



NVE

# FORPROSJEKT SIKRINGSTILTAK VOSSOVASSDRAGET

## Presentasjon av forprosjektet og Veggen vidare

Siss-May Edvardsen  
fung.regionsjef

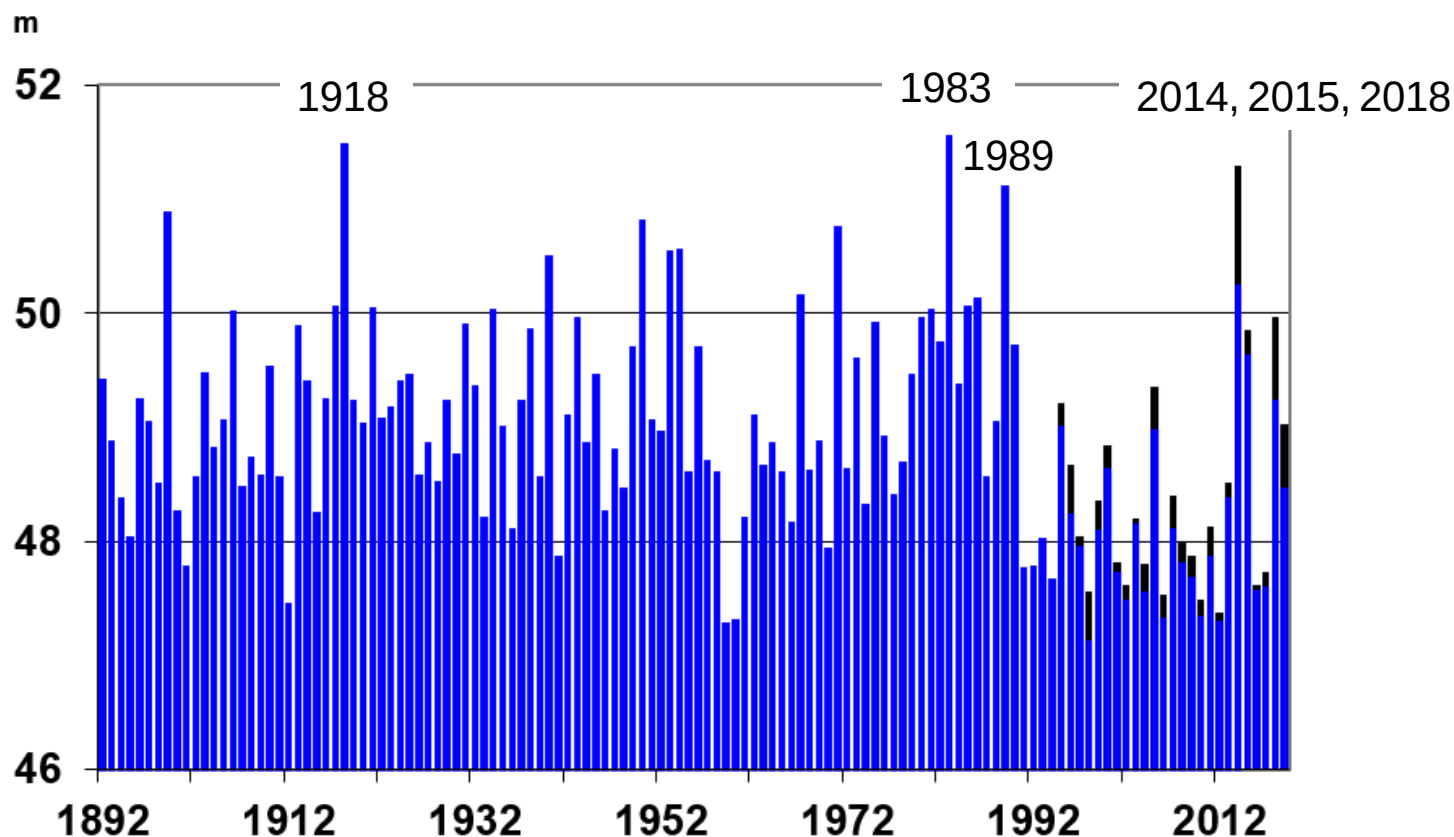
Hallvard Berg  
seksjonssjef



- Sweco Norge AS
  - Prosjektleder Nils Andreas Loland
  - Hydraulikk Samuel Vingerhagen
- Multiconsult AS
  - Nils Roar Sælthun
- NVE
  - Seksjonsleder Hallvard Berg
  - Prosjektleder Eirik Traae
  - Prosjektleder Siss-May Edvardsen

# Vangsvatnet – Bulken vasstander

Årlig maksimal vannstand, Vangsvatnet



Vangskyrkja  
1743:  
«man kunne  
ro i båt til  
alteret»



1743  
1719 1745 1790



1865-66  
senking  
av utløpet

1991  
senking  
av utløpet



# Agenda

- Sweco
  - Flaumsonekart Voss og Evanger
  - Hydrologi og hydraulikk
  - Silingsrapport
  - Forprosjekt
- Multiconsult
  - Nyttevurdering
- NVE
  - Veggen vidare
- Spørsmål og diskusjon





## Forprosjekt Vossovassdraget

- Hydrologi
- Laserscanna botntopografi
- Modelloppsett HecRas og RiverFlow 2D
- Vannlinjenotat og Flomsonekart
- Ingeniørgeologi og Hydrauliske simuleringar av tunnelalternativ
- Hydrogeologi og Geoteknikk
- Konstruksjon, kulturminner, veg og landskap
- Silingsrapport og Forprosjektrapport

