

# Hvordan forbedre vannutskiftningen i Varildfjorden?

*Bidragstere:*

*Øyvind Leikvin (Akvaplan-niva)*

*Jarle Molvær (Molvær Resipientanalyse)*

*Qin Zhou (Akvaplan-niva)*

*Ole Anders Nøst (Akvaplan-niva)*

# Innledning

*Hvordan forbedre vannutskiftningen i Varildfjorden?*

*Kanal i Klåstadrenna*

*Propell ved Vikerøybrua*

***Tidevannsport ved Vikerøybrua***

***Åpning av østre brufylling ved Vikerøybrua***



# Innhold:

- Innledning
- Data og Modellverktøy
- Resultater
  - A. Hydrodynamikk i Viksfjorden
  - B. Partikkeltransport
- Konklusjon++
- Fjerning av østre brufylling, foreløpige resultater
- Veien videre

# Innledning

## *Hensikt:*

*Undersøke om etablering av tidevannsport kan være en effektiv katalysator for utskiftning av vannmasser i Varildfjorden.*

## *Metode:*

### *Bruke modelleringsverktøy:*

- *Hydrodynamisk modell.*
- *Partikkelsporingsmodell: partikler spres i resultatene fra den hydrodynamiske modellen.*



# Innledning

*Hovedoppgaver:*

***Hvor lang tid tar det før vannmassene forsvinner  
fra Varildfjorden?***

***Hvor lenge oppholder vannmassene seg i  
Varildfjorden?***

***Hvor stor andel av "nye" vannmasser ankommer  
Varildfjorden i løpet av en tidevannssyklus,  
sammenliknet med hele vannvolumet av  
Vardilfjorden?***



# Kart, indre Viksfjorden

Kartkilde: [www.gulesider.no](http://www.gulesider.no)





