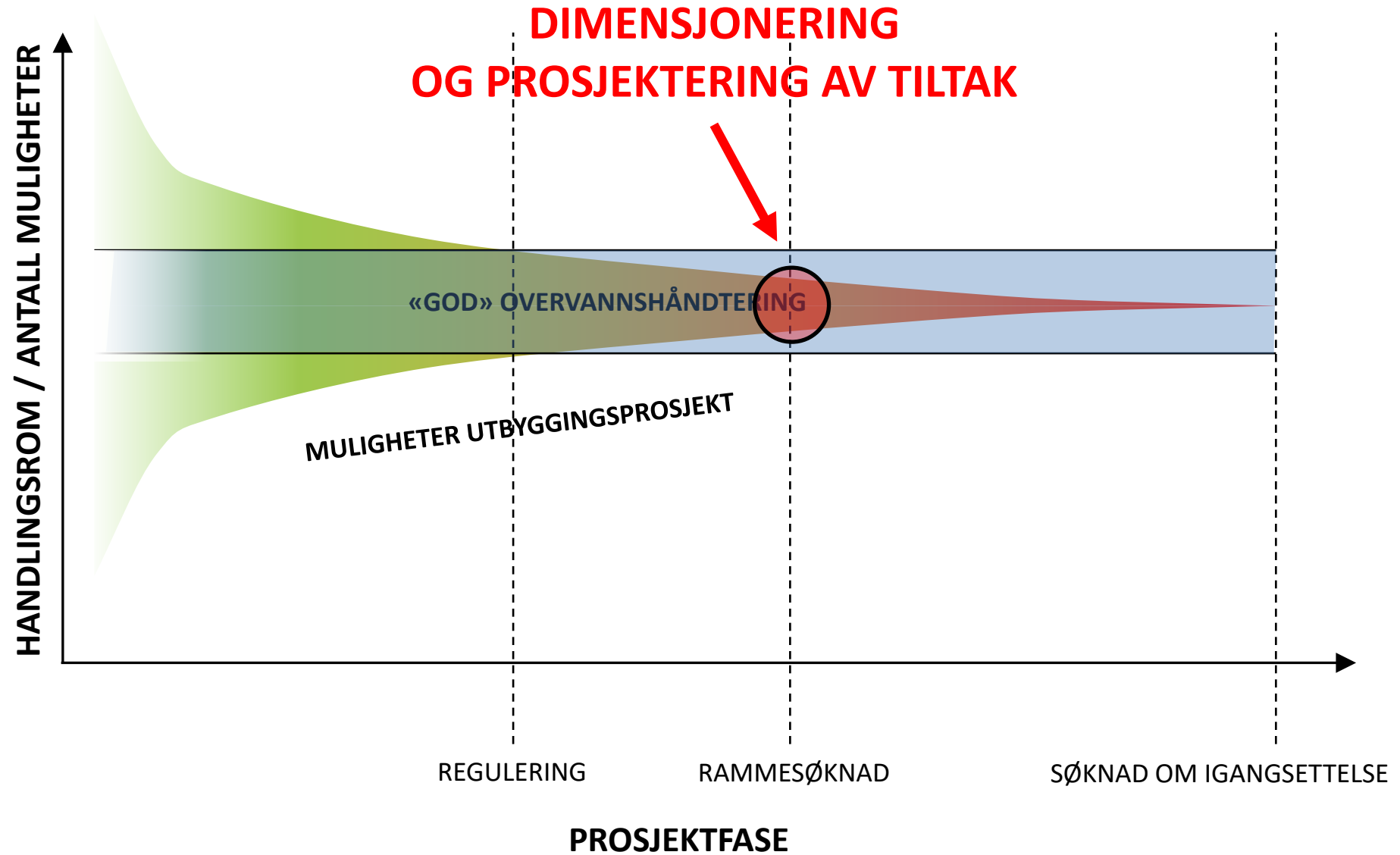
KALDT

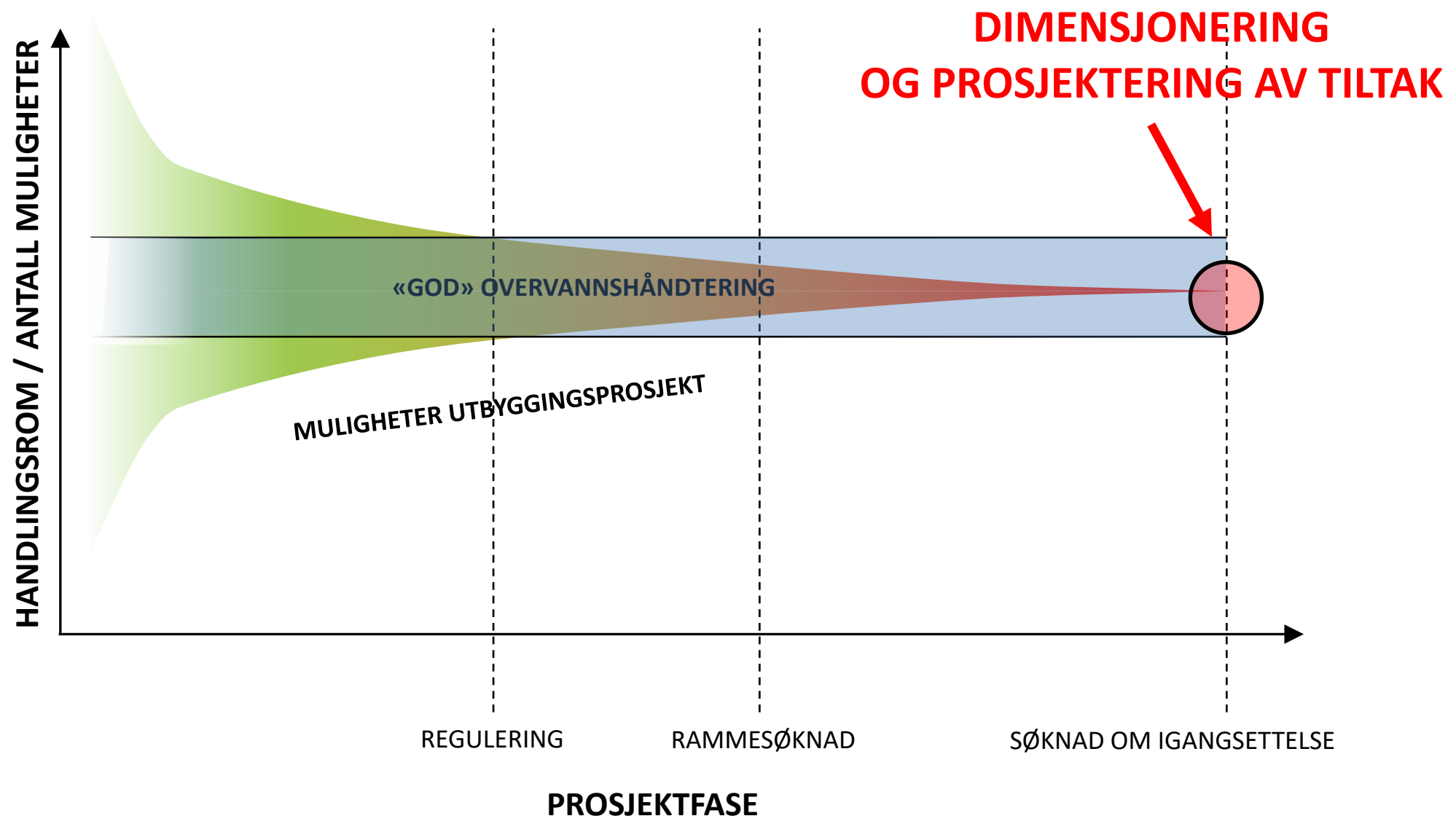
VARMT

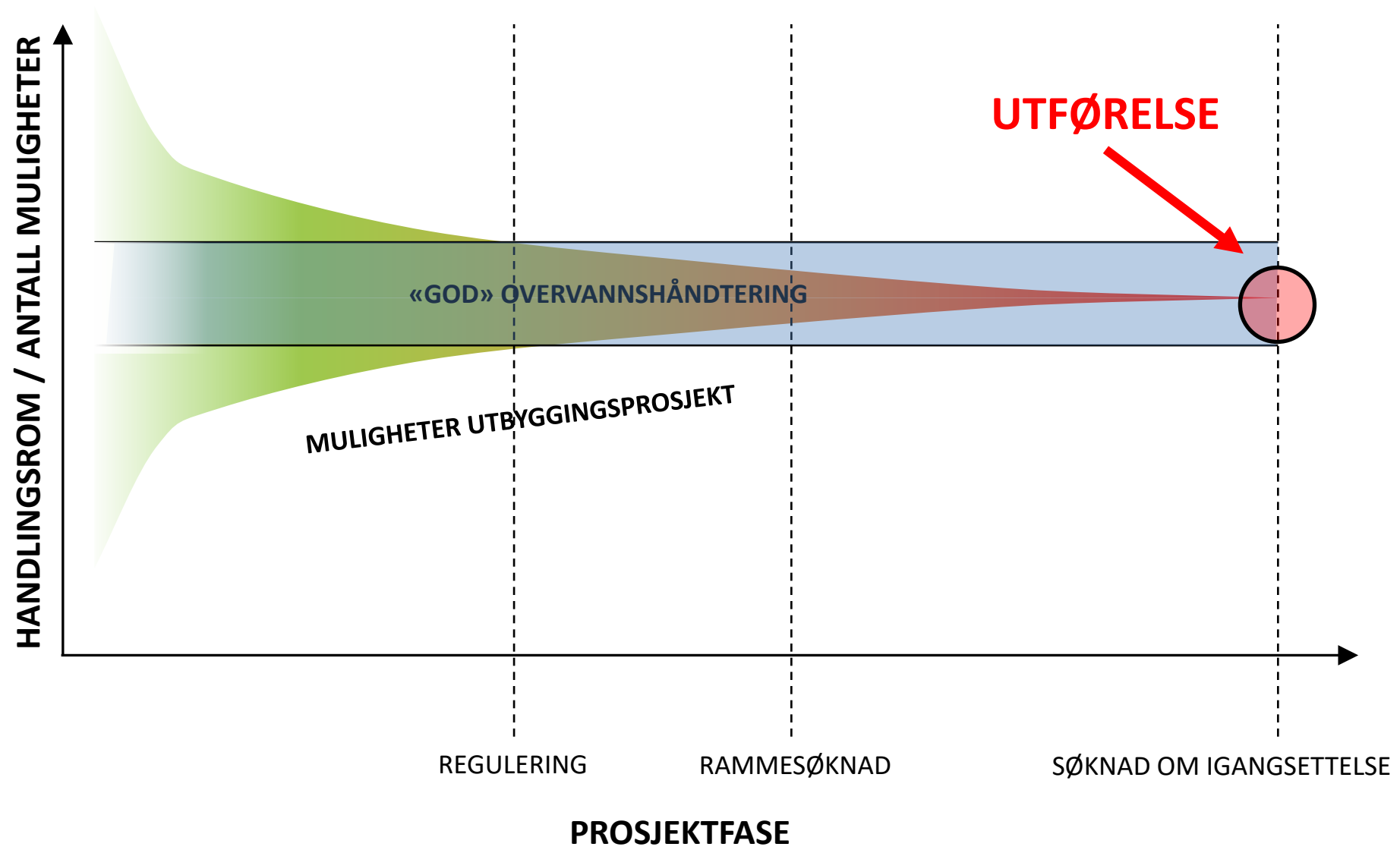












# Utførelse

## Kontroll på vannveier



# Planlegging og utførelse

Sikre at tiltaket får avrenning som planlagt



# Planlegging og utførelse

Sikre at tiltaket får avrenning som planlagt



## Planlegging og utførelse

Sikre at tiltaket får avrenning som planlagt





## Planlegging og utførelse

Sikre at tiltaket får avrenning som planlagt



## Planlegging og utførelse

Sikre at tiltaket får avrenning som planlagt



## Planlegging og utførelse

Sikre at tiltaket får avrenning som planlagt