# HYDROLOGI OG HYDRAULIKK

## Lysbilde 6

---

LNA1

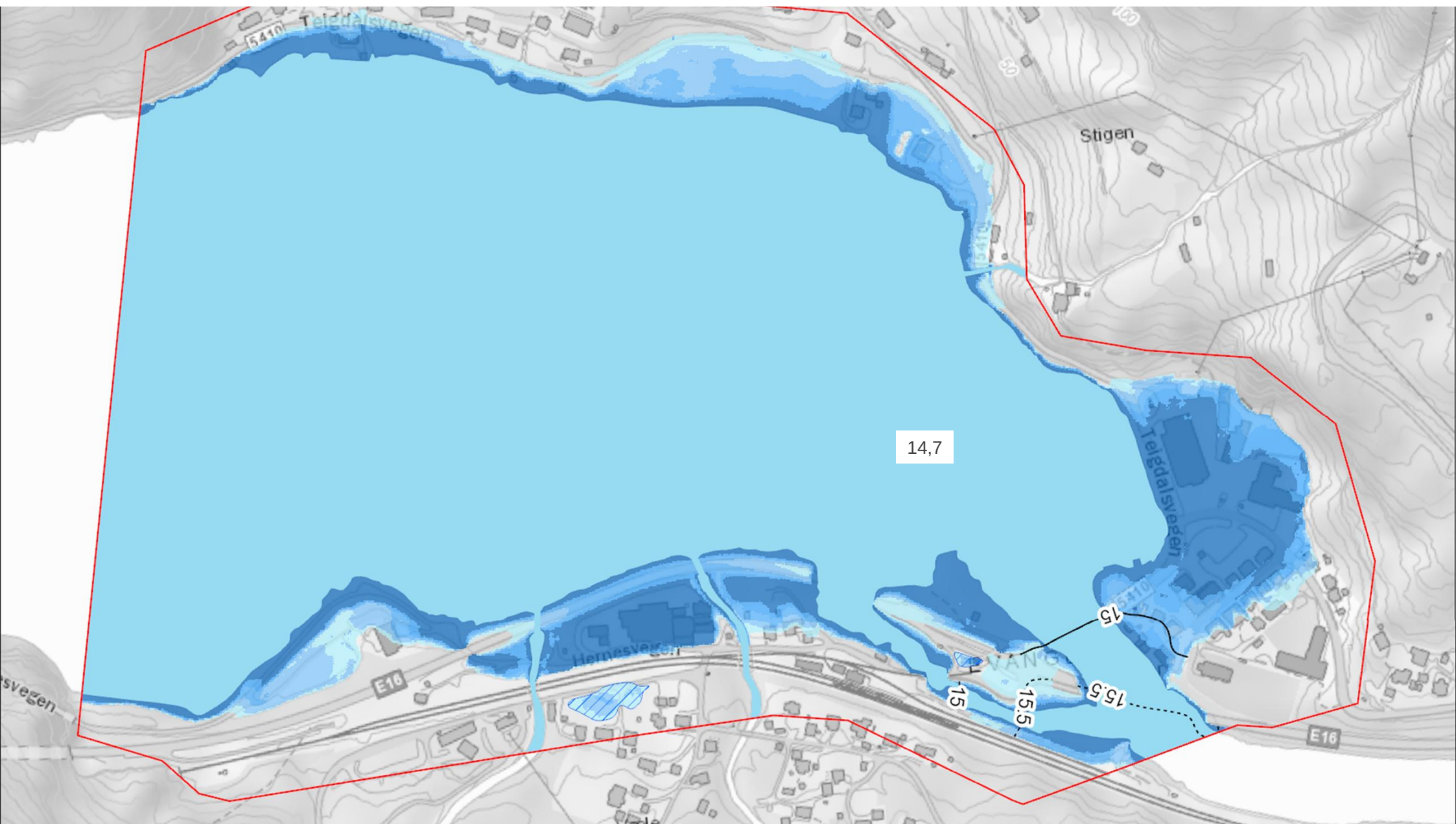
Loland, Nils Andreas; 16.06.2020

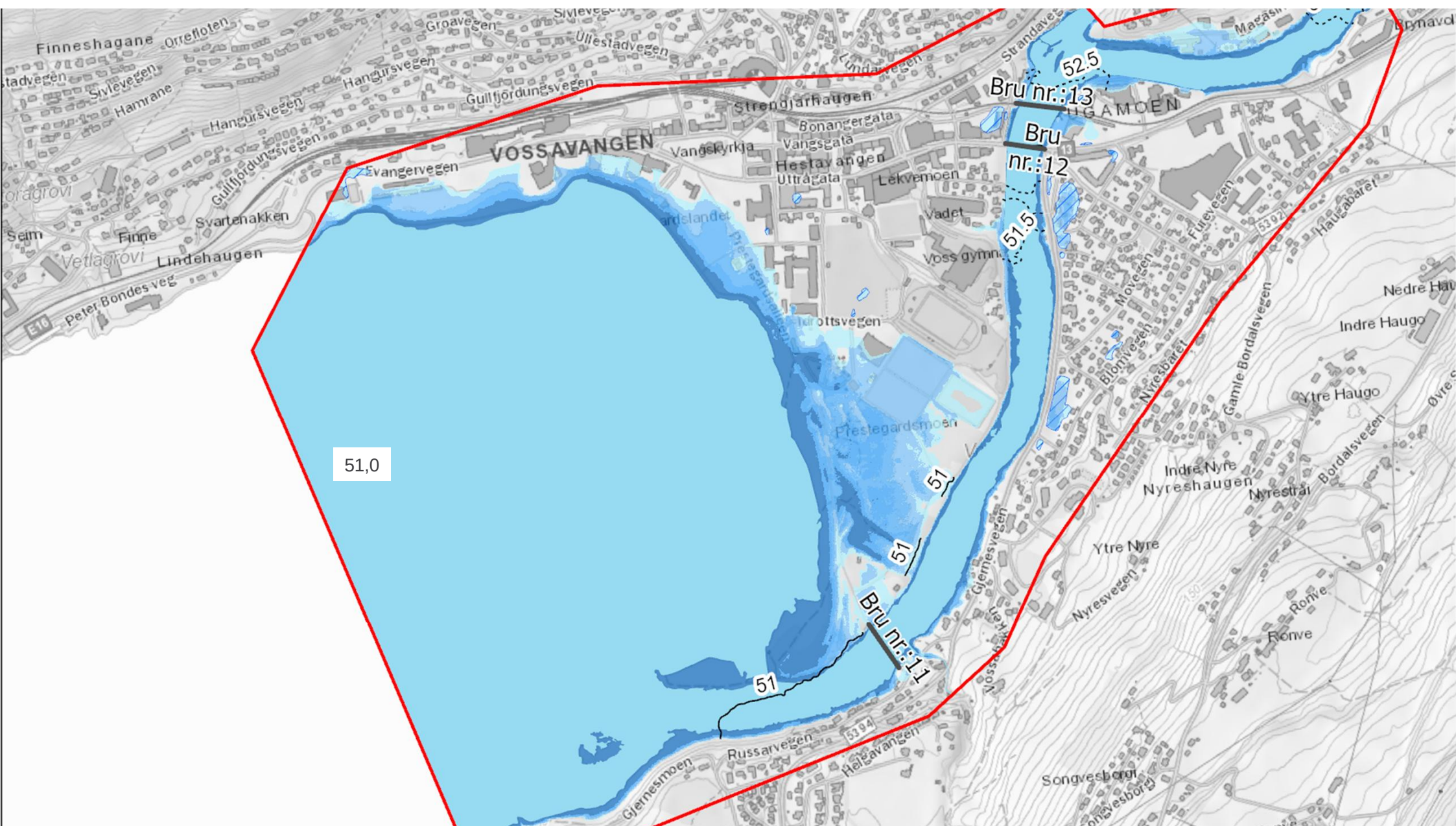
# Flomsonekart

- Evanger
- Voss

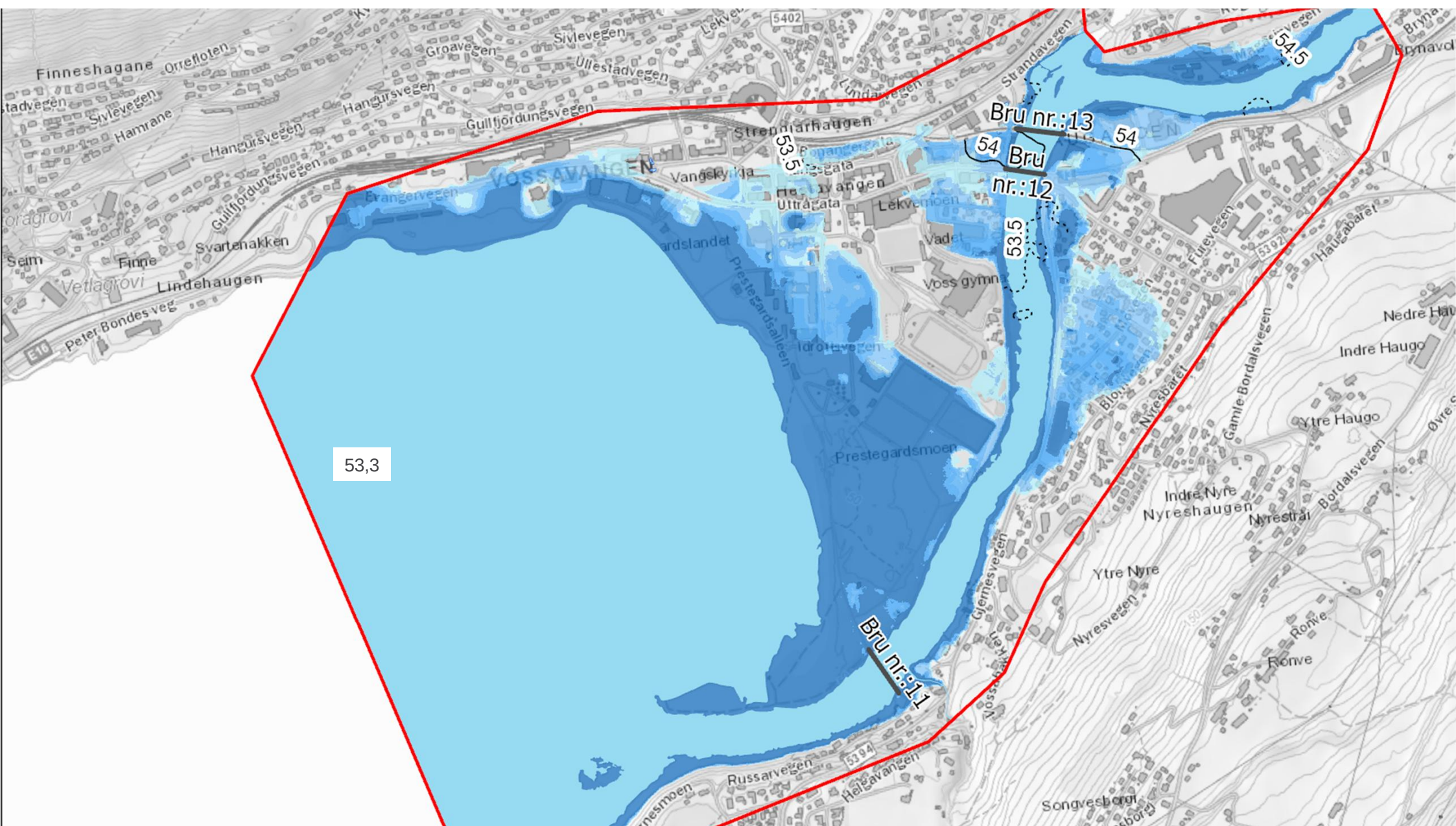










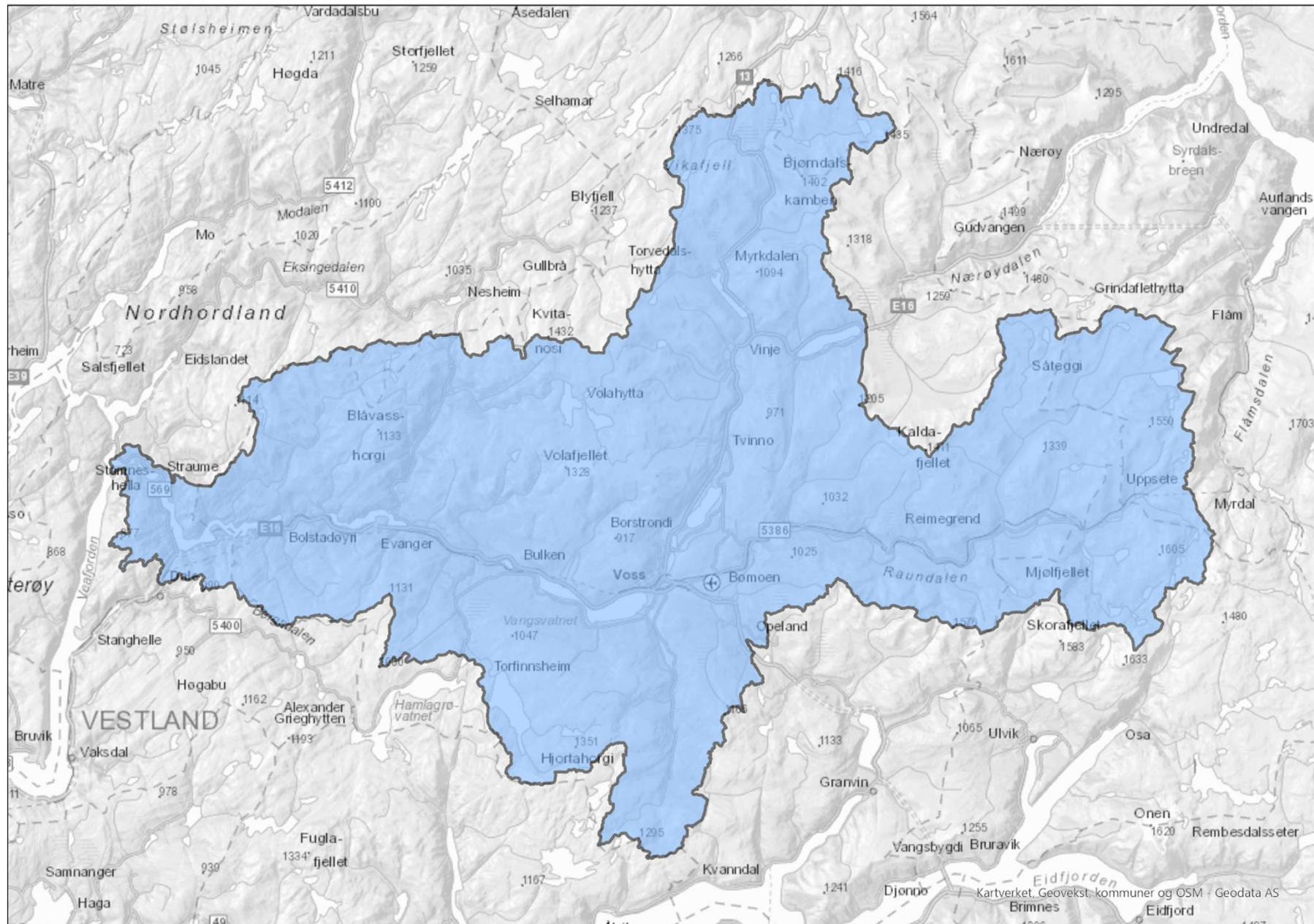


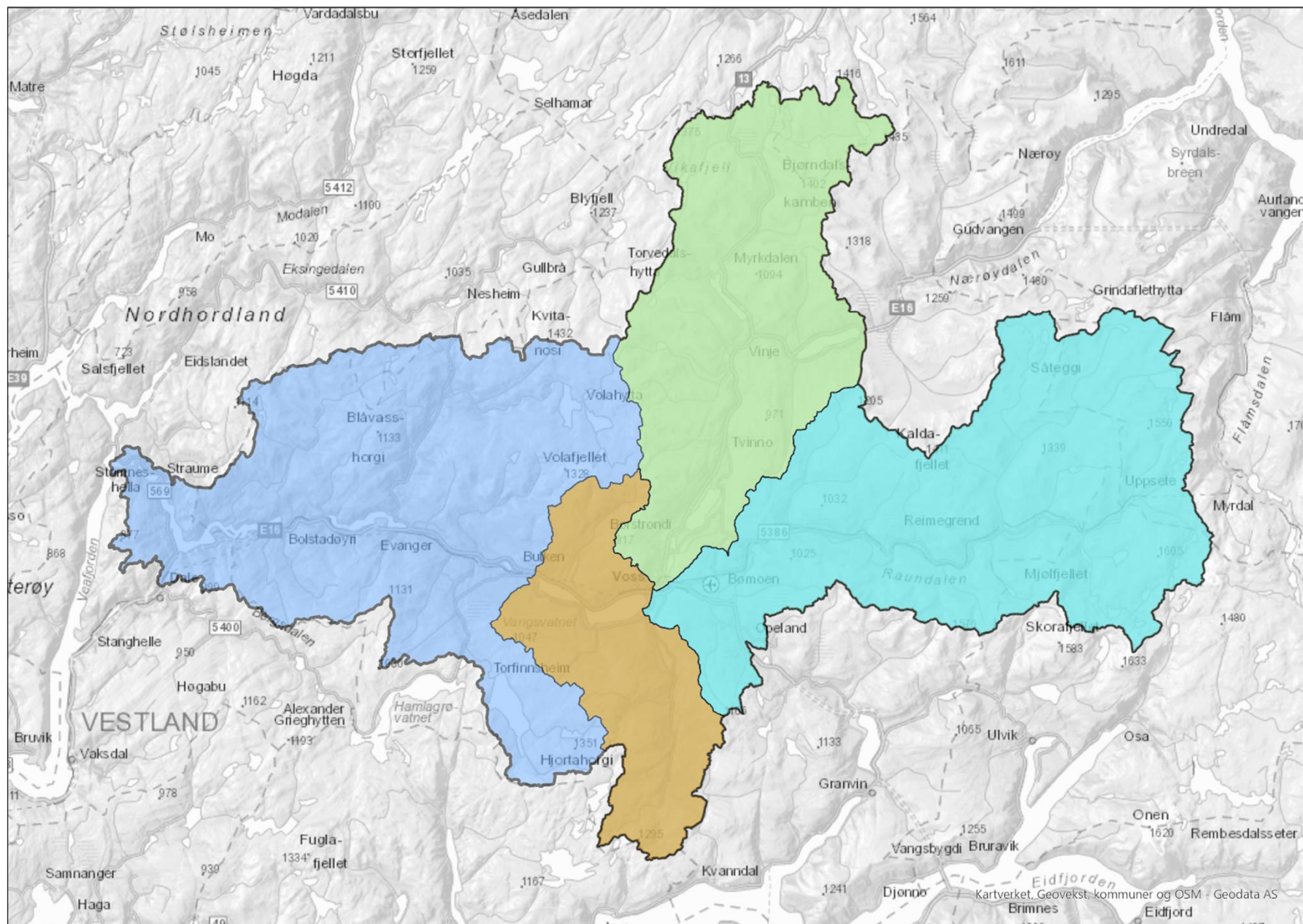
# Flomscenarier

- Flommen i 2014 er brukt som referanseflom
- Flommene i 2005 er to andre flomscenarier

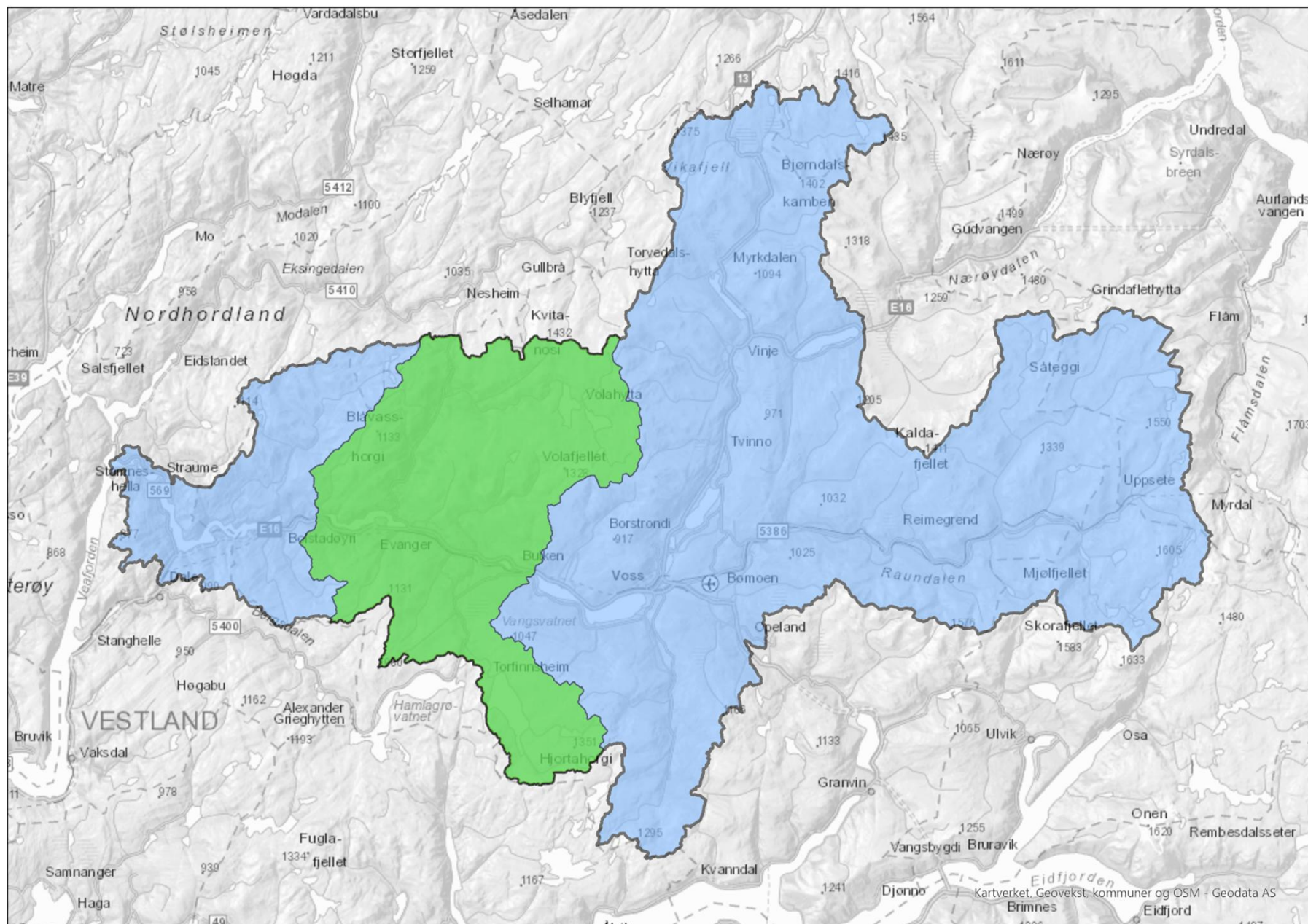
|                      |                     | 2005 sep. | 2005 nov. | 2014 |
|----------------------|---------------------|-----------|-----------|------|
| Raudalselvi          | [m <sup>3</sup> /s] | 770       | 450       | 780  |
| Strandaelvi          | [m <sup>3</sup> /s] | 320       | 220       | 320  |
| Utløp Bulken         | [m <sup>3</sup> /s] | 560       | 520       | 810  |
| Utløp<br>Evangervatn | [m <sup>3</sup> /s] | 1300      | 1300      | 1400 |