# Modellverktøy

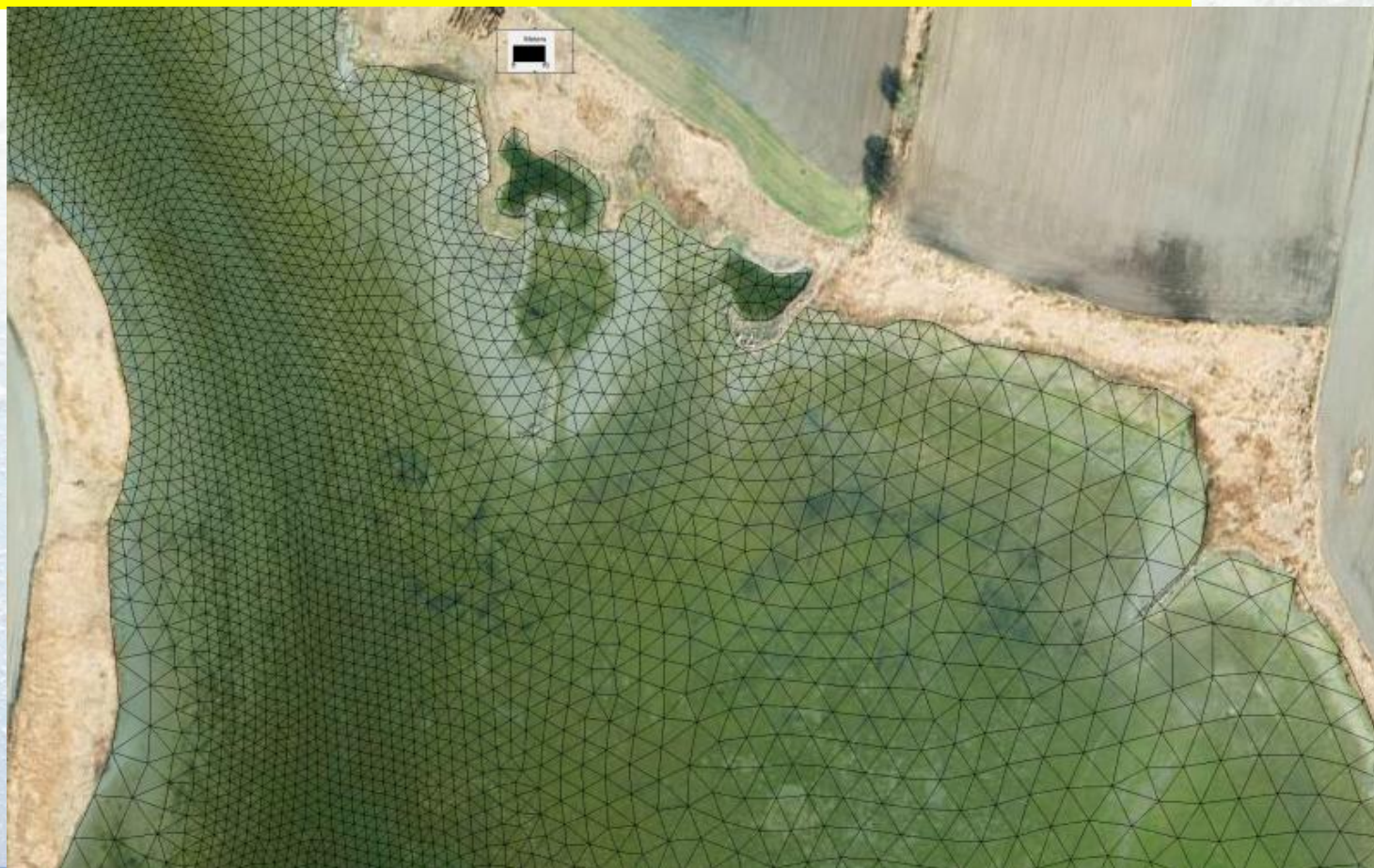
## Hydrodynamisk modell = FVCOM

Finite Volume Community Ocean Model

1 - 30 m  
oppløsning

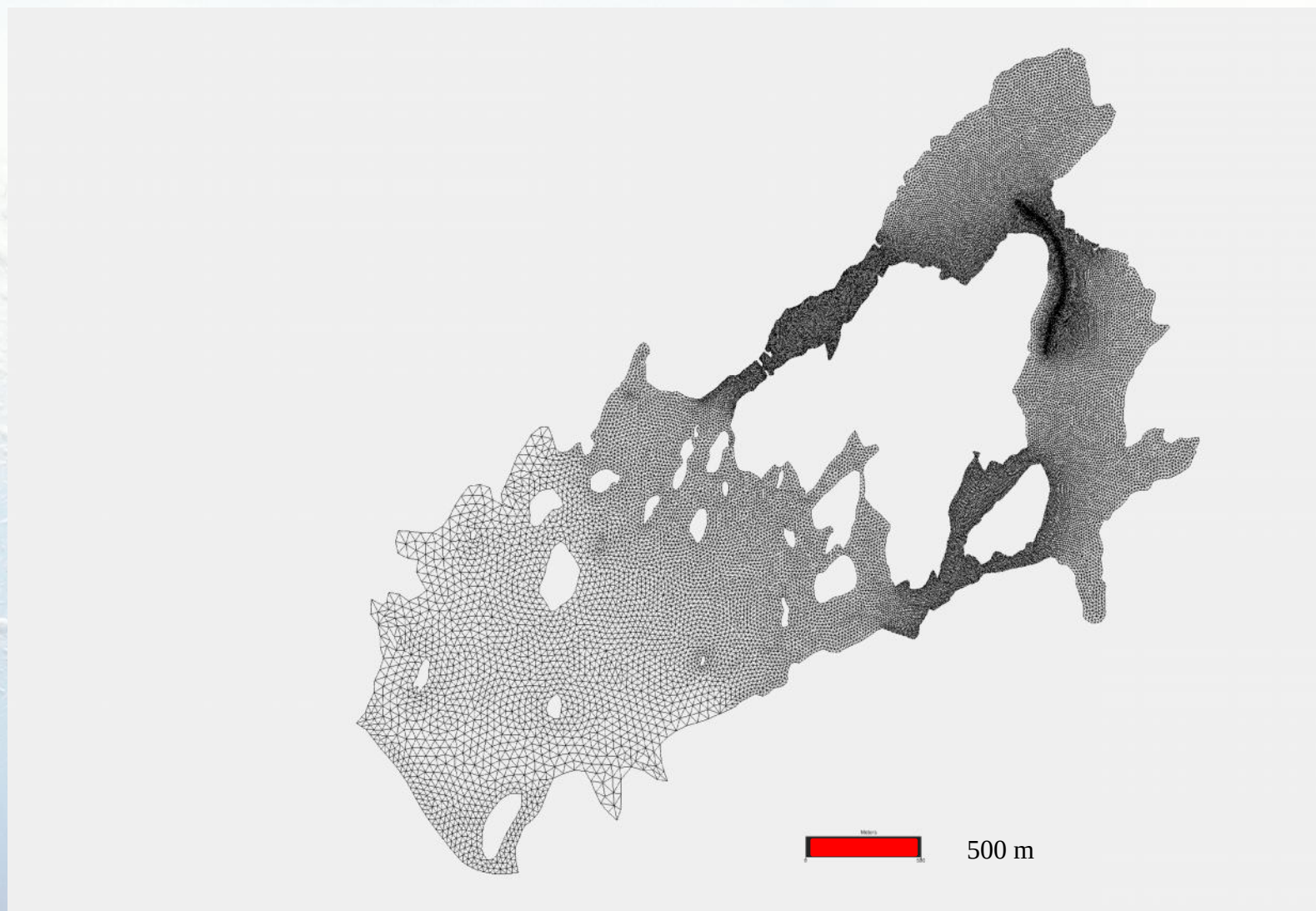
2D

Ustrukturert grid



# Ustrukturert grid, Viksfjorden

## (FVCOM & FISCN)





# Drivkrefter til strøm-modell:

(FVCOM & FISCM)

***Tidevann***sdata for nærområdet  
(Statens kartverk, Sjøkartverket)

*Har sjekket med strømmålinger at tidevannet er viktigste drivkraft bak strømvariasjonen.*

*Andre drivkrefter, som **ikke** er inkludert:*

- **Vind**
- **Atmosfærisk trykk**
- **Estuarin sirkulasjon (ferskvannsdrevet sirkulasjon)**

# Modellverktøy

## Partikkeltransport-modell = FISCM

FVCOM *i*-State Configuration Model

16 partikler slippes ut hver time, fra 10 ulike posisjoner rundt om i indre deler av Viksfjorden.

Partiklene får 2000 timer til å spre seg utover hele Viksfjorden (drøye 83 dager).

Analysen starter, og varer i nye drøye 83 dager.



# Tidevannsport ved Vikerøybrua



Utstrømmende tidevann,  
åpen port



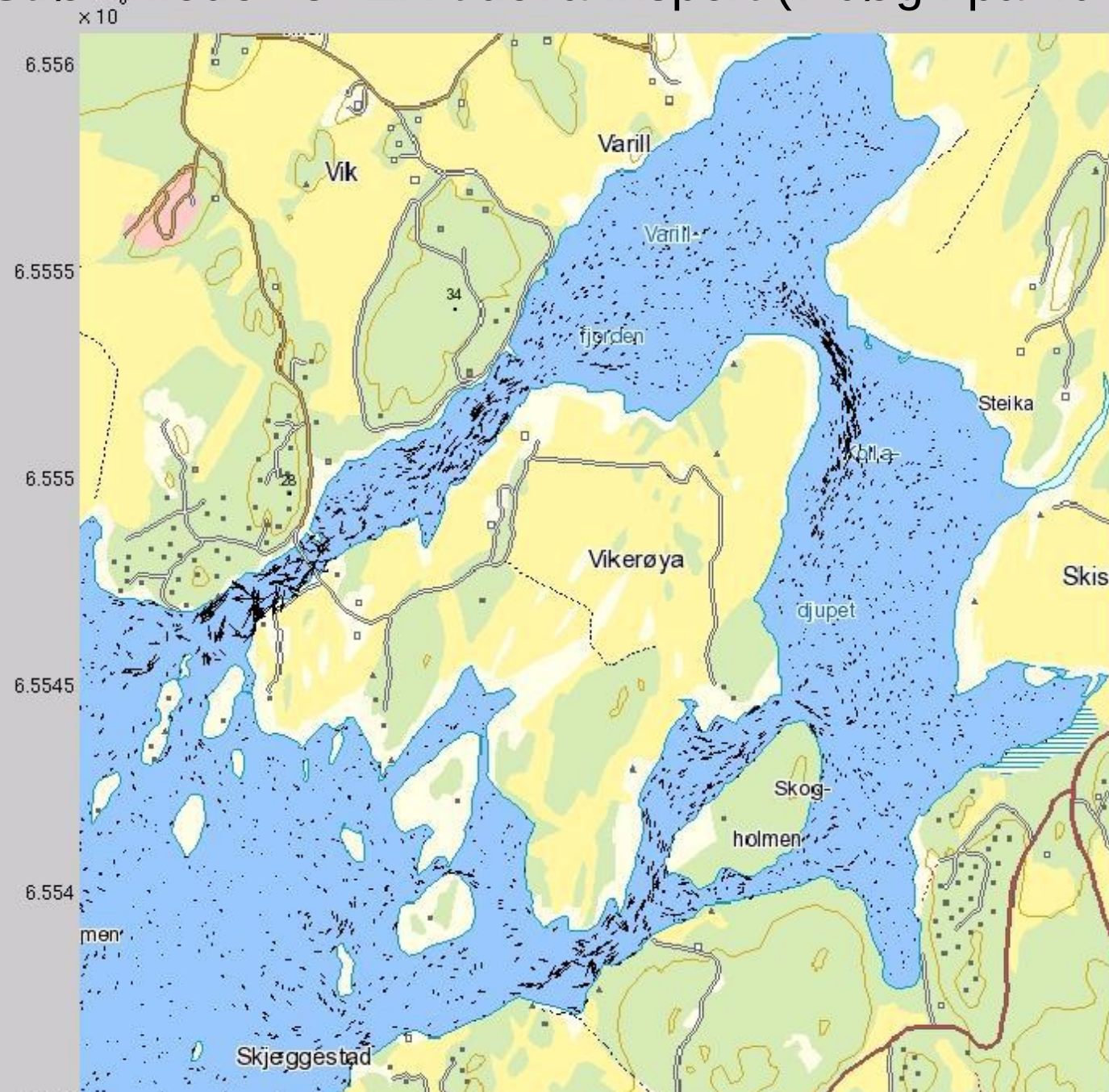
Innstrømmende tidevann,  
lukket port ved Vikerøybrua