## Planlegging og utførelse

Sikre at tiltaket får avrenning som planlagt



## Planlegging og utførelse

Sikre at tiltaket får avrenning som planlagt



## Planlegging og utførelse

Sikre at tiltaket får avrenning som planlagt



# Planlegging og utførelse

Sikre at tiltaket får avrenning som planlagt



# Utførelse

Kontroll på vannveier



PLANLAGT

FAKTISK



# Planlegging og utførelse

Kontroll på vannveier



**VANLIG REGN**

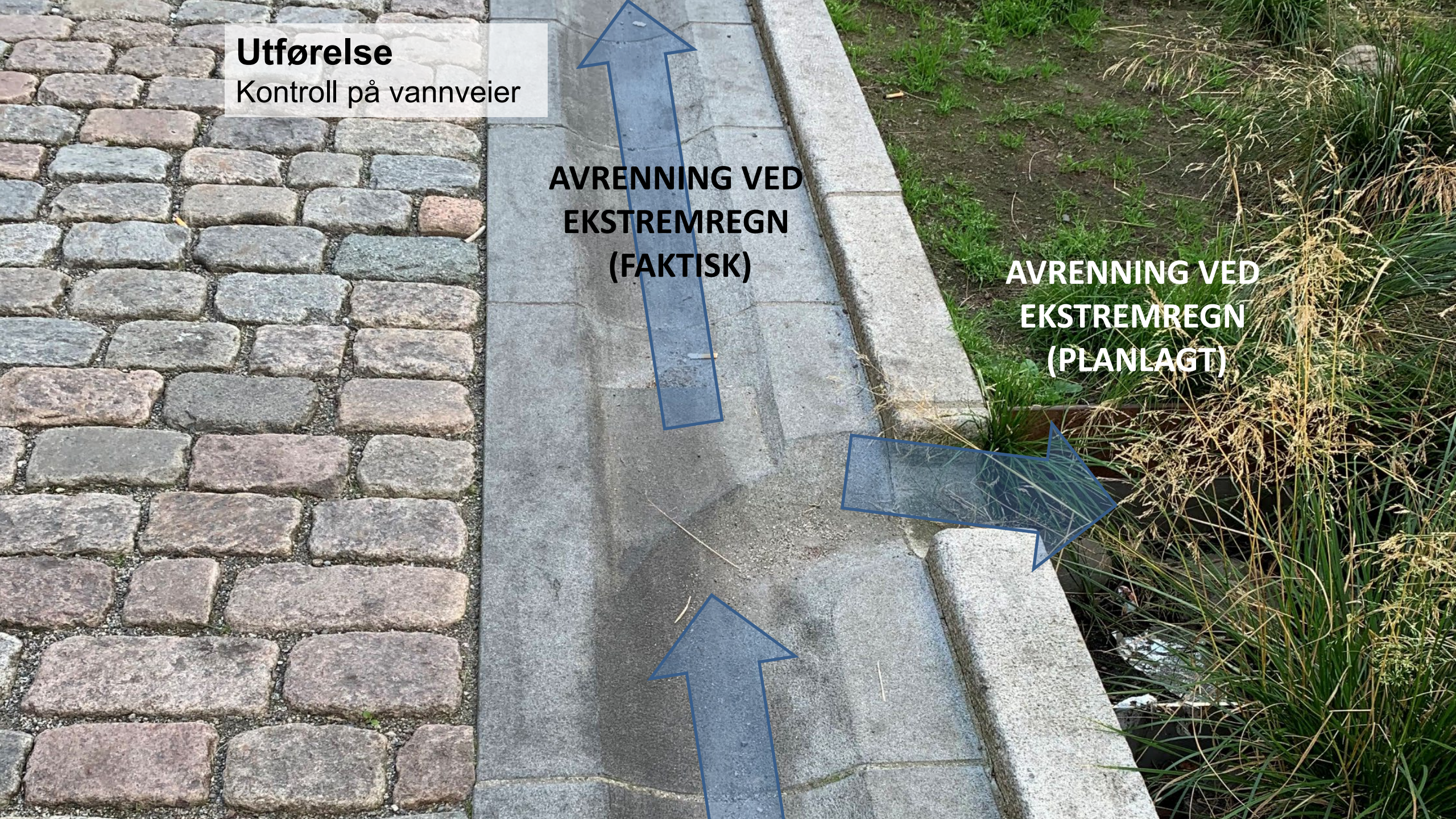
**EKSTREME REGN**

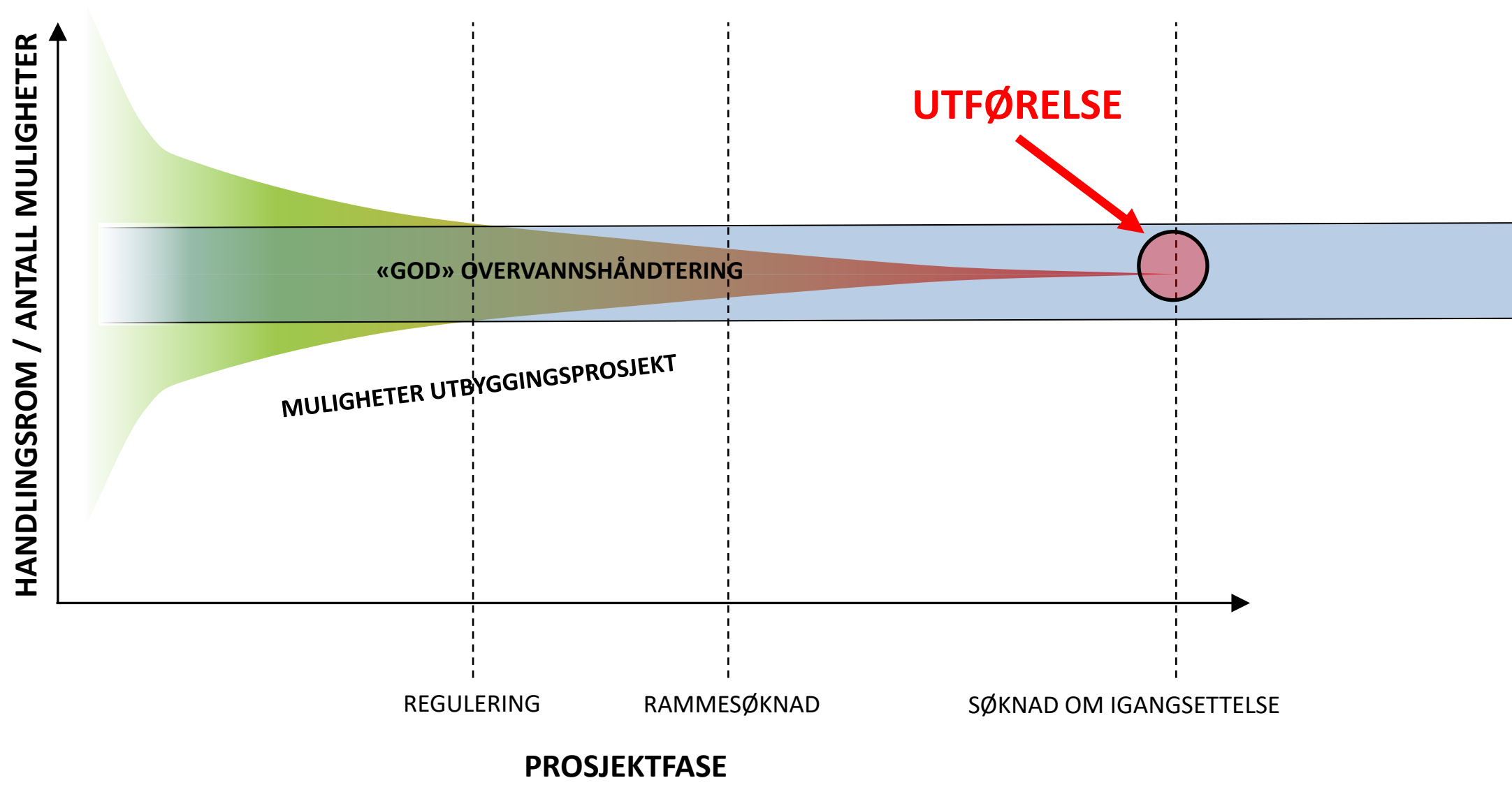
## Utførelse

Kontroll på vannveier

AVRENNING VED  
EKSTREMREGN  
(FAKTISK)

AVRENNING VED  
EKSTREMREGN  
(PLANLAGT)