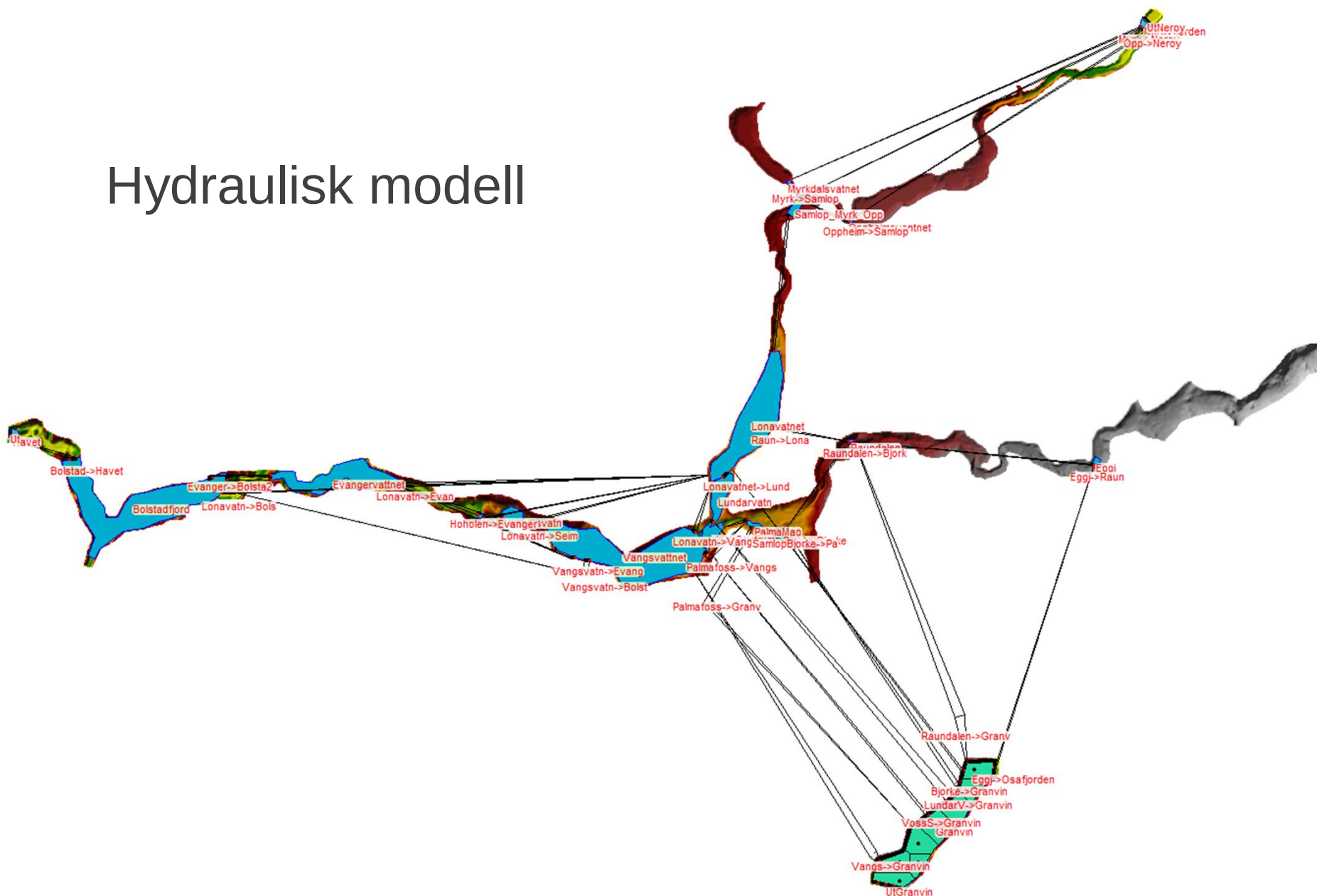




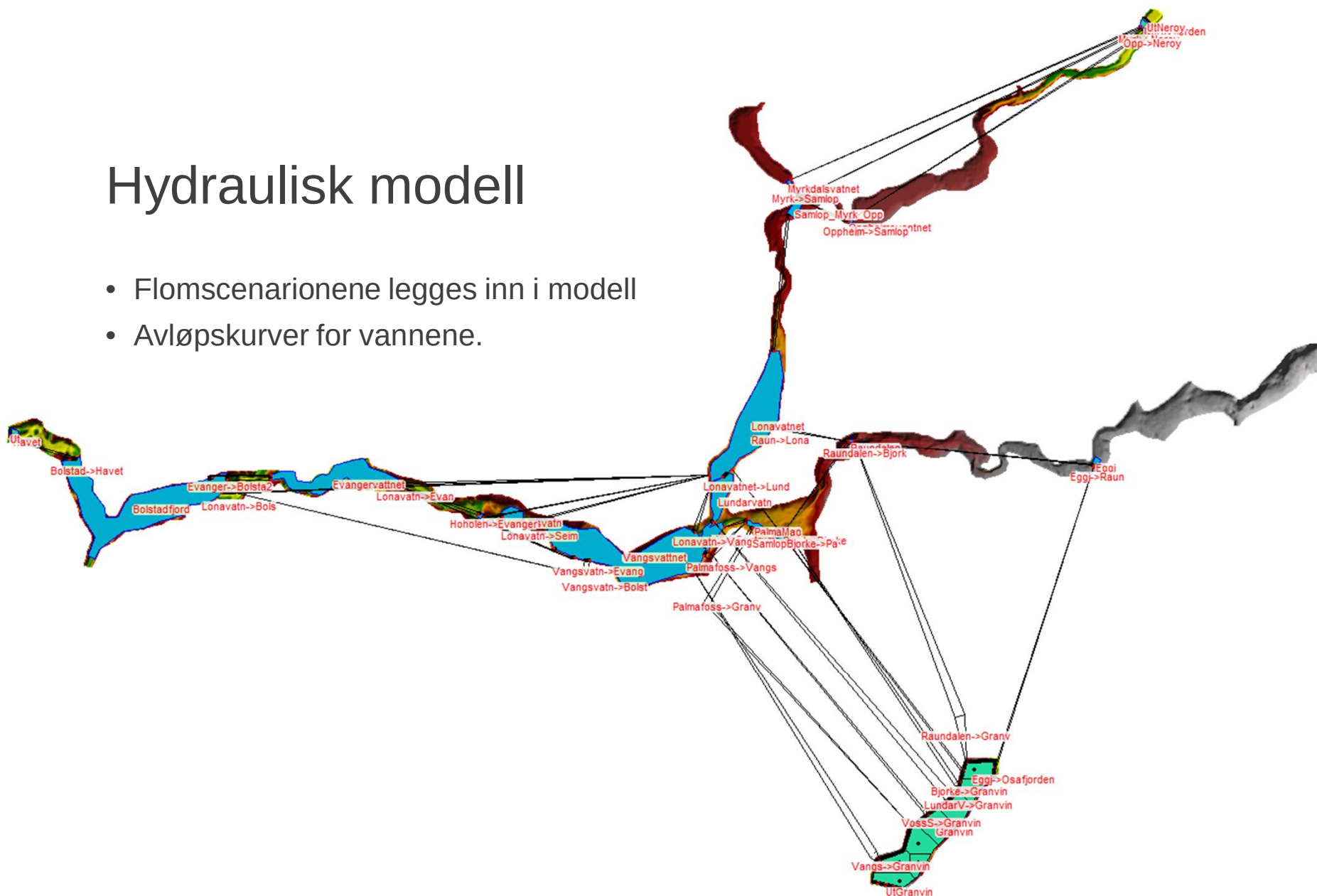








- Flomscenarionene legges inn i modell
- Avløpskurver for vannene.





# SILINGSRAPPORT FORPROSJEKT

## Lysbilde 19

---

LNA1

Loland, Nils Andreas; 16.06.2020

## Silingsrapporten.

- **Målsetting:** velge de beste flomsikringsalterantivene til forprosjektet. Ett alternativ som beholder vannet i Vassdraget (VIV) og et alternativ som tar vannet ut av Vassdraget (VUV)
- **Premisser:**
  - Q200 – klima.
  - kote 49,9 i Vangsvatn.
  - Kote 12,7 i Evangervatn – ikke mulig -> sikre til den vannstanden en får Evangervatn.
  - Ikke forverre situasjonen i Vassdraget.
- **Kriterier:**
  - Skadereduksjon
  - Kostnader
  - Miljø og andre konsekvenser.



# Silingsrapporten

- **Prosess:**

- Fremskaffing av grunnlagsdata.
- Vurdering av forskjellige tunneltraseer – 54 tunneler – bortvelging av de som ikke er aktuelle
- Vurdering av flomsikringsalternativer – 18 – bortvelging av de dårligste alternativene
- Valg av alternativer til forprosjekt, ett for VUV og ett for VIV.

## Lokale sikringstiltak på Voss og Evanger.

- **Voss:**
  - Lokale sikringstiltak for kote 51,0 i Vangsvatnet (ca. 200 års flom i dagens klima)
  - Lokale sikringstiltak for ca. kote 53,5 i Vangsvatn (200 års flom i fremtidig klima)
- **Evanger:**
  - Lokale sikringstiltak og heving av terreng.
  - Heving av terreng.

# Resultater

- VIV
  - Flomtunnel fra Palmafossen til Vangsvatnet
  - Flomtunnel fra Lønavatnet til Vangsvatnet
  - Flomtunnel fra Vangsvatnet til Evangervatnet
  - Flomtunnel fra Evangervatnet til Bolstadfjorden.
  - Lokale sikringstiltak på Evanger
  
- VUV
  - Flomtunnel fra Lønavatnet til Granvinssfjorden
  - Flomtunnel fra Urlandselvi til Granvinsfjorden
  - Lokale sikringstiltak på Evanger.

Lokale tiltak på Voss for kote 51 i Vangsvatn.

# Forprosjekt.

- Alternativer VIV og VUV fra silingsrapporten samt lokale sikringstiltak på Voss.
  - Forprosjekt rapport
  - Tegninger
  - Kostnadsestimat



# ALTERNATIV

## SIKRING MED VANN I VASSDRAGET.



# Flomtunneler - VIV

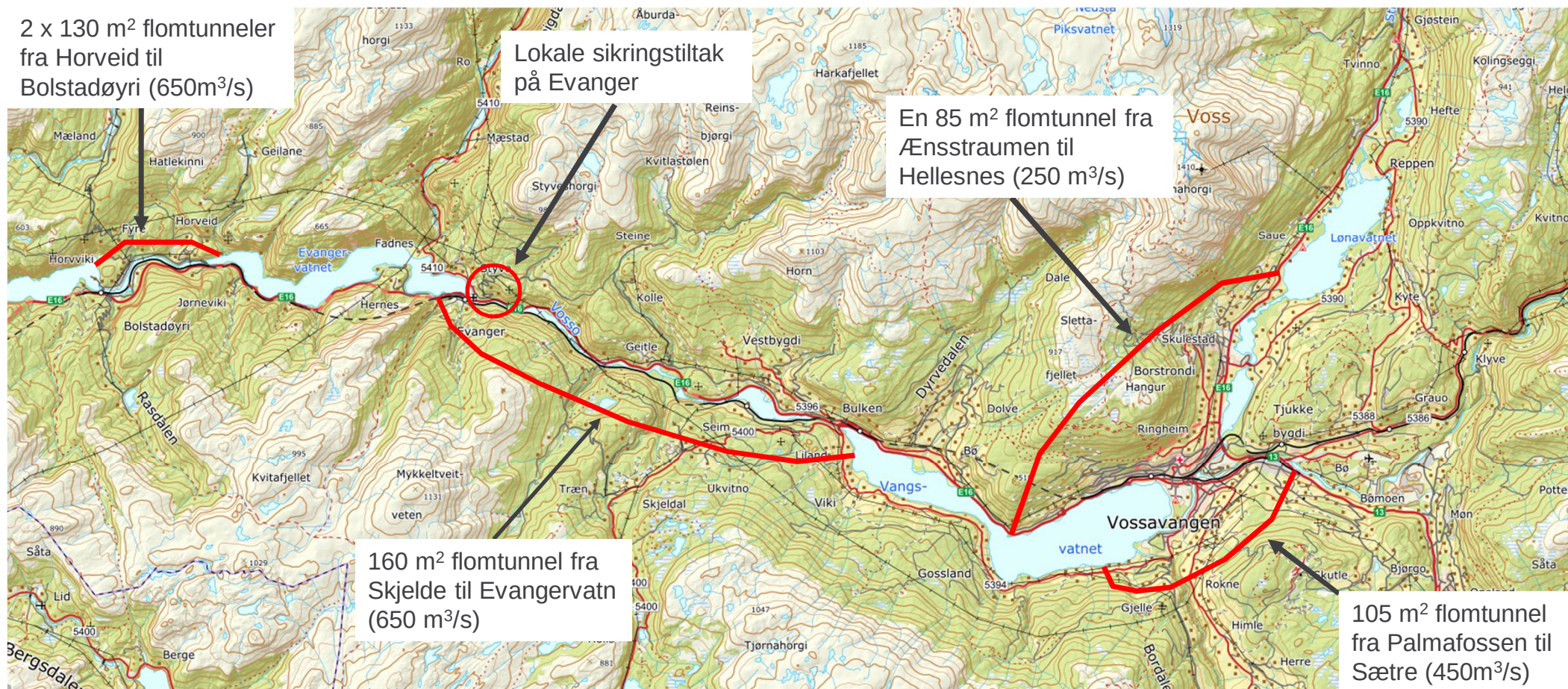
2 x 130 m<sup>2</sup> flomtunneler  
fra Horveid til  
Bolstadøyri (650m<sup>3</sup>/s)