# Resultater

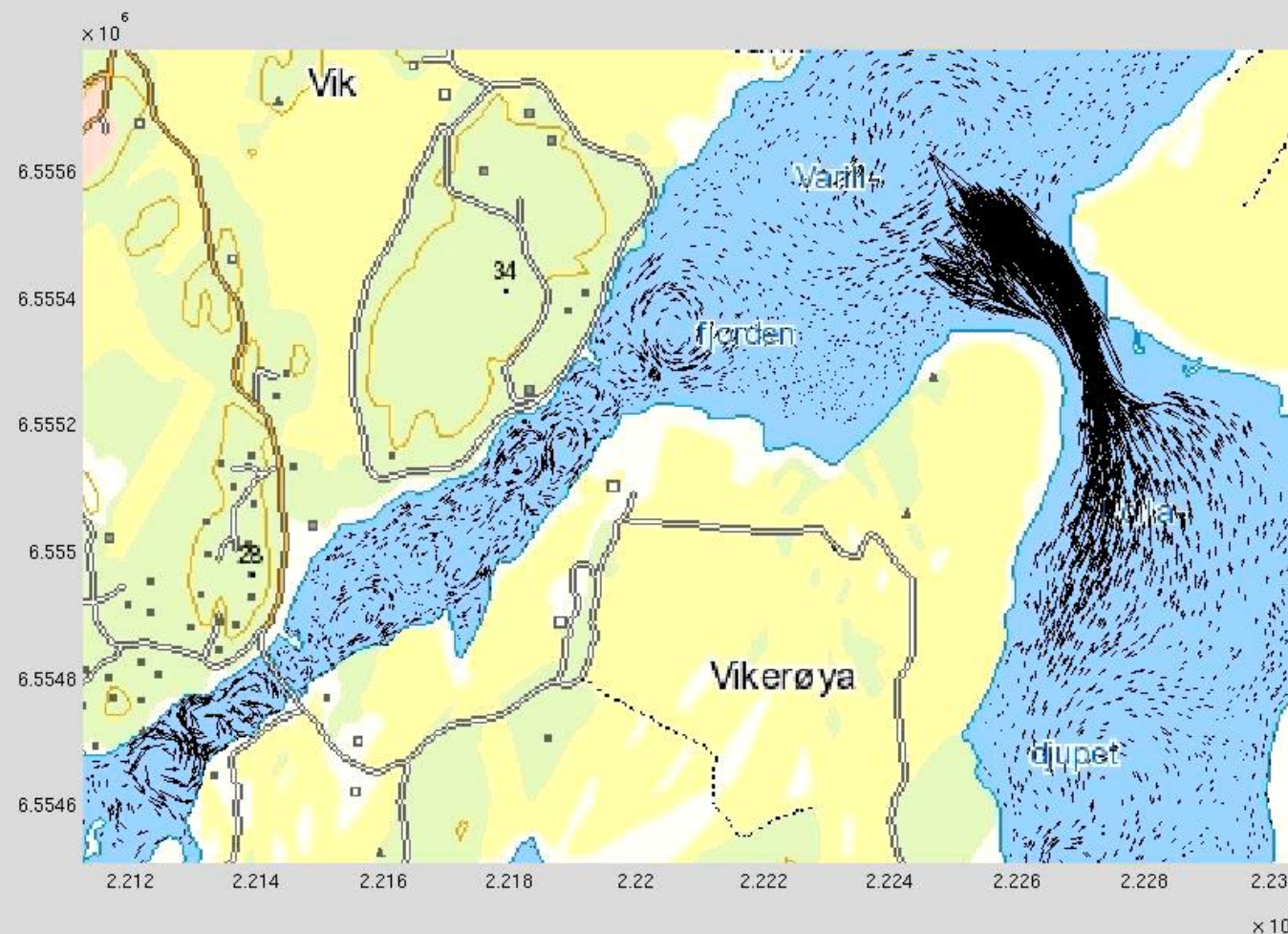


# Strømmodell UTEN tidevannsport (7 døgn på 40 s)



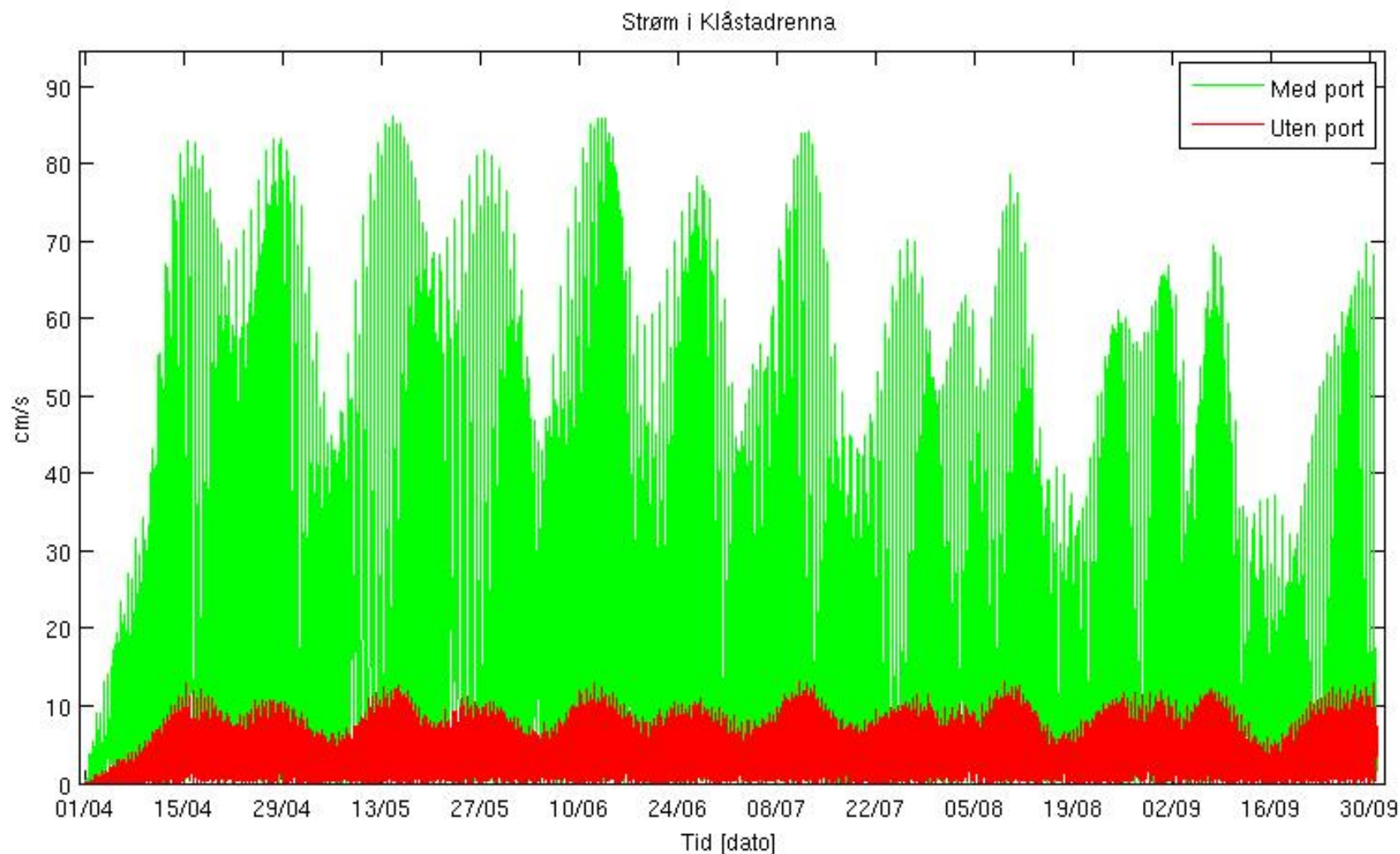


# Strømmodell MED tidevannsport (7 døgn på 40 s)





# Økte strømmer ved innstrømmende tidevann i Klåstadrenna



# Resultater

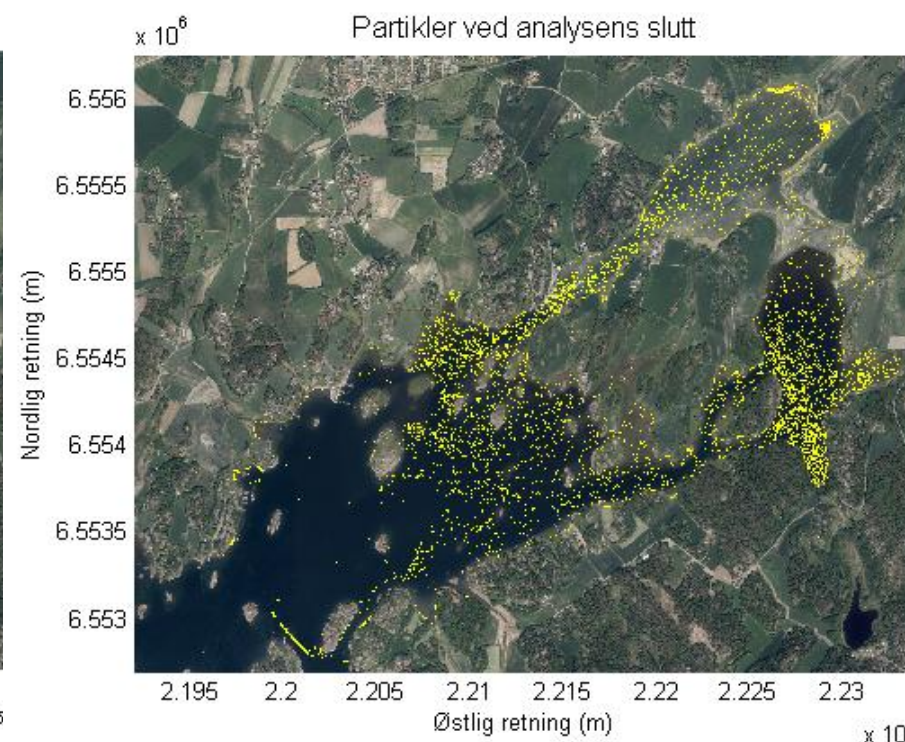
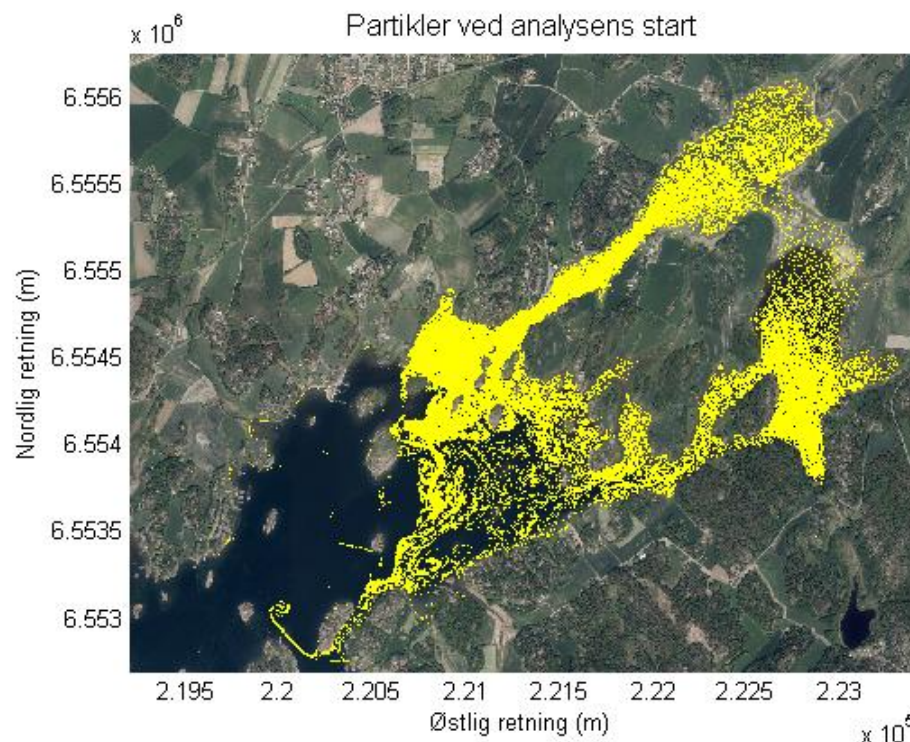
**Partikkelsporing =**  
**Hvor drar vannmassene?**



# Partikkel-sporingsmodell = FISCAM

Sånn ser det ut ved start av analyse. Partikler er spredt utover hele Viksfjorden.