HANDLINGSROM / ANTALL MULIGHETER

MULIGHETER UTBYGGINGSPROSJEKT

«GOD» OVERVANNSHÅNDTERING

UTFØRELSE

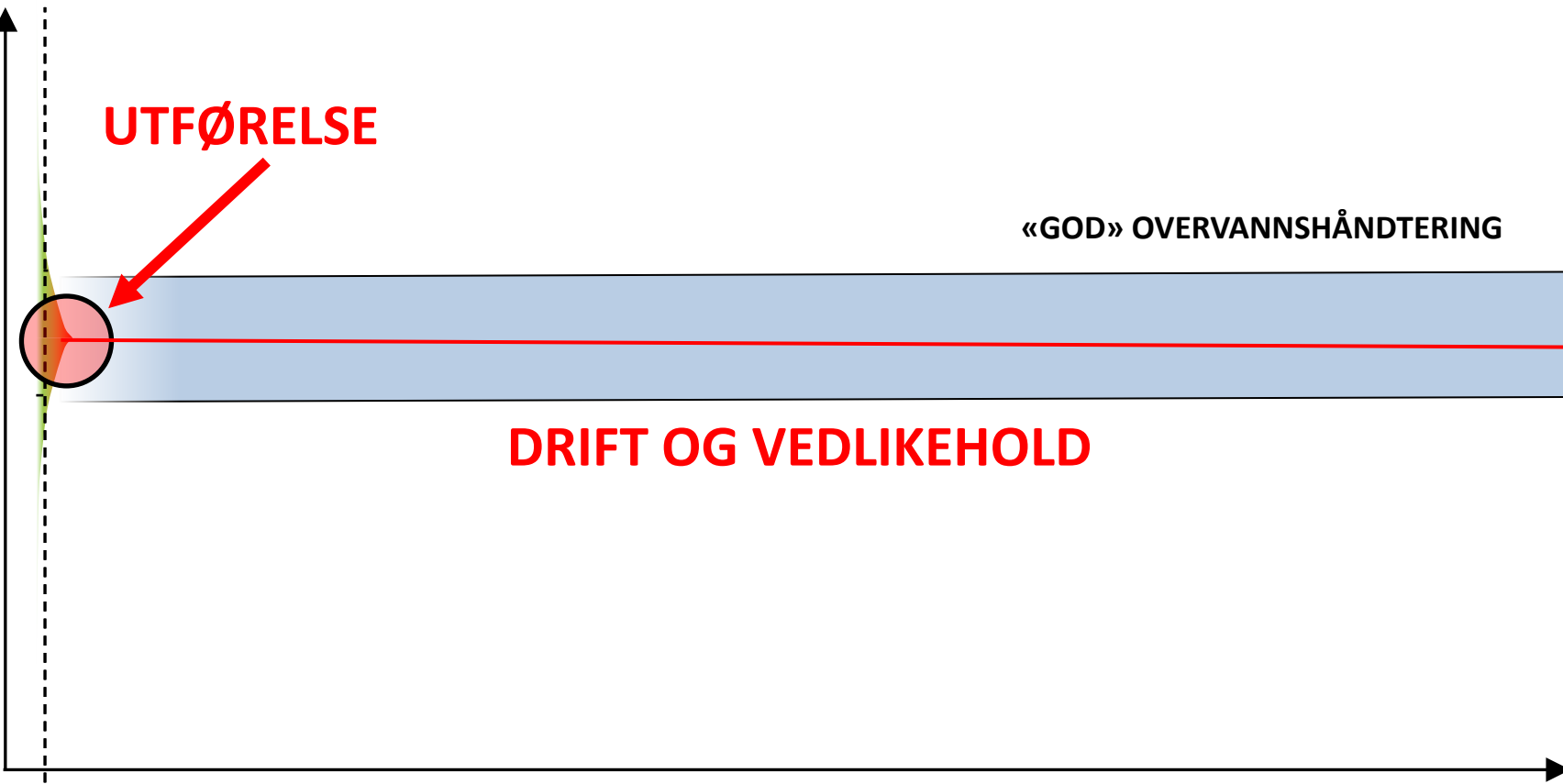
REGULERING

RAMMESØKNAD

SØKNAD OM IGANGSETTELSE

PROSJEKTFASE

HANDLINGSROM / ANTALL MULIGHETER



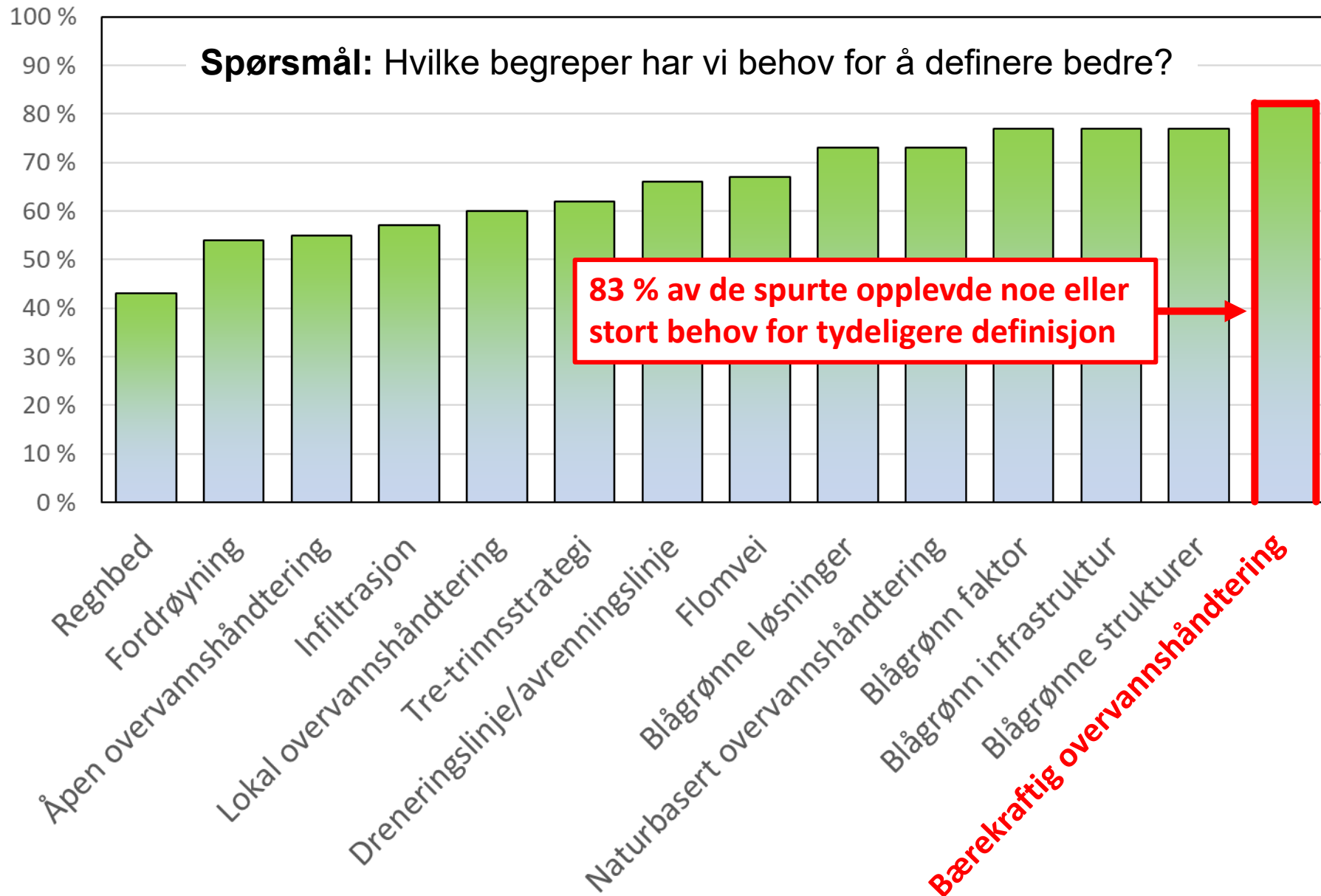