Lokale sikringstiltak  
på Evanger

En 85 m<sup>2</sup> flomtunnel fra  
Ænsstraumen til  
Hellesnes (250 m<sup>3</sup>/s)

160 m<sup>2</sup> flomtunnel fra  
Skjelde til Evangervatn  
(650 m<sup>3</sup>/s)

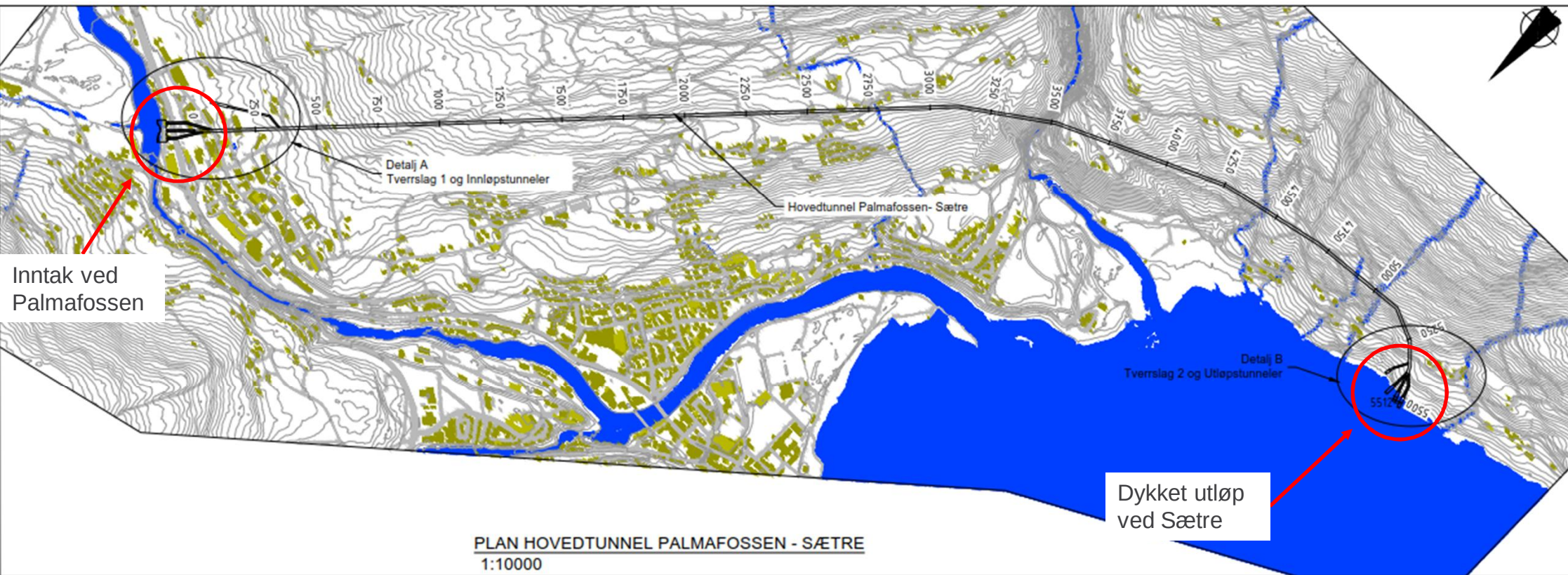
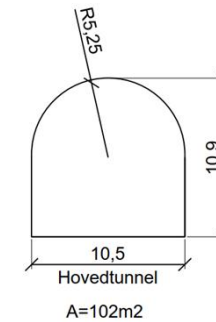
105 m<sup>2</sup> flomtunnel  
fra Palmafossen til  
Sætre (450m<sup>3</sup>/s)





# Flomtunnel Palmafossen - Sætre

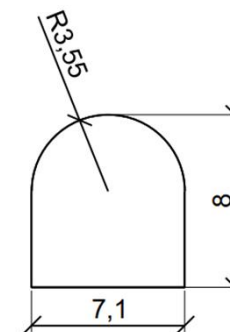
- Lengde: 5,5 km
- Tverrsnitt: 102 m<sup>2</sup>



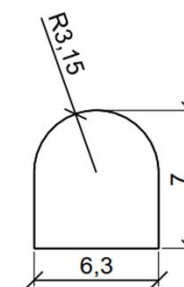


# Inntak Palmafossen

- Betongterskel med Obermeyer luker. Støpt plate over innløpstunneler



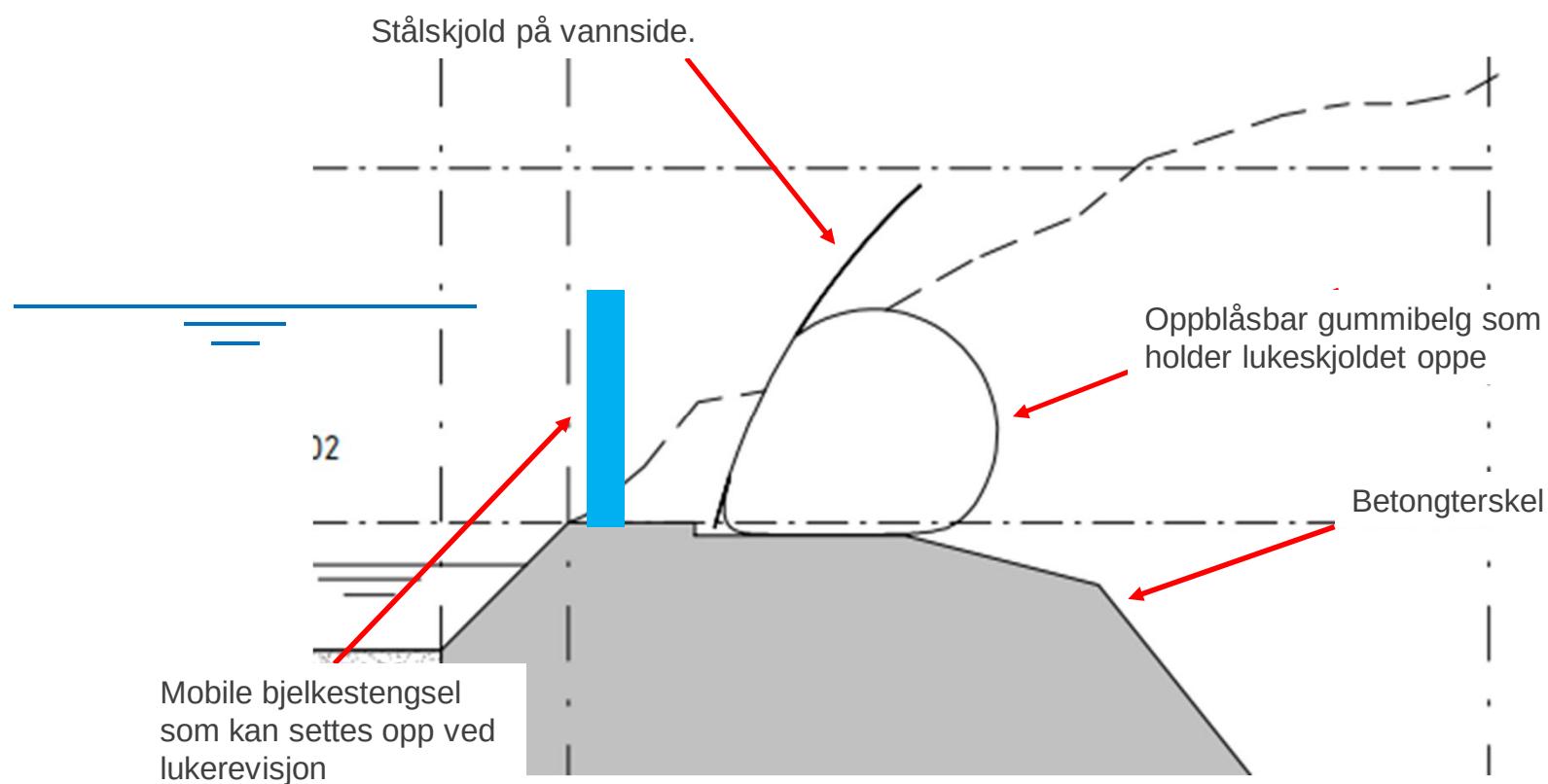
Innløps-og utløpstunnel  
 $A=51\text{m}^2$