Sånn ser det ut etter ved slutt av analyse. De fleste partiklene er borte fra indre Viksfjorden.





# Partikkeltransport-modell = FISCAM, UTEN TIDEVANNSPORT



(1 partikkel per time, i 8 dager)



# Partikkeltransport-modell = FISCO, ████ MED tidevannsport



(1 partikkel per time, i 8 dager)

# Resultater

**Hvor lang tid tar det før  
halvparten av partiklene i  
Varildfjorden er forsvunnet?**

Uten tidevannsport:

Ca. 260 timer  $\approx$   
11 døgn

Med tidevannsport:

Ca. 30 timer  $\approx$   
1,25 døgn



# Resultater

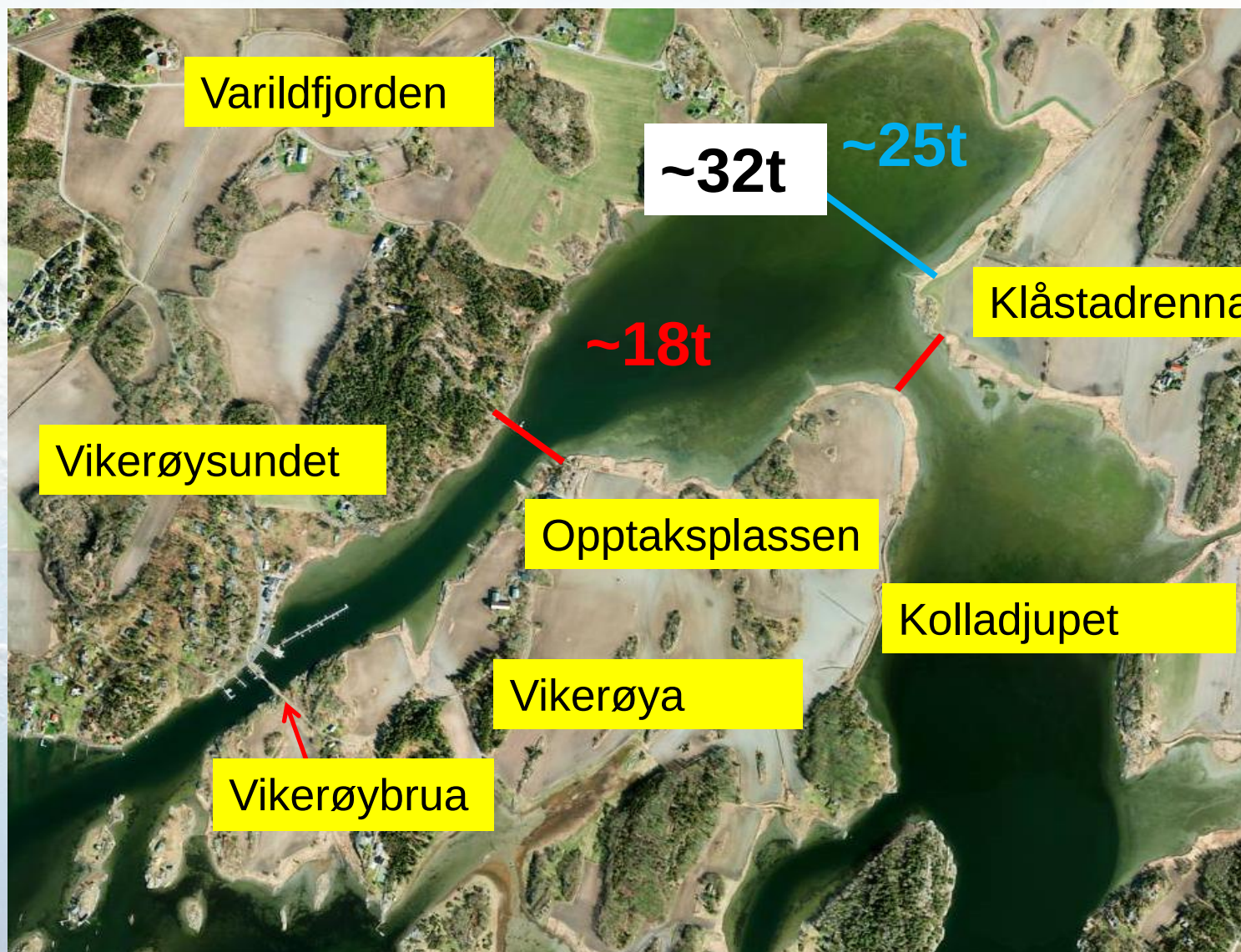
## Hvor lang tid oppholder partiklene seg i Varildfjorden