**UTFØRELSE**

«GOD» OVERVANNSHÅNTERING

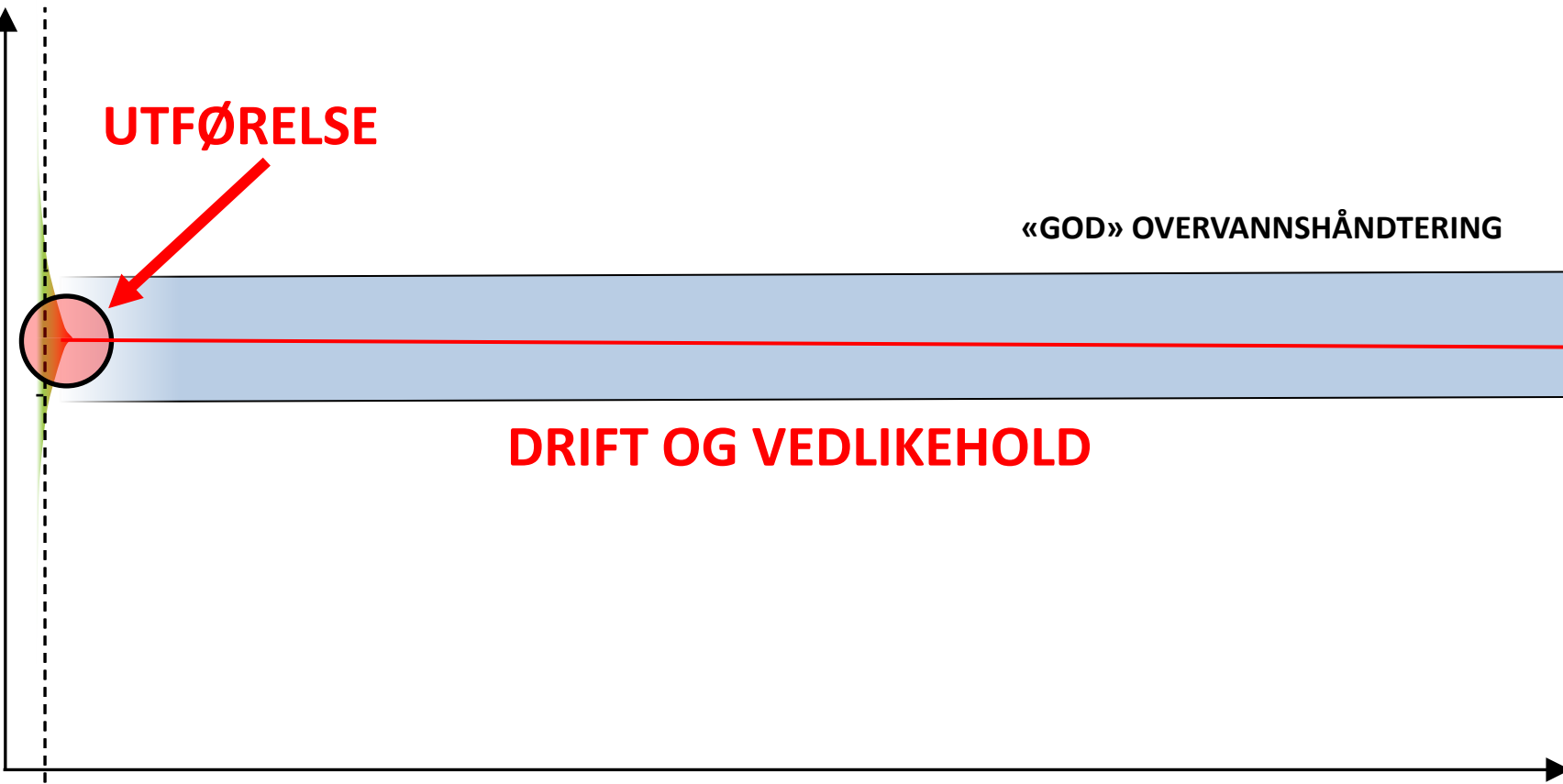
**DRIFT OG VEDLIKEHOLD**

DET «BÆREKRAFTIGE» TILTAKETS LEVETID

# Hva er bærekraftig overvannshåndtering?



HANDLINGSROM / ANTALL MULIGHETER

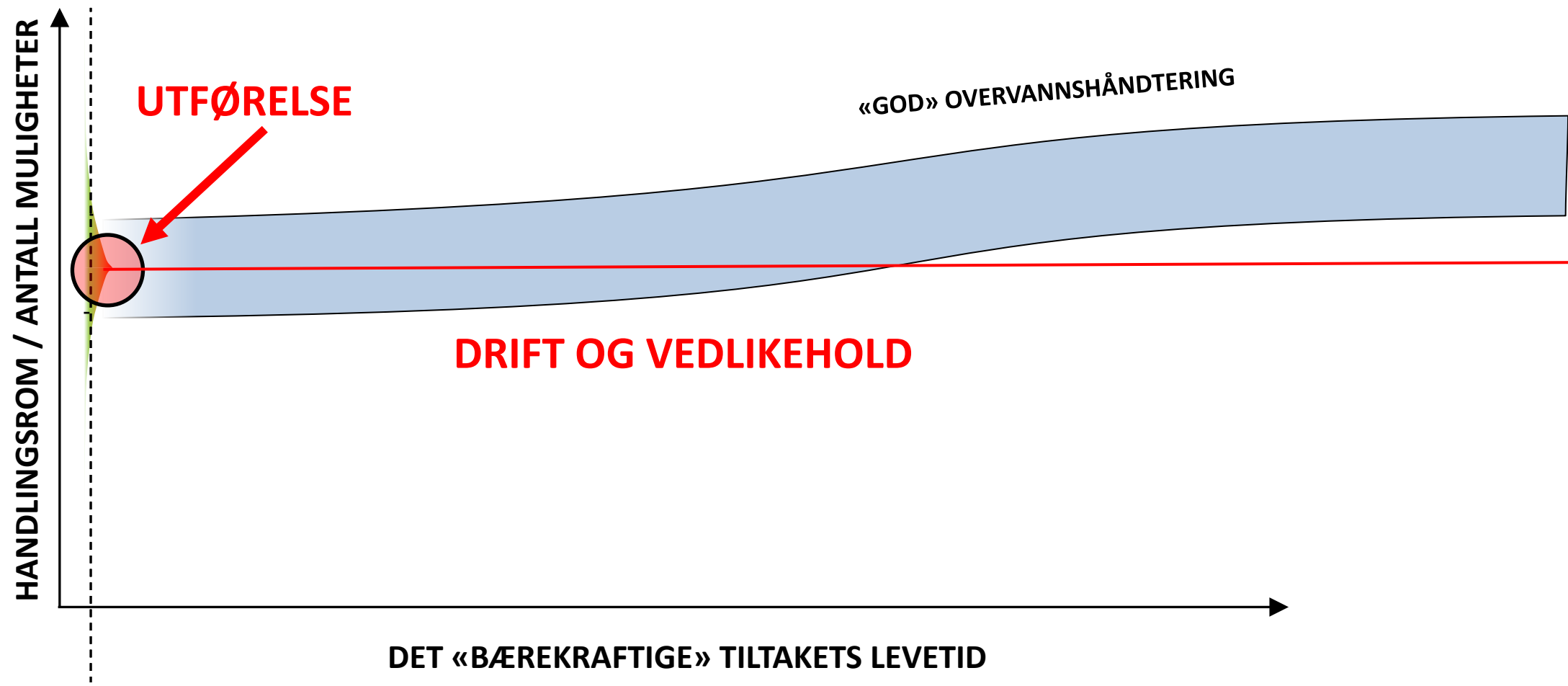


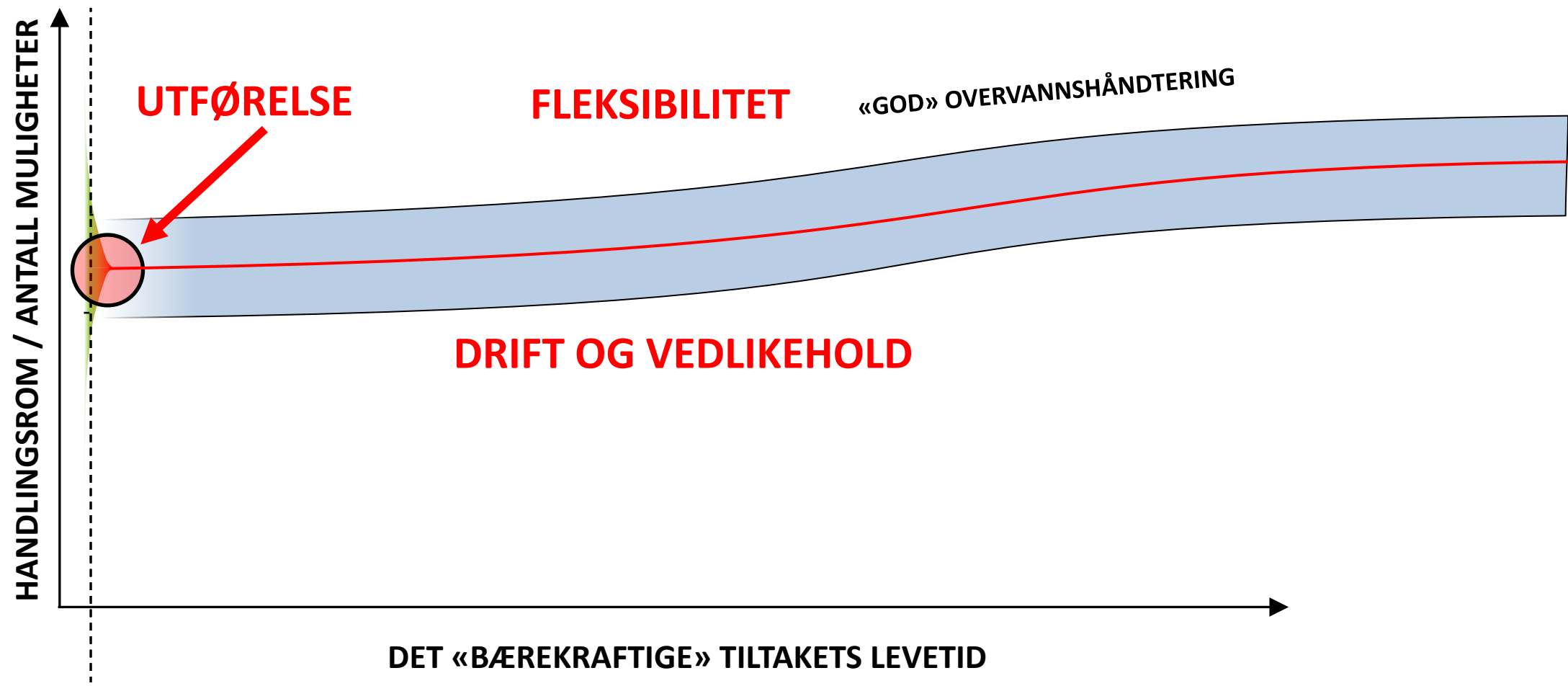