Tverrslagstunnel  
 $A=40\text{m}^2$

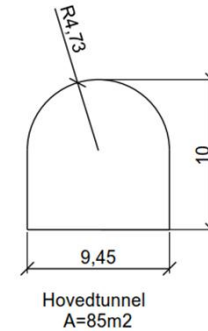


# Obermeyer luke – konsept.

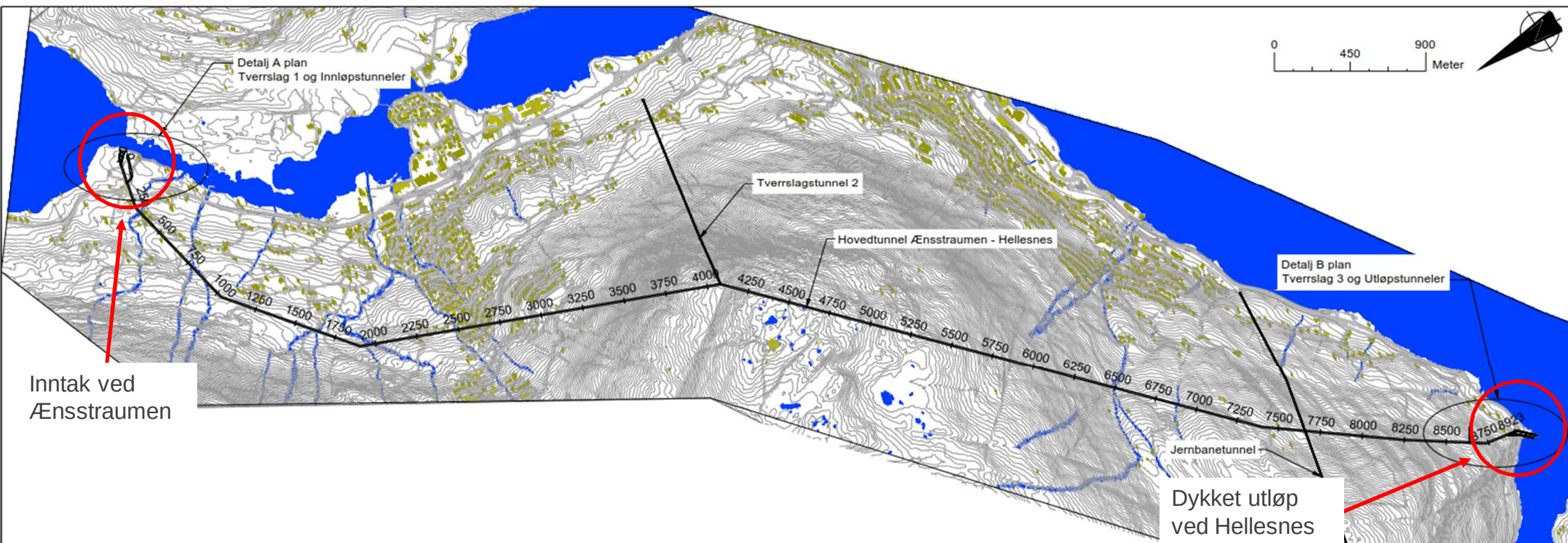


# Flomtunnel Ænsstraumen - Hellesnes

- Lengde: 8,9 km
- Tverrsnitt: 85 m<sup>2</sup>

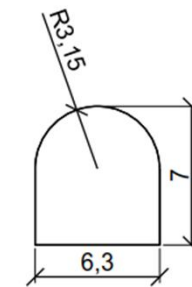


SWECO

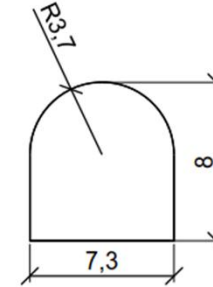


# Inntak Ænsstraumen

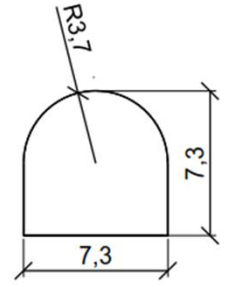
- Betongterskel med Obermeyer luker.



Tverrslagstunnel  
A=40m<sup>2</sup>



Utløpstunnel  
A=53m<sup>2</sup>

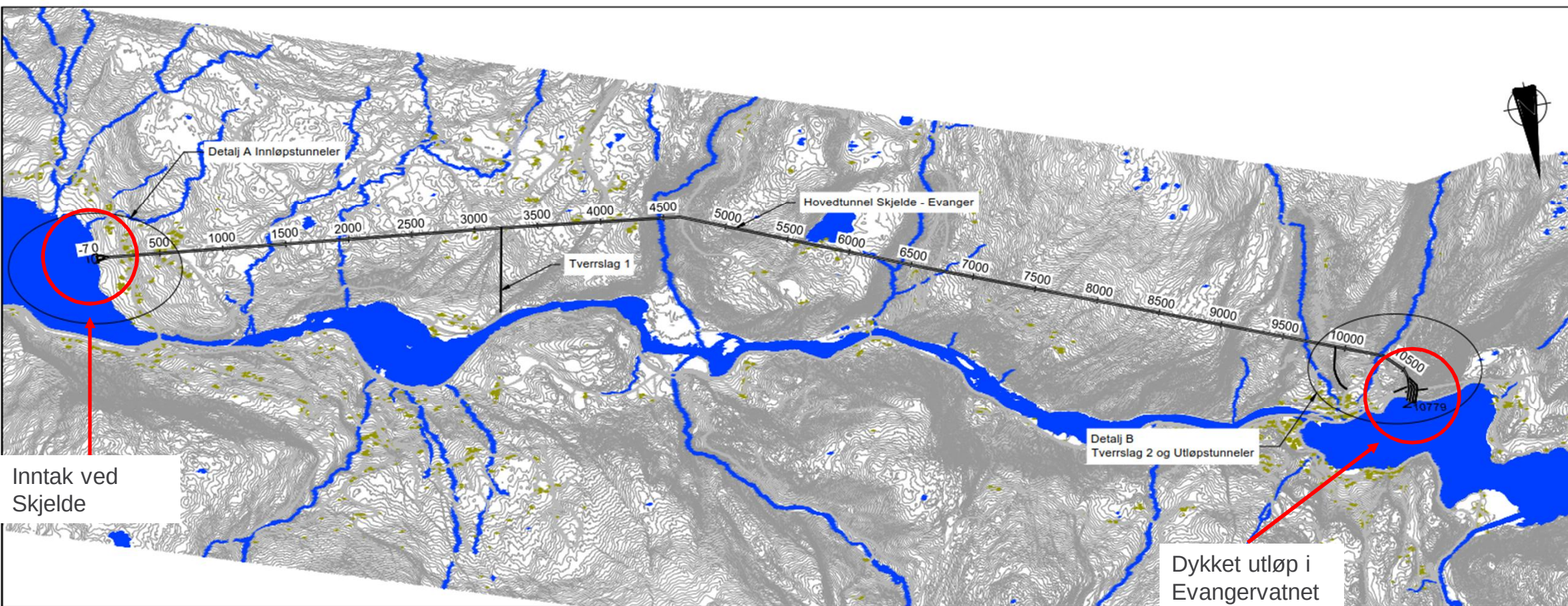


Innløpstunnel  
A=47m<sup>2</sup>



# Flomtunnel Skjelde - Evangervatnet

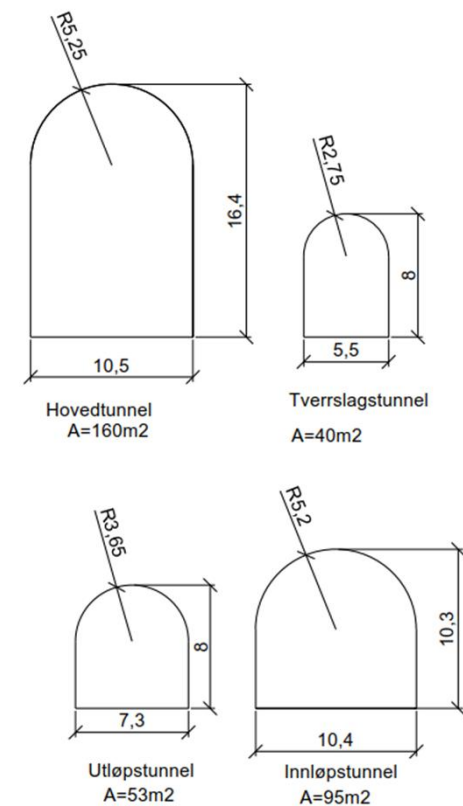
- Lengde: 10,8 km
- Tverrsnitt: 160 m<sup>2</sup>





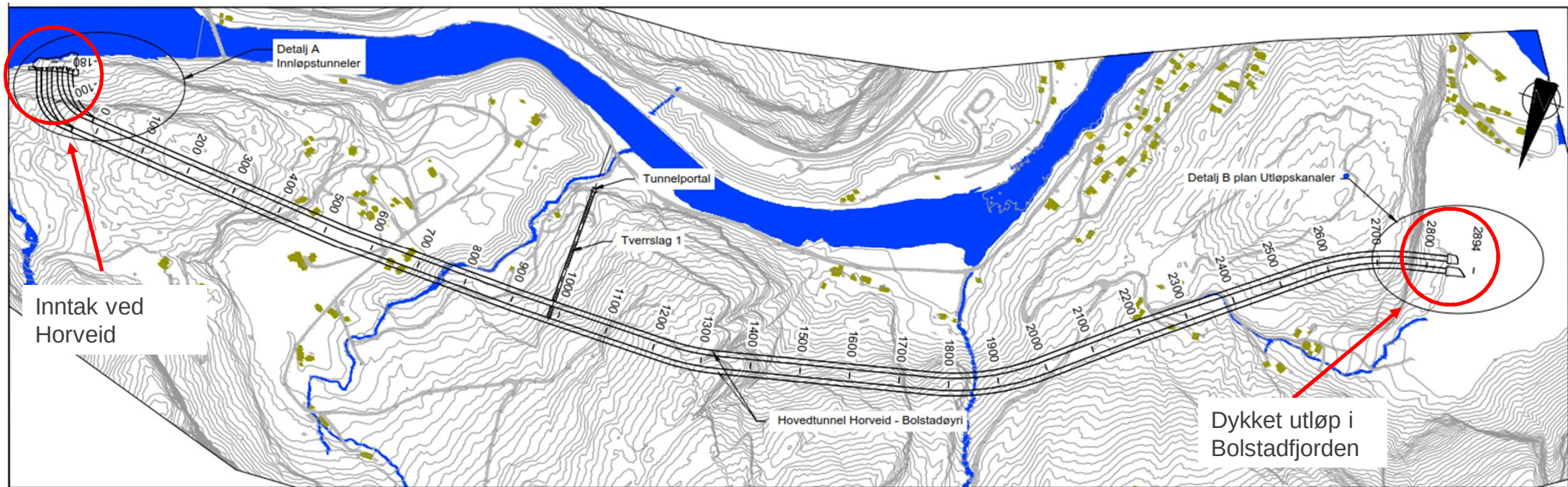
# Inntak Skjelde

- Betongterskel med Obermeyer luker.