Gjennomsnittlig oppholdstid,  
utfra ca. 40 000 partikler:

**Ca. 32 timer**



# Oppholdstider, Varildfjorden



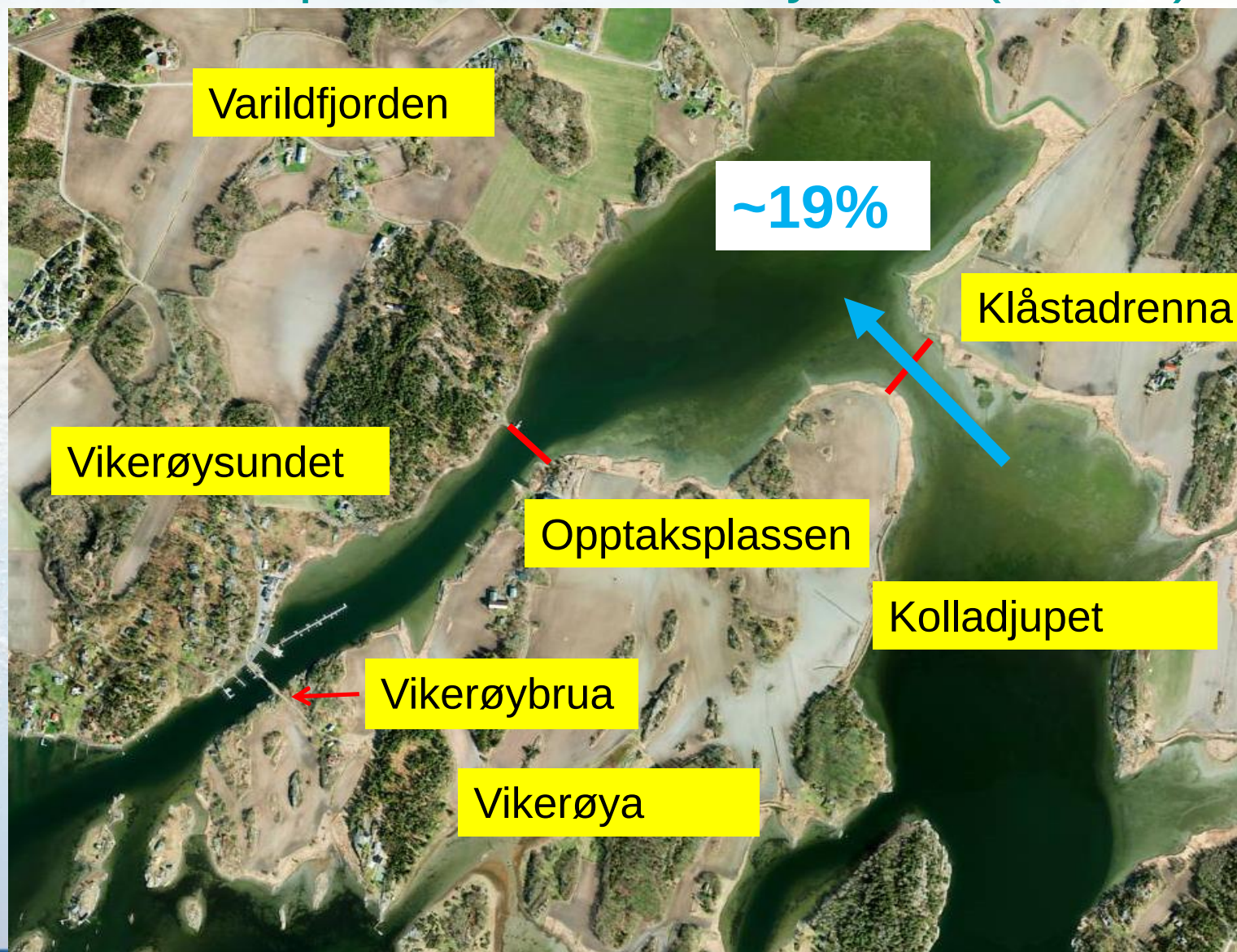
Uten port:  
~ 46t

~ 54t

~ 17t



# Innkommende andel av "nye" vannmasser per tidevannssyklus (~12 t)



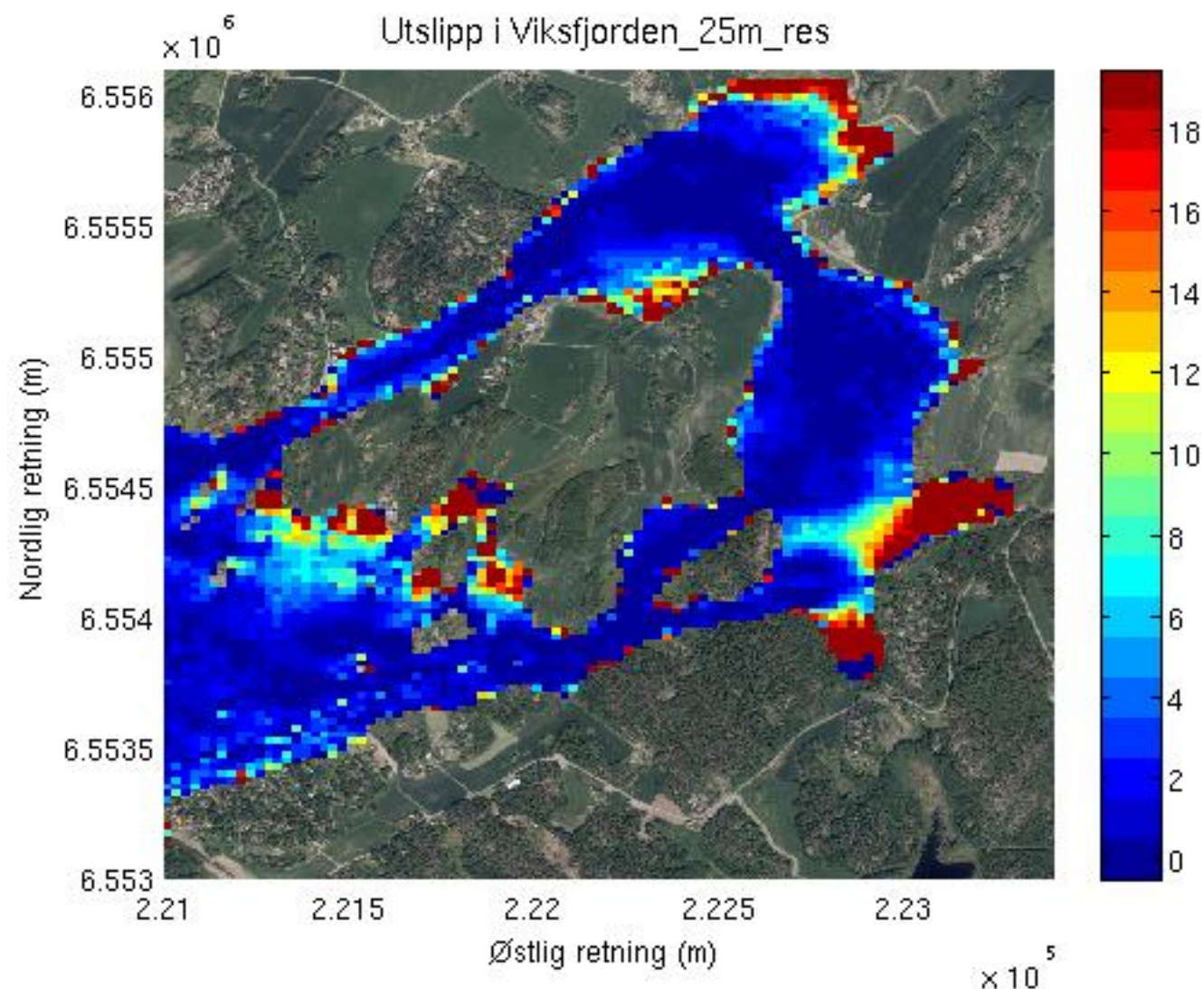
Uten port:  
~9 %



# Gjennomsnittlig oppholdstid i små gridceller

Lang oppholdstid  
i røde områder!