**UTFØRELSE**

«GOD» OVERVANNSHÅNTERING

**DRIFT OG VEDLIKEHOLD**

DET «BÆREKRAFTIGE» TILTAKETS LEVETID





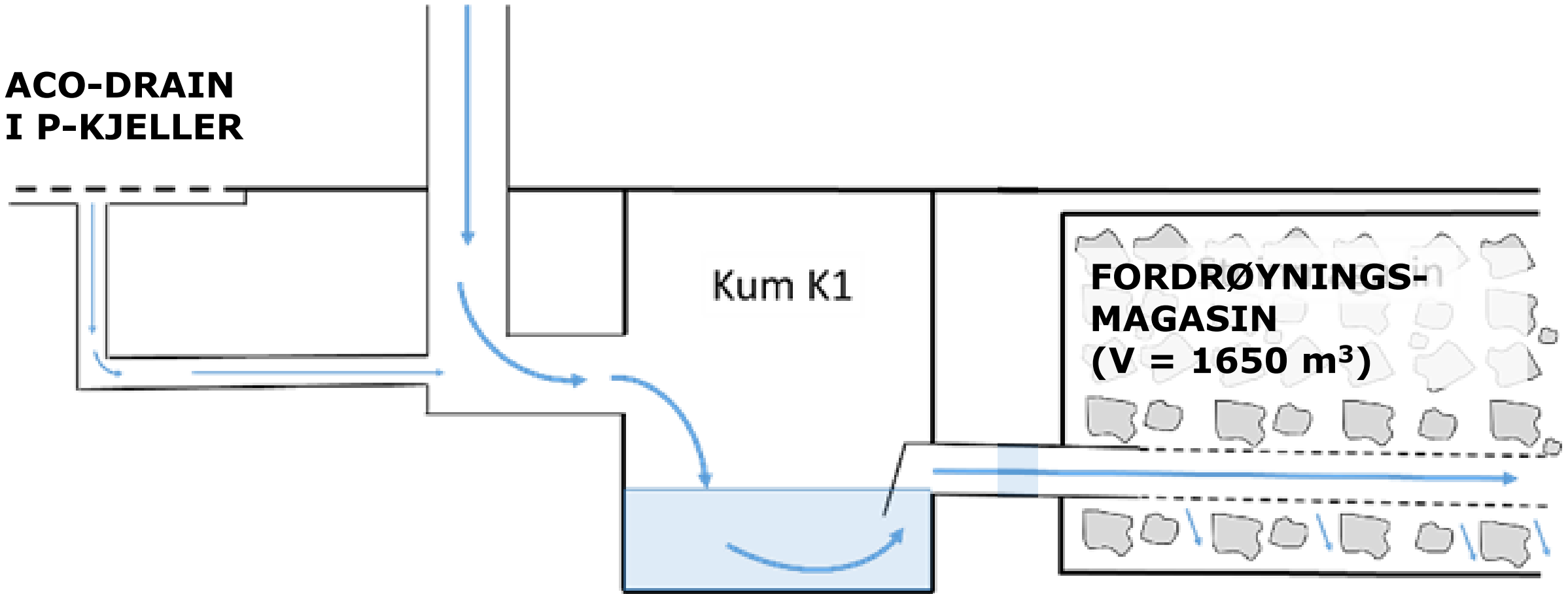


**TAKVANN (A = 5000 m<sup>2</sup>)**

**ACO-DRAIN  
I P-KJELLER**

Kum K1

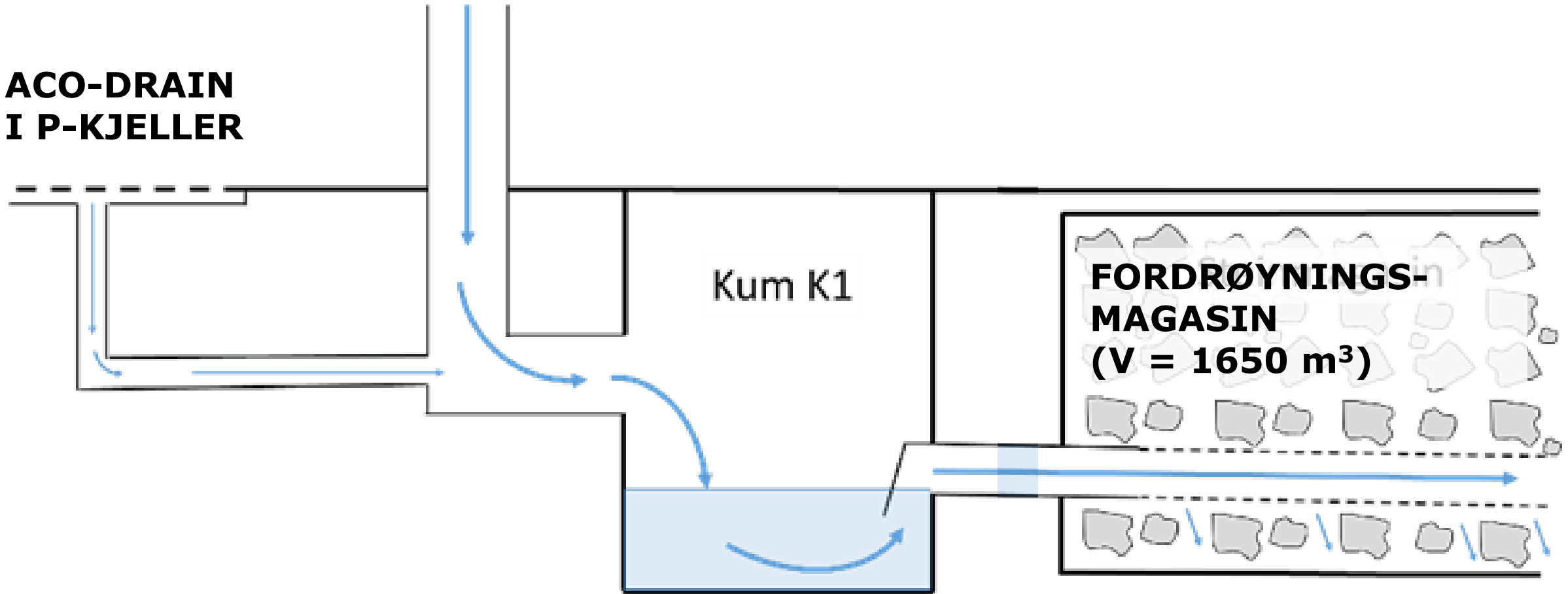
**FORDRØYNINGSMAGASIN  
(V = 1650 m<sup>3</sup>)**