# Flomtunnel Horveid - Bolstadfjorden

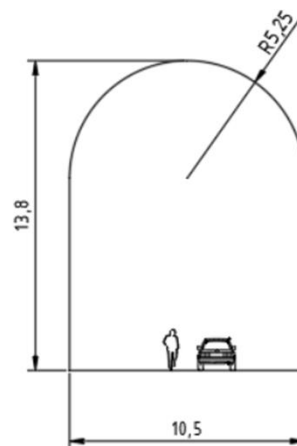
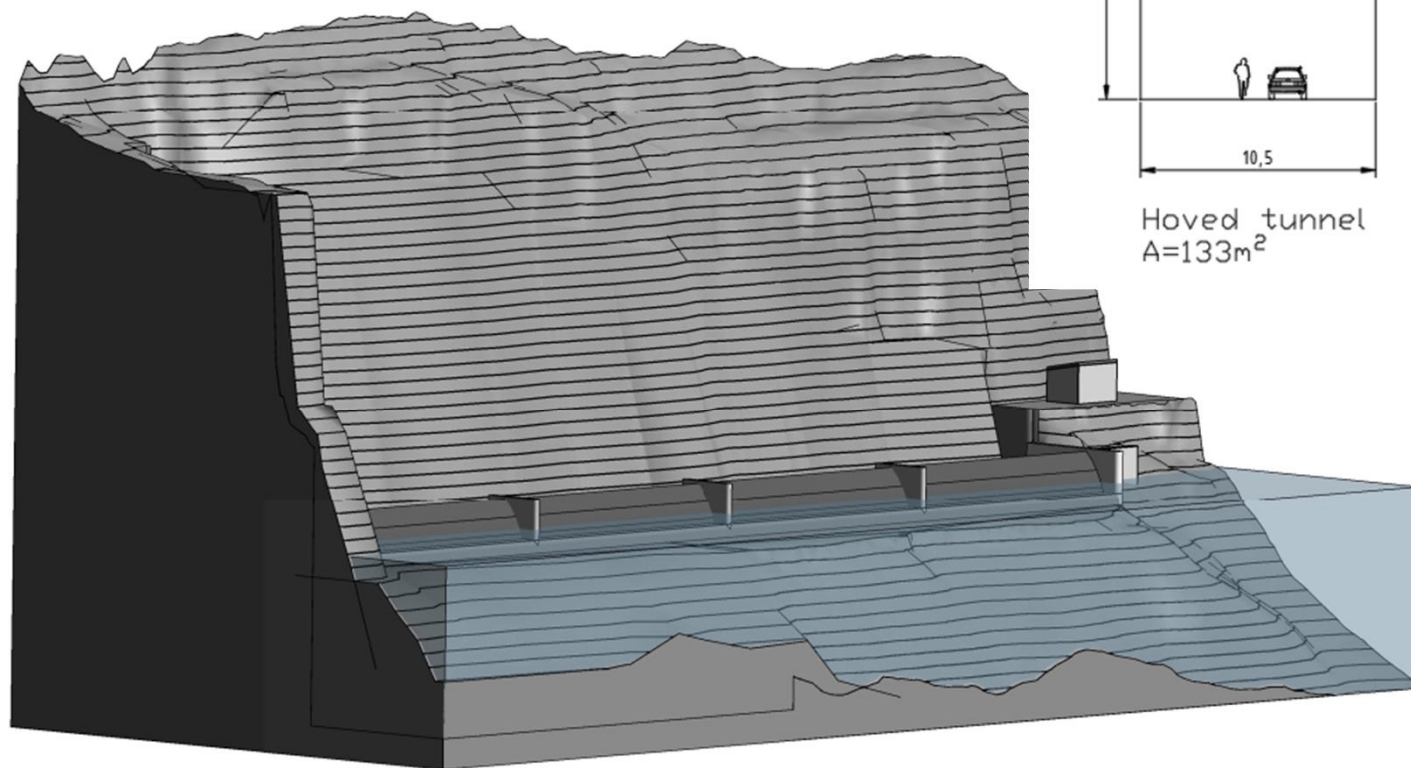
- Lengde: 3,0 km
- Tverrsnitt: 2 x 133 m<sup>2</sup>



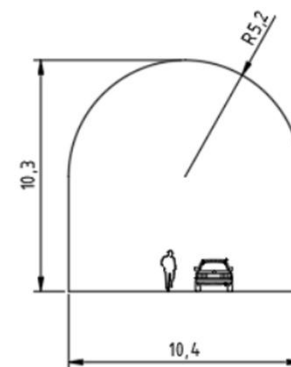


# Inntak Horveid

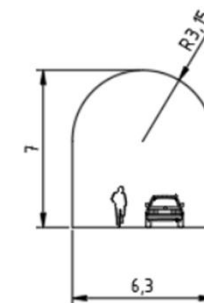
- Betongterskel med Obermeyer luker.



Hoved tunnel  
 $A=133\text{m}^2$



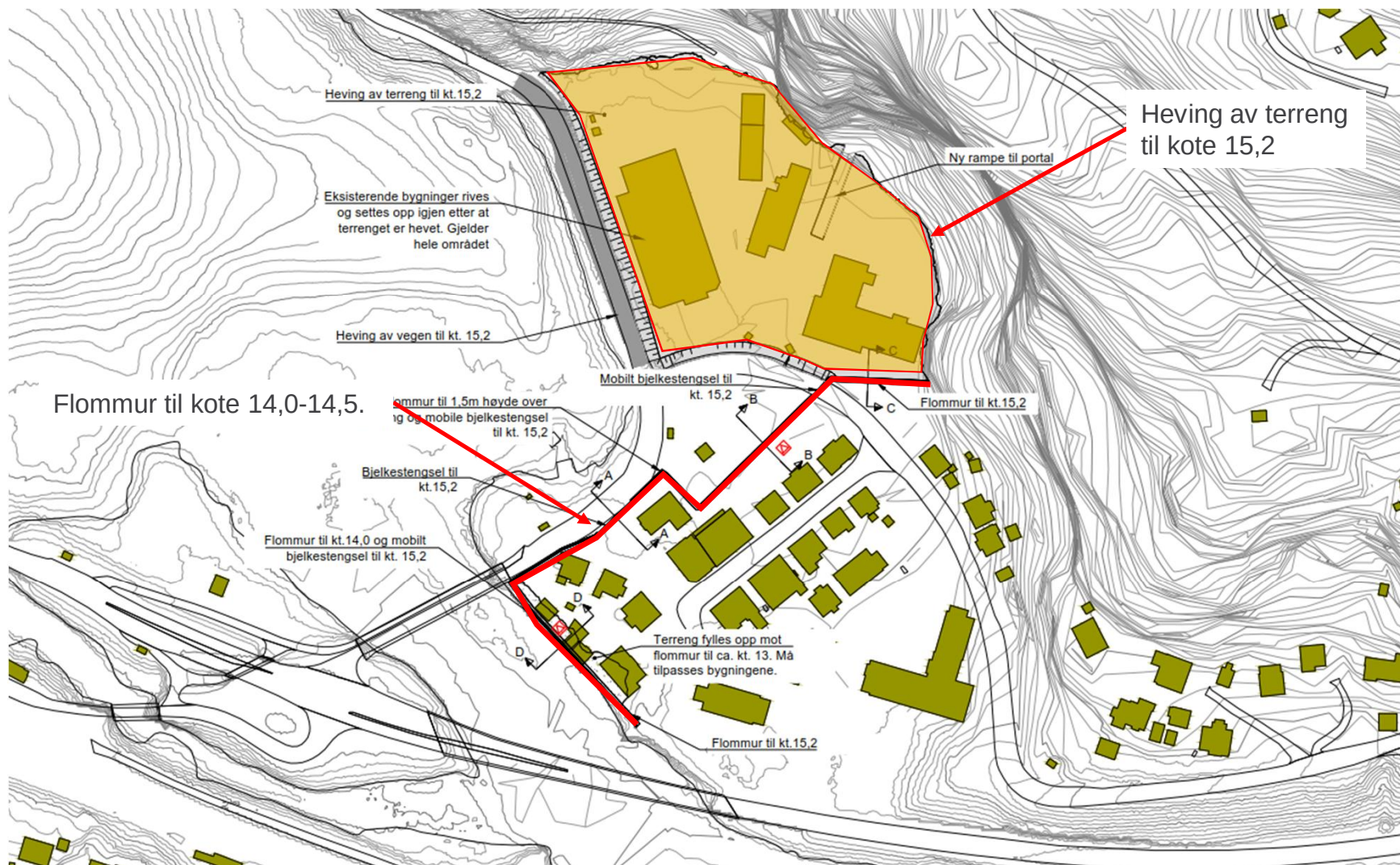
Innløpstunnel  
 $A=95\text{m}^2$



Tverslag tunnel  
 $A=40\text{m}^2$

# Lokale sikringstiltak på Evanger

Gjelder for VUV og VIV

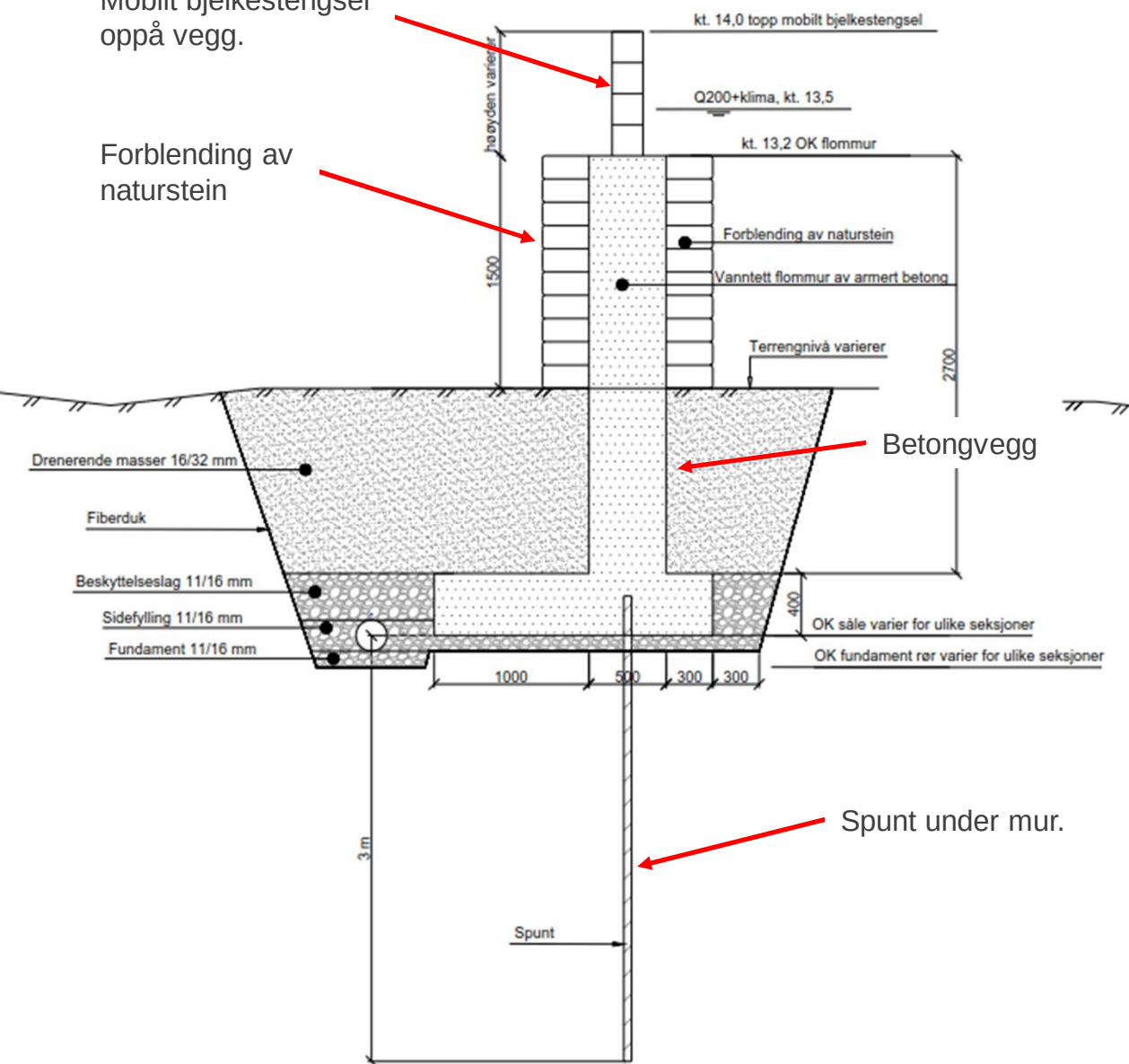




Mobilt bjelkestengsel  
oppå vegg.