Tilnærmet  
samme  
mønster uten  
tidevannsport.





# Høy bunnfriksjon i sommerhalvåret vil trolig ytterligere øke oppholdstiden i Varildfjorden

En eventuell tidevannsport antas å være enda mer effektiv i å bidra til økt utskiftning av vannmasser, dersom det allerede er dårlig vannutskiftning.



# Konklusjoner:

- Halveringstid for vannmassen inne i Varildfjorden MED tidevannsport er redusert 9 ganger i forhold til UTEN tidevannsport.
- Mer enn fordobling av mengde nye vannmasser i forhold til uten tidevannsport, per tidevannsinnsstrømning.
- Oppholdstid i Varildfjorden MED tidevannsport er omtrent 30 timer, i **gjennomsnitt**. Nesten halvering i forhold til UTEN tidevannsport
- Lengst oppholdstid innerst i bukta i nord, kortest midt i sundet, og nær Opptaksplassen.
- Omtrent ingen returnering av vannmasser!



# Forutsetninger

***Vannkvaliteten i ytre deler av Viksfjorden er bedre enn i Varildfjorden***

*(alle målinger som er utført bekrefter dette, i mer eller mindre grad!)*

***Klåstadrenna må være åpen!***

# Bivirkninger

***Tidvis stengt for båttrafikk ved Vikerøybrua (6 timer om gangen)!***

***Erosjon i Klåstadrenna. Dersom vannet styres i retning mot klokka, vil deponeringsmateriale fra Klåstedrenna sannsynligvis deponeres i Varildfjorden.***



# Tidevannsport – en bærekraftig idé?

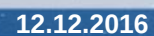
- Modellsimuleringer med partikkeltransport indikerer at tidevannsporten omtrent **fordobler** tilførselen av "**nye vannmasser**" til området innenfor Vikerøybrua
- Skisseberegninger, med resultater fra partikkeltransport-modellering: Estimert økning av andel "nye vannmasser" fra ca. 9 % til ca. 19 %, altså ca. **10 % økning av "nye vannmasser" med tidevannsport, i forhold til volumet mellom Vikerøybrua og Klåstadrenna, per tidevannsinnsstrømning.**
- For at tidevannsporten skal fungere, så MÅ Klåstadrenna være åpen! Biprodukt=naturlig erodering av Klåstadrenna.
- Etablering av tidevannsport er antatt og beregnet til å være en effektiv **katalysator for utskiftning av vannmasser** i Varildfjorden.

# Fjerning av østre fylling av Vikerøybrua

Har innsnevringen av Vikerøybrua forårsaket dårligere vannutskiftning i Varildfjorden, og dermed forverret ålegressets levekår?

Akvaplan-niva har fjernet østre fylling av Vikerøybrua i modellen, og gjennomført samme analyser for halveringstider, oppholdstider og nye vannmasser.





# Foreløpige resultater

(Fjerning av østre fylling av Vikerøybrua)

**Halveringstid:**

**Noe reduksjon ift. nåsituasjon**

**Oppholdstid:**

**Reduksjon ift. nåsituasjon**

**Andel nye vannmasser per  
tidevannsinstrømning:**

**Økning ift. nåsituasjon**



# Foreløpig konklusjon

(Fjerning av østre fylling av Vikerøybrua)

Har generelt positiv effekt på vannutskiftning i Varildfjorden, men begrenset.

- kan ikke måle seg med tidevannsport, men er "naturlig".
- Må analyseres mer inngående!

# Veien fremover:

- 1. Sette inn tidevannsport i eksisterende 2D-modell.**
- 2. Få veiledende tall på vannutskiftning/ oppholdstider, beregnet av modell, med tidevannsport.**
3. Kjøre 3D-modell med klimatologi (salt og temperatur) og vind, uten og med tidevannsport (3D-effekter med i bildet). Vil da redusere usikkerheter og få enda mer realistisk hydrodynamikk og vannutskiftning. Får et sikrere resultat på effekt av tidevannsport.
4. Teste mot og/ eller kalibrere bunnfriksjon.
5. Ønskelig med flere målinger for verifisering av modell (helst i simuleringsperiode).



# Ta-med-hjem-beskjed:

## Tidevannsport er antatt og beregnet til å være en bærekraftig idé, for Varildfjorden.

Fjerning av østre brufylling ser ut til å ha en positiv  
effekt. Må analyseres grundigere!

*Men vanskelig å forutsi, og forutsetter for eksempel mer gunstig  
vannkvalitet for ålegress i ytre deler av Viksfjorden, sammenlignet med  
Varildfjorden.*

*Må uansett kombineres med andre tiltak!  
Viktig å få redusert tilførsel av næringssalter!*

# Takk for oppmerksomheten!

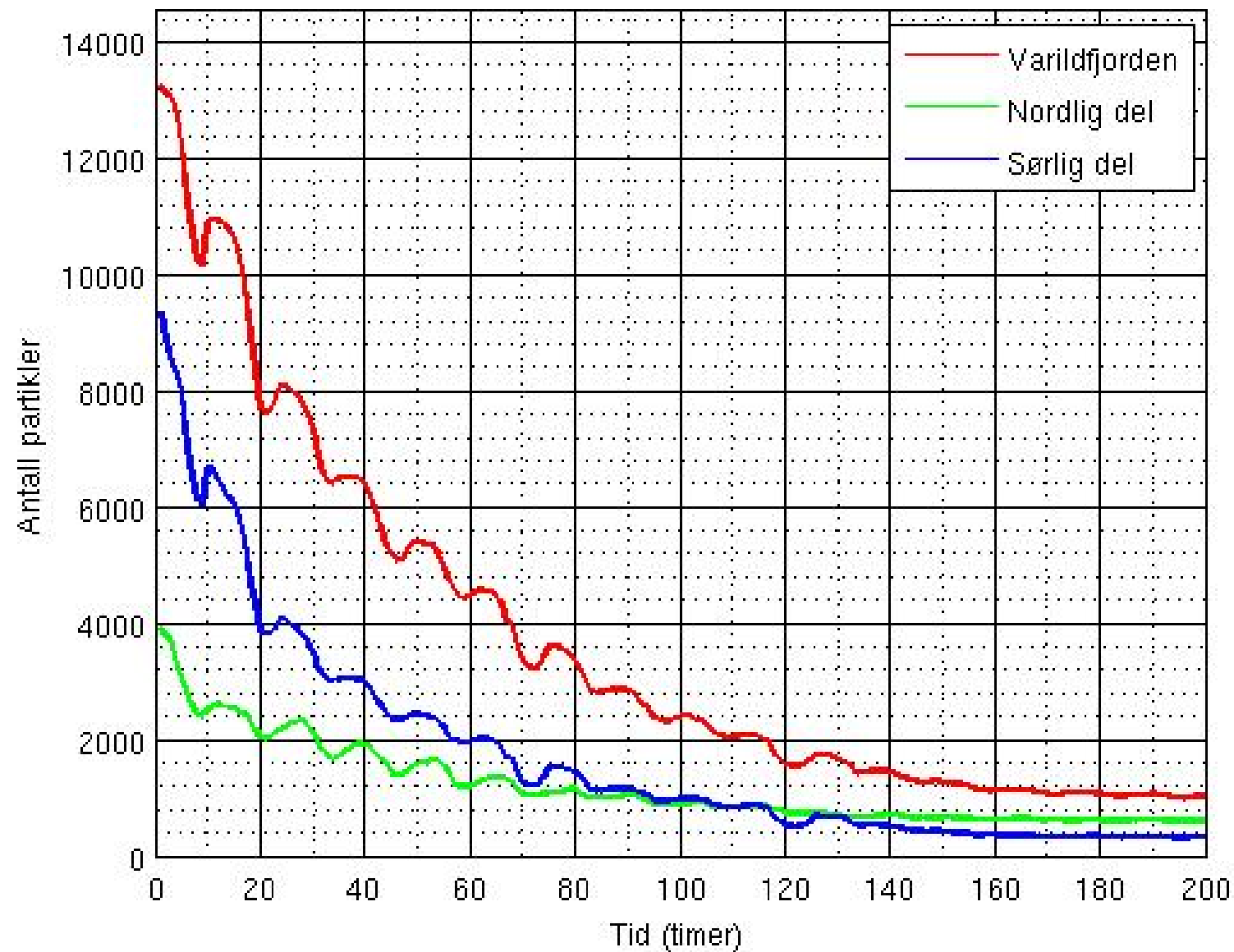
## Og fortsatt god adventstid!