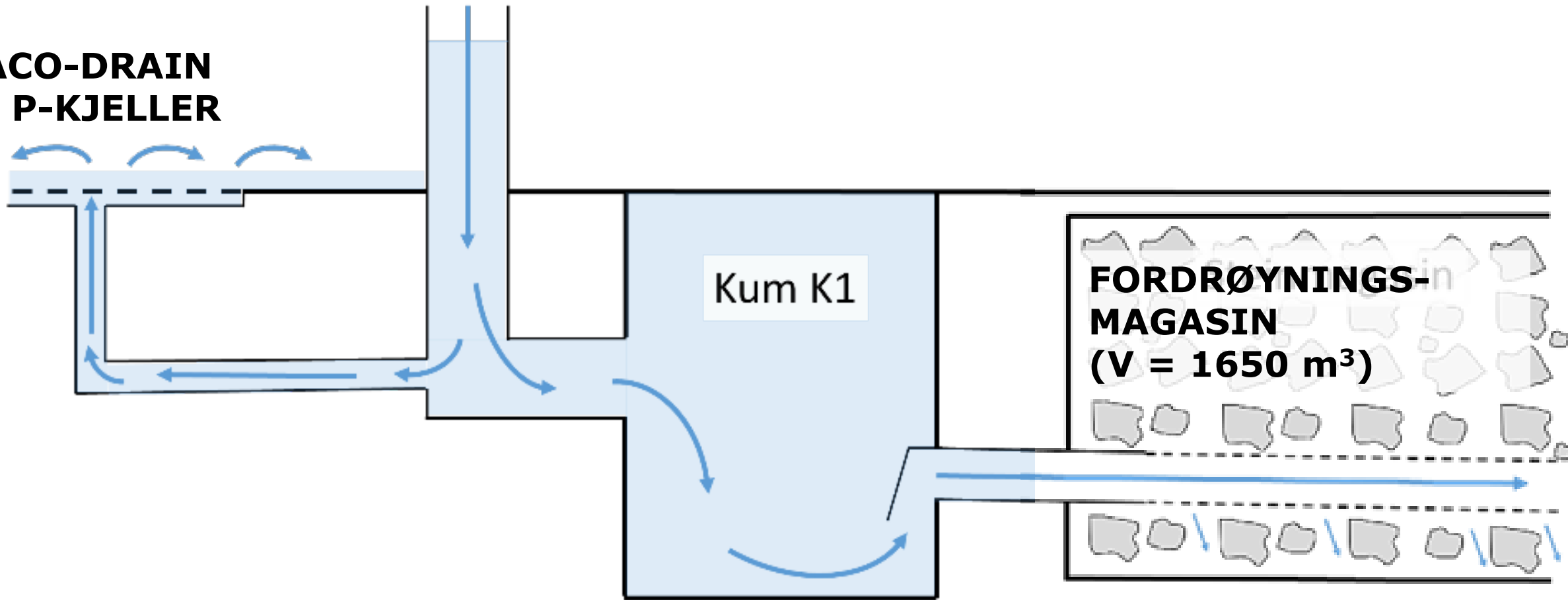
**TAKVANN (A = 5000 m<sup>2</sup>)**

**ACO-DRAIN  
I P-KJELLER**



**TAKVANN (A = 5000 m<sup>2</sup>)**

**ACO-DRAIN  
I P-KJELLER**



Kum K1

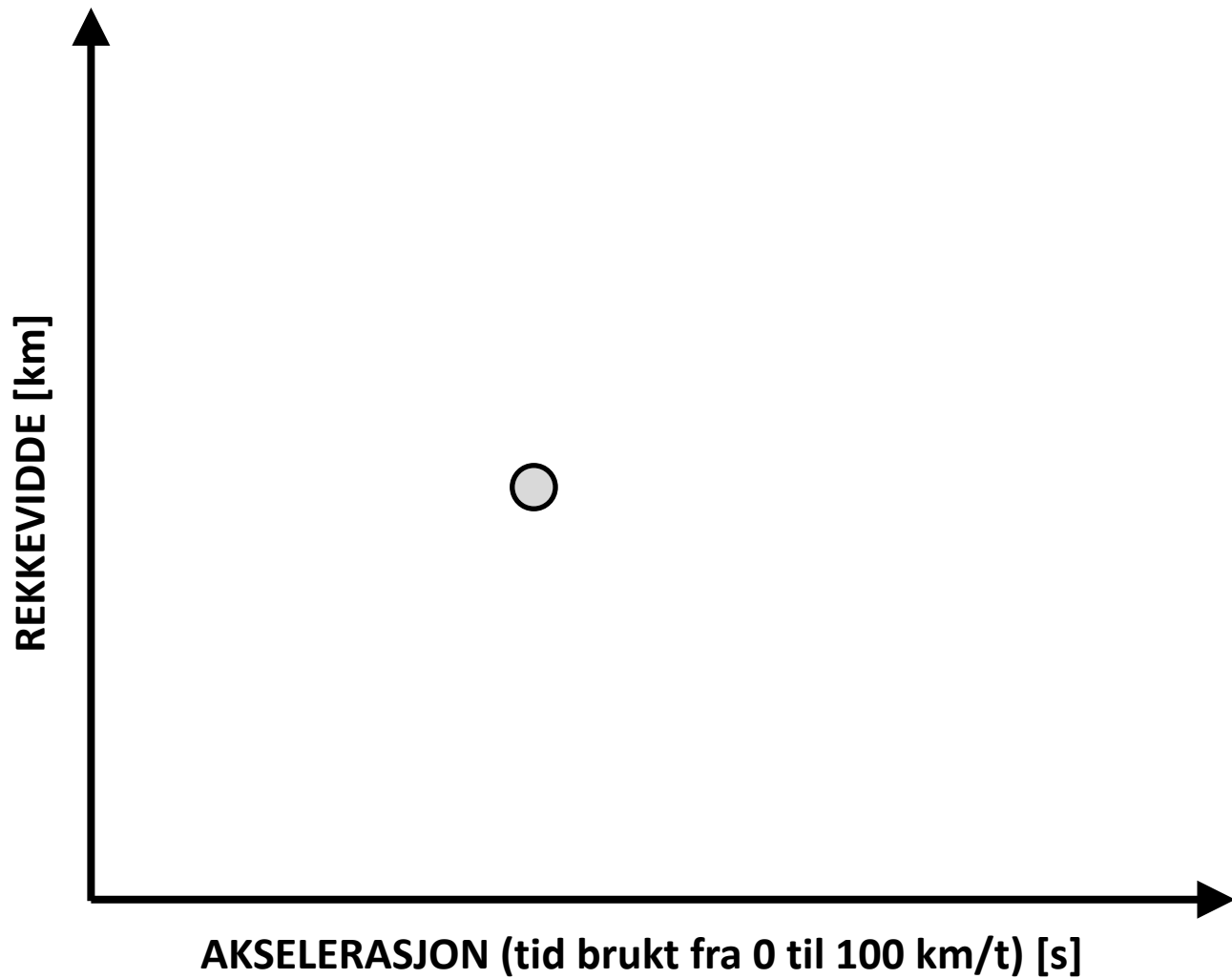
**FORDRØYNINGS-  
MAGASIN**  
(V = 1650 m<sup>3</sup>)