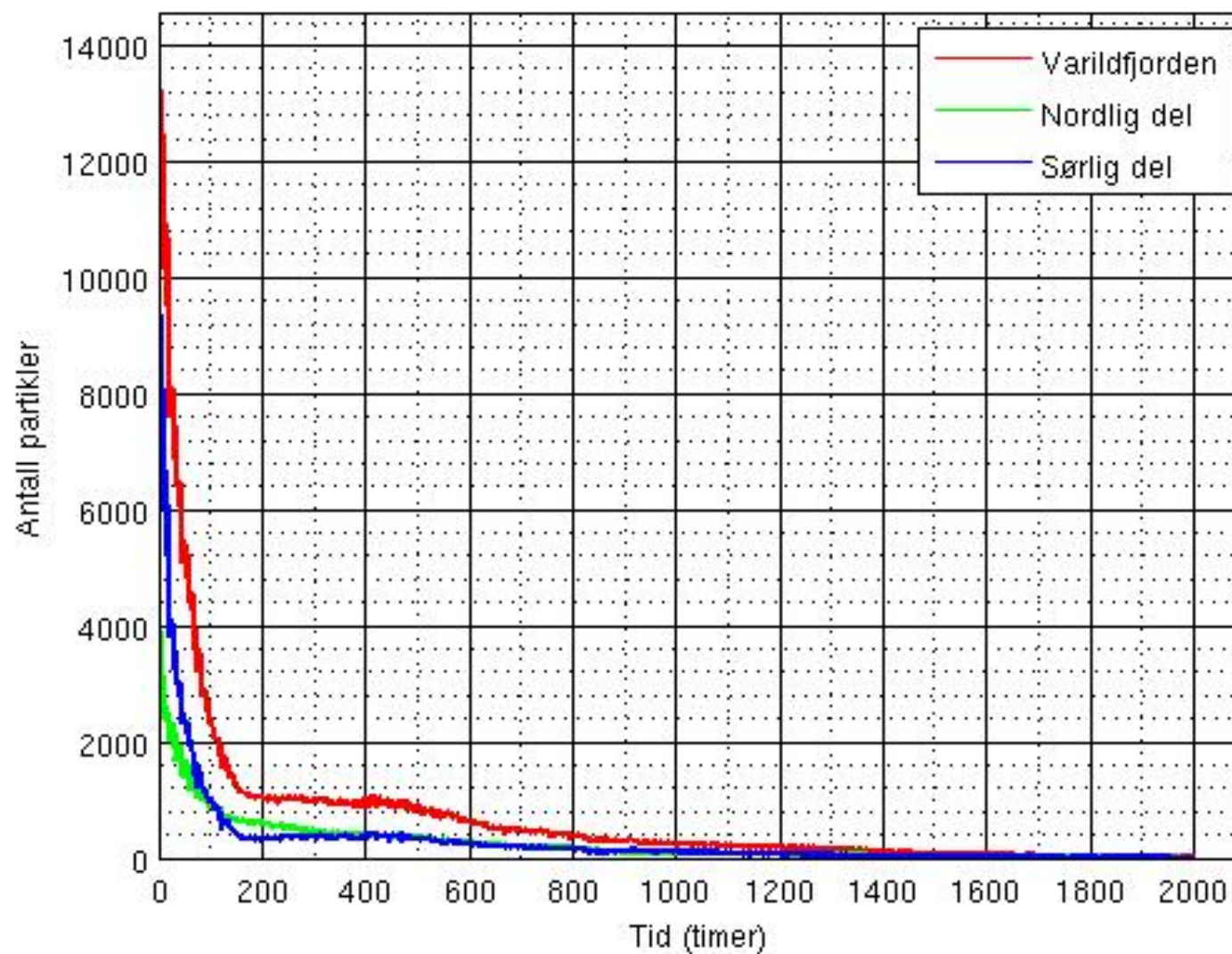




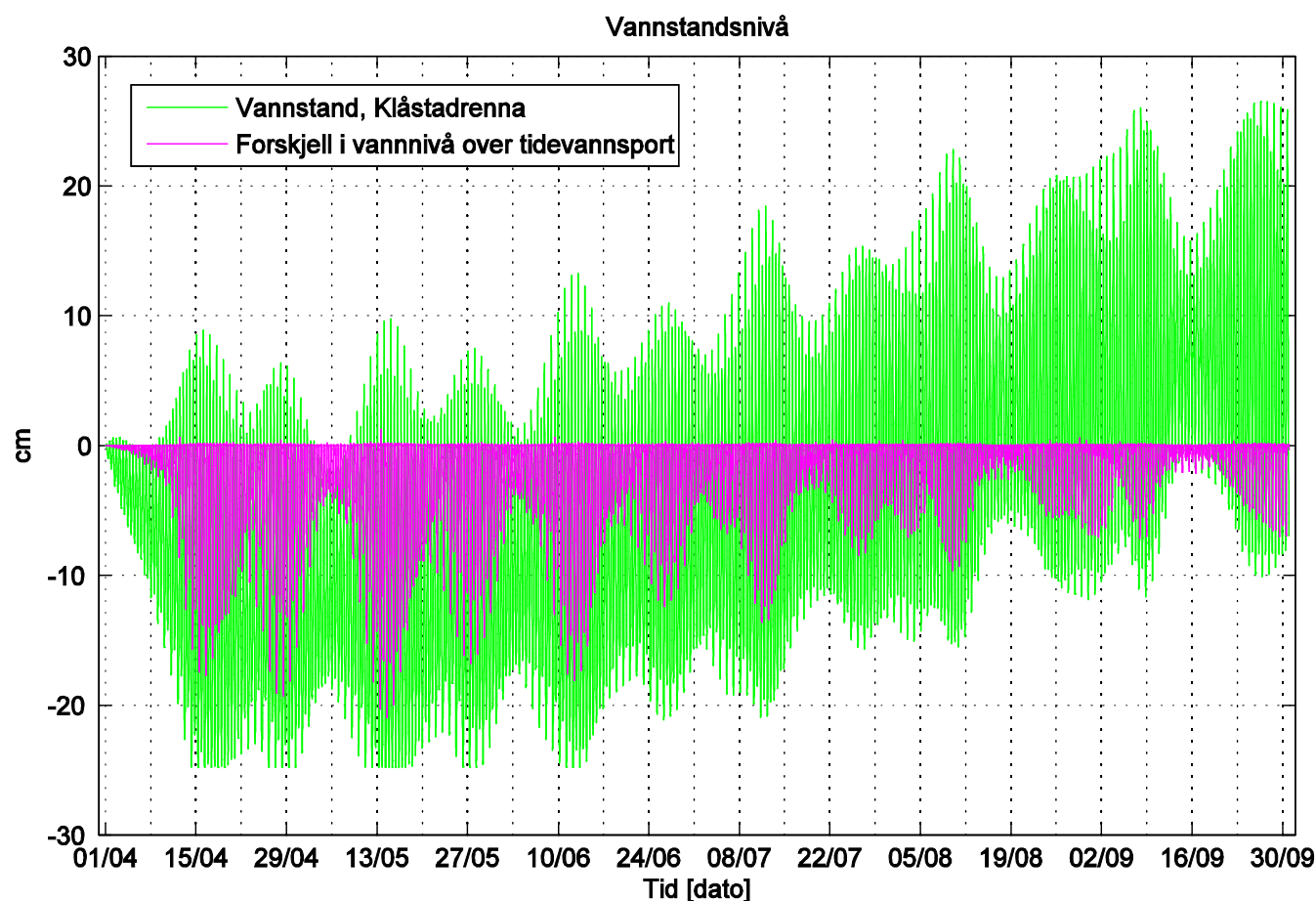
# Resultater







# Vannstandsforskjell over tidevannsport



Antakeligvis  
 $\approx 5\text{-}10\text{ cm}$ .