# Multiobjektiv optimalisering av EL-bil?

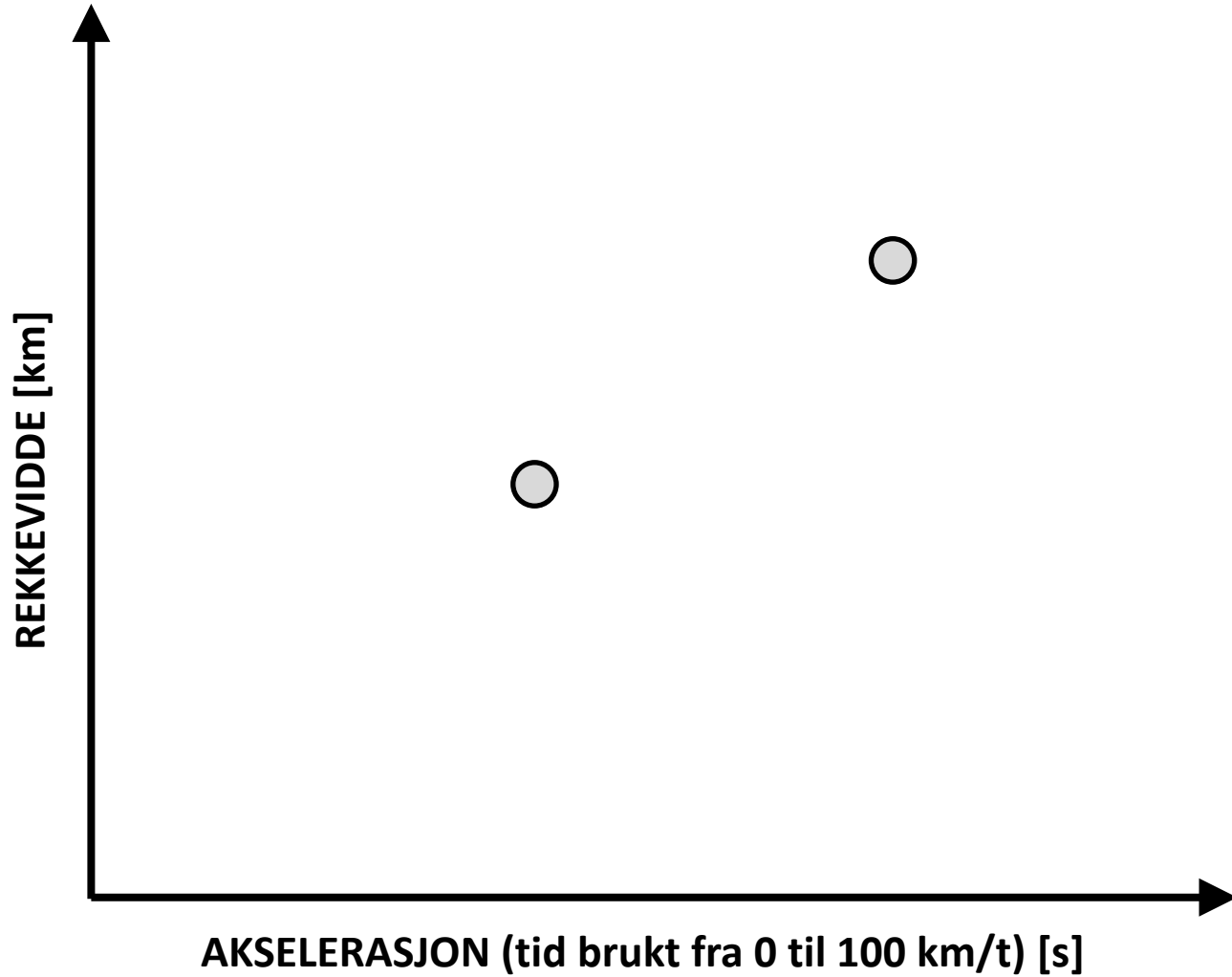


# Multiobjektiv optimalisering av EL-bil?



TESLA MODEL Y

# Multiobjektiv optimalisering av EL-bil?



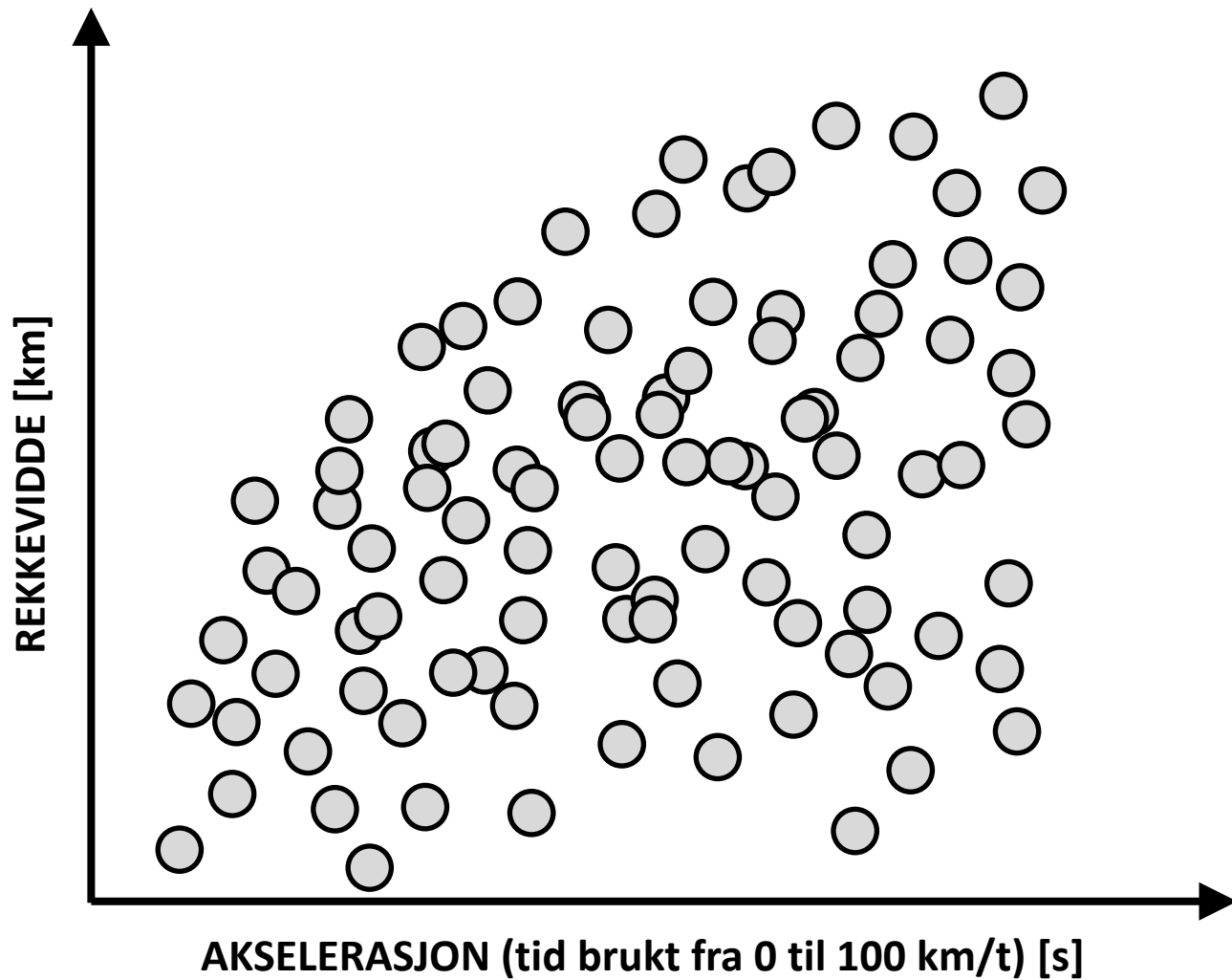
TESLA MODEL Y



NISSAN LEAF



# Multiobjektiv optimalisering av EL-bil?

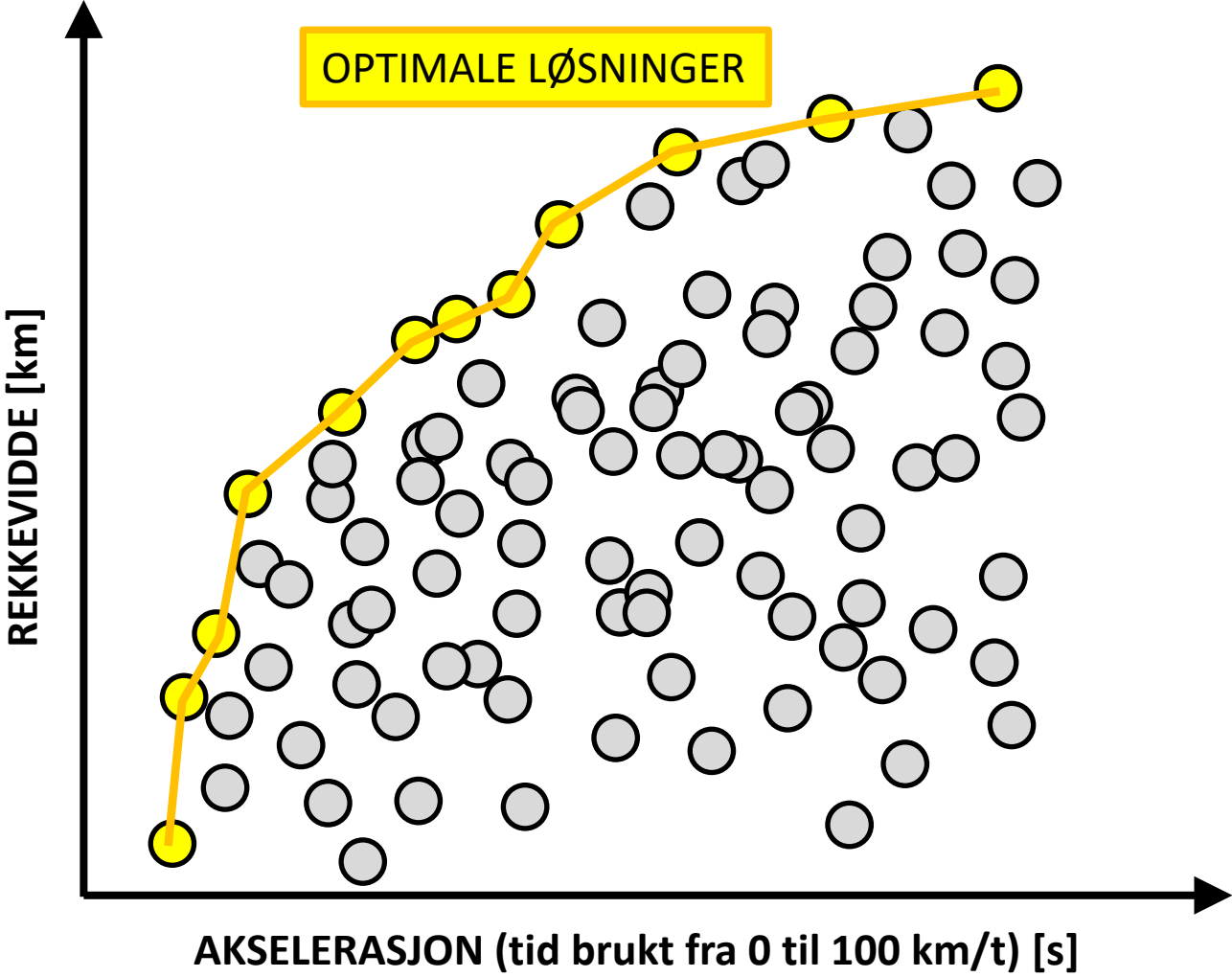


TESLA MODEL Y



NISSAN LEAF

# Multiobjektiv optimalisering av EL-bil?

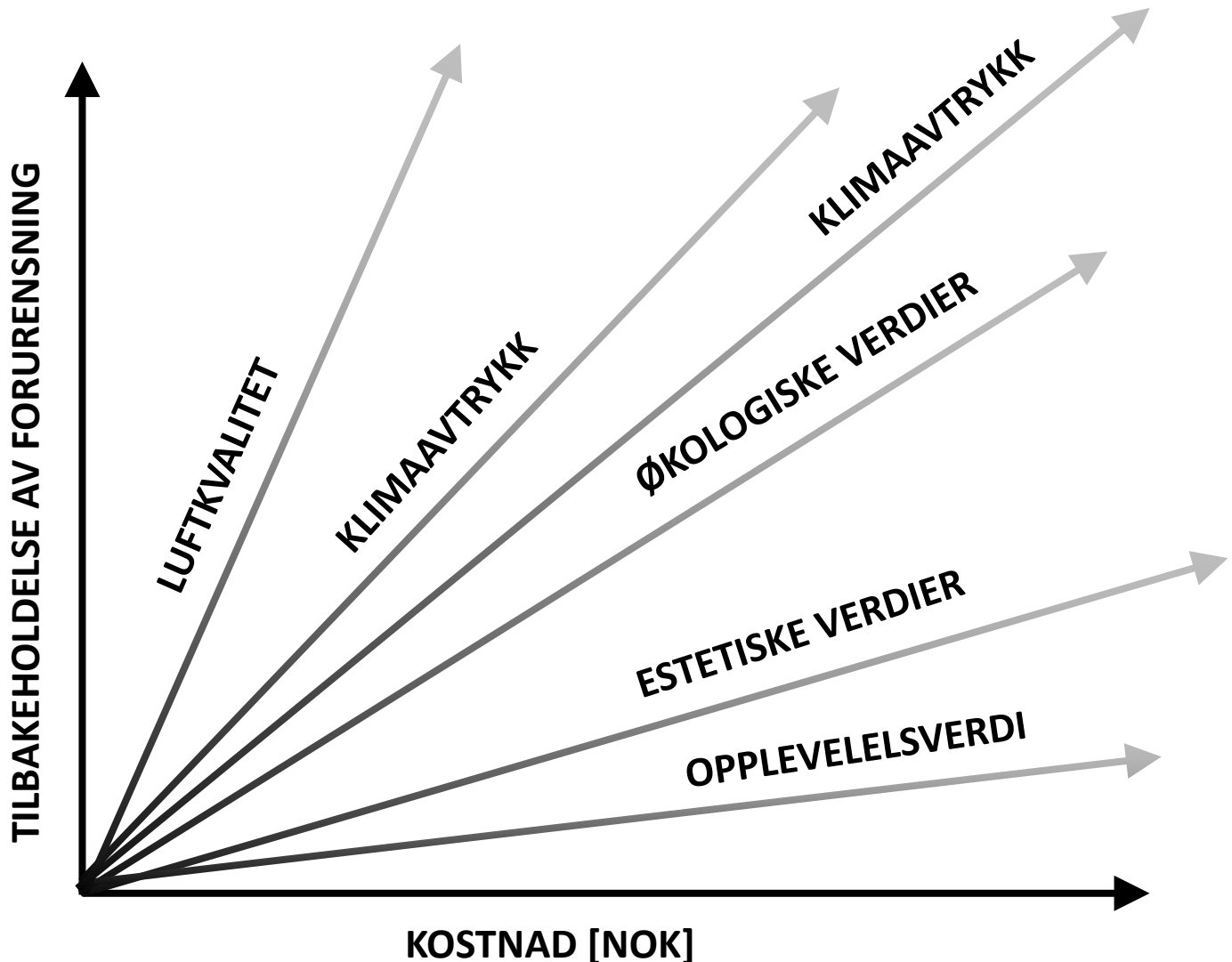


TESLA MODEL Y



NISSAN LEAF

# Multiobjektiv optimalisering av naturbaserte løsninger?





***Jeg er overvann***

***Jeg er ikke et vassdrag - jeg er ingen bekk  
Når regnet har sluttet så er jeg vekk  
Bort til et sluk og ned til et rør  
Eller infiltrert lokalt – slik jeg fortrinnsvis bør***

***Jeg er overvann***

***Jeg har ingen årsikker vannføring  
Men jeg samler opp møkk fra all bilkjøring  
Tungmetaller, mikroplast, søppel og salt  
Prekært det som har størst løselighet, men jeg samler alt***

***Jeg er overvann***

***Jeg vil øke i mengder og frekvenser  
Og jeg akter vil ikke å forholde meg til eiendomsgrenser  
Så når regnet har bøttet ned en god stund  
Må du påregne mitt løp over din grunn***

***Jeg er overvann***

***I dagens by så trist og grå  
Men jeg kan jeg farge byen grønn og blå  
Bare gi meg litt plass - det er kun det som teller  
Og samtidig slipper jeg å fylle opp fru Hansens kjeller***

***Jeg er overvann***

***Jeg er flyktig av natur  
Dog i planfase er jeg kun en bakgrunnsfigur  
Men mange følger meg når det blir skade på bygg  
Eksempelvis - Gjensidige, IF, Sparebank 1 og Trygg***