Men kan bli  
opp til 70 cm,  
dersom  
Klåstadrenna  
løper tørr!

Styrke-  
beregninger:  
10 cm gir ca.  
60 kN  
(statisk)



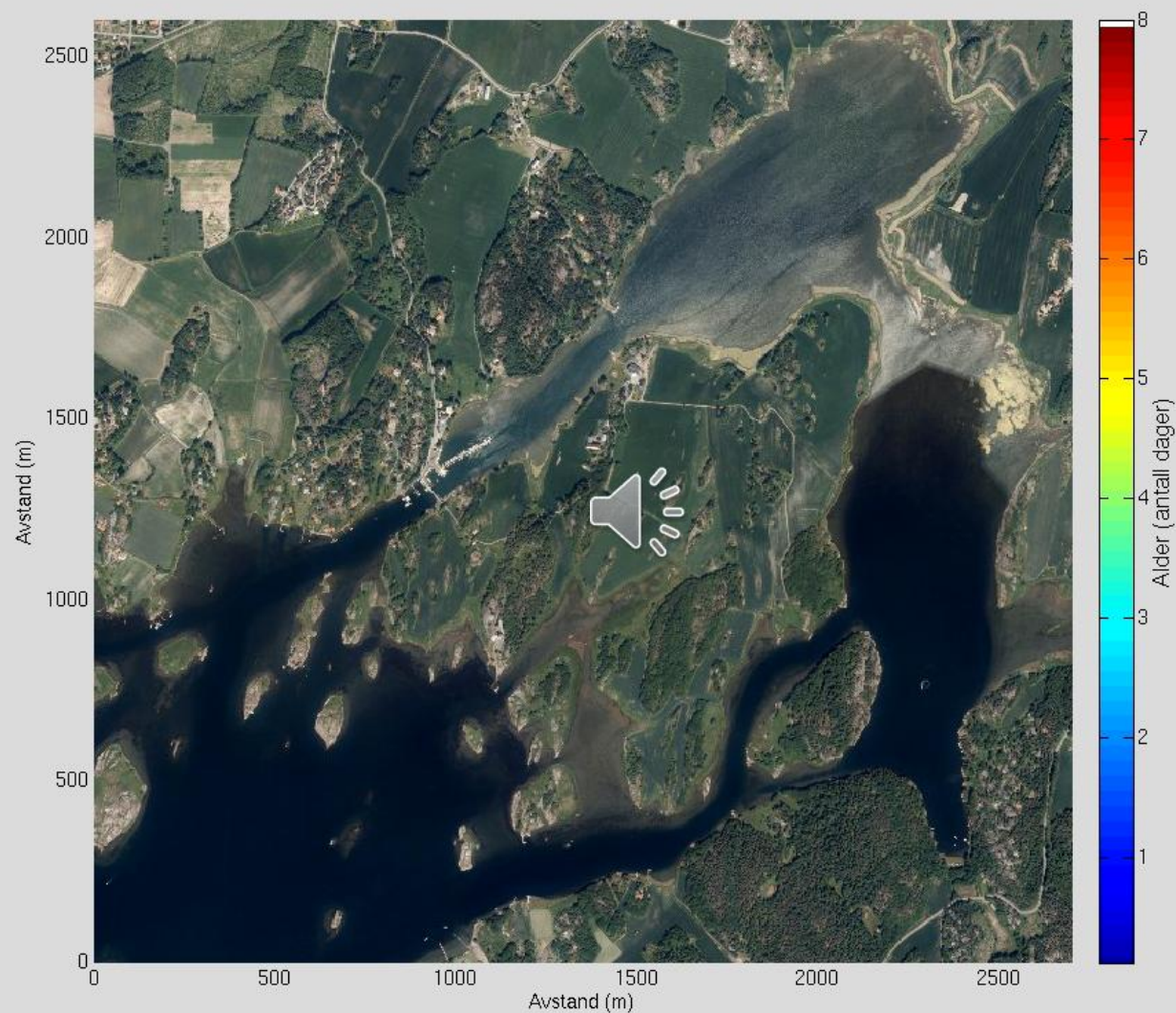
# Hydrodynamisk modell = FVCOM (7 døgn på 40 s)





# Partikkeltransport-modell = FISCAM

(1 partikkel per 6. time, med 8 dagers timers levetid)





# Tidevannsport – en bærekraftig idé

Fra tidligere arbeid (Leikvin & Molvær, 2015):

Tabell 1: Oversikt over resultatene fra skisserende beregninger over mengden av nytt vann som kommer til området mellom Vikørøybrua og Klåstadrenna for hver tidevannsyklus (12.42 timer).

| Volumtransport av "nytt" vann inn i Varildfjorden, mellom Vikørøybrua og Klåstadrenna (m <sup>3</sup> ) |                                               | Prosentandel med "nytt" vann til Varildfjorden |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                                                                                         |                                               | 10%                                            | 20%     | 30%     | 40%     | 50%     | 60%     | 70%     | 80%     | 90%     |
| Nulltiltak                                                                                              | Klåstadrenna                                  | 2 100                                          | 4 200   | 6 300   | 8 400   | 10 500  | 12 600  | 14 700  | 16 800  | 18 900  |
|                                                                                                         | Vikørøybrua                                   | 17 100                                         | 34 200  | 51 300  | 68 400  | 85 500  | 102 600 | 119 700 | 136 800 | 153 900 |
|                                                                                                         | Totalt                                        | 19 200                                         | 38 400  | 57 600  | 76 800  | 96 000  | 115 200 | 134 400 | 153 600 | 172 800 |
| Lukkeport ved flo sjø (med klokka)                                                                      | Klåstadrenna                                  | 2 100                                          | 4 200   | 6 300   | 8 400   | 10 500  | 12 600  | 14 700  | 16 800  | 18 900  |
|                                                                                                         | Vikørøybrua                                   | 171 000                                        | 171 000 | 171 000 | 171 000 | 171 000 | 171 000 | 171 000 | 171 000 | 171 000 |
|                                                                                                         | Totalt                                        | 173 100                                        | 175 200 | 177 300 | 179 400 | 181 500 | 183 600 | 185 700 | 187 800 | 189 900 |
|                                                                                                         | Prosentvis økning sammenliknet med nulltiltak | 902 %                                          | 456 %   | 308 %   | 234 %   | 189 %   | 159 %   | 138 %   | 122 %   | 110 %   |
| Lukkeport ved fjære sjø (mot klokka)                                                                    | Klåstadrenna                                  | 173 100                                        | 175 200 | 177 300 | 179 400 | 181 500 | 183 600 | 185 700 | 187 800 | 189 900 |
|                                                                                                         | Vikørøybrua                                   | 0                                              | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|                                                                                                         | Totalt                                        | 173 100                                        | 175 200 | 177 300 | 179 400 | 181 500 | 183 600 | 185 700 | 187 800 | 189 900 |
|                                                                                                         | Prosentvis økning sammenliknet med nulltiltak | 902 %                                          | 456 %   | 308 %   | 234 %   | 189 %   | 159 %   | 138 %   | 122 %   | 110 %   |