Forblending av  
naturstein

## Flommur i betong med forblending av naturstein



## Flommurer på Evanger - illustrasjon



Flommur på Evanger i normalsituasjonen uten flom. Topp mur ca kote 14,5



Flommur på Evanger påmontert mobile bjelkestengsel opp til kote 15,2

# Effekt av tiltakene

- Sikrer maks vannføring gjennom Voss sentrum på 1000 m<sup>3</sup>/s, under skadeflomsnivå.
- Maks vannstand i Vangsvatnet på kote 49,3 moh. 60cm sikkerhetsmargin
- Vannføring ut av Vangsvatnet på 575 m<sup>3</sup>/s mot 810 m<sup>3</sup>/s i 2014
- Maks vannstand i Evangervatn på kote 13,3.
- Maks vannføring ut av Evangervatn på 1245 m<sup>3</sup>/s. ca. 1100 m<sup>3</sup>/s i 2014 Q200+klima = 1720 m<sup>3</sup>/s.
- Noe forverret situasjon i Straume.



## VIV - skadeflommer over en periode på 25 år i dagens og fremtidig klima.

| Sted                           | Antall skadeflommer                |                                    | Antall skadeflommer etter tiltak   |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                | Dagens klima                       | Fremtidig klima                    | Dagens klima                       | Fremtidig klima                    |
| Vosso gjennom Voss sentrum     | 1                                  | 4                                  | 0                                  | 0                                  |
| Vangsvatnet                    | 1-2                                | 10                                 | 0                                  | 0                                  |
| Vangsvatnet – Evangervatnet    | 1-2                                | 10                                 | 0                                  | 0                                  |
| Evanger                        | 6                                  | Ca. 30                             | 0                                  | 5                                  |
| Evangervatnet – Bolstadfjorden | Usikre data, færre enn Evangervatn | Usikre data, færre enn Evangervatn | Usikre data, færre enn Evangervatn | Usikre data, færre enn Evangervatn |
| Bolstadfjorden - Straume       | Usikre data, 1-4                   | Usikre data, 11-21                 | Usikre data, 4-10                  | Usikre data, 19-34                 |

# Kostnader VIV:

| Beskrivelse                                               | Delsum kap.          |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|
| Flomtunnel 6-14, Ænsstraumen - Hellesnes                  | 674 000 000          |
| Flomtunnel 6-3, Palmafossen - Sætre                       | 482 000 000          |
| Flomtunnel 6-6, Skjelde - Evanger                         | 1 495 000 000        |
| Flomtunnel 6-9, Horveid - Bolstadøyri                     | 734 000 000          |
| Inntak Ænsstraumen                                        | 26 000 000           |
| Inntak Palmafossen                                        | 47 000 000           |
| Inntak Skjelde                                            | 71 000 000           |
| Inntak Horveid                                            | 76 000 000           |
| Adkomstveger                                              | 5 460 000            |
| Lokale sikringstiltak Evanger                             | 100 656 000          |
| Overvannshåndtering Evanger                               | 12 000 000           |
| Uspesifiserte kostnader                                   | 68 000 000           |
| <b>Entreprisekostnad</b>                                  | <b>3 792 000 000</b> |
| Prosjektering, prosjektadministrasjon, byggherrekostnader | 114 000 000          |
| forventede tillegg P50                                    | 391 000 000          |
| <b>Prosjektkostnad P50</b>                                | <b>4 297 000 000</b> |

# ALTERNATIV

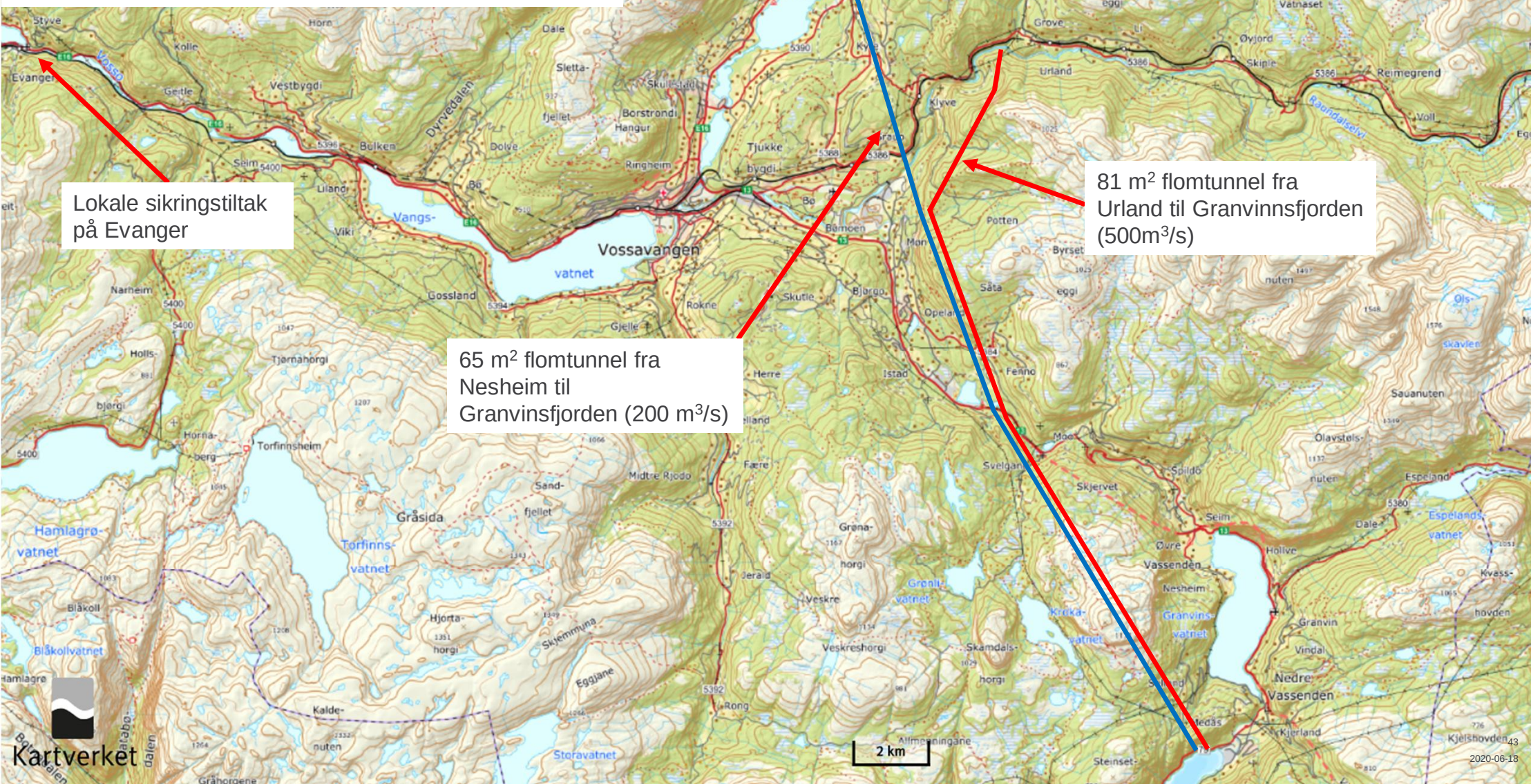
# SIKRING MED VANN UT AV VASSDRAGET.







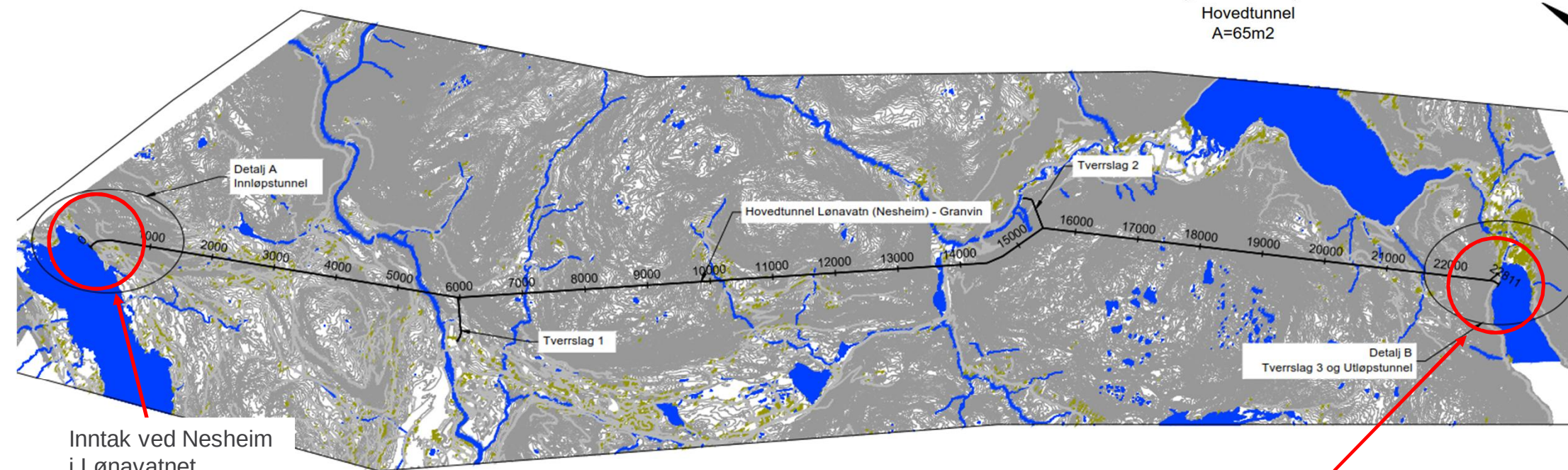
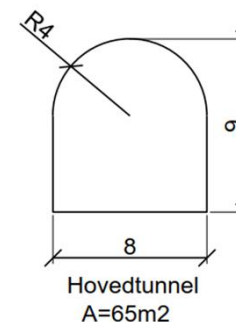
# Flomtunneler - VUV





# Flomttunnel Nesheim - Granvinsfjorden

- Lengde: 23,0 km
- Tverrsnitt: 65 m<sup>2</sup>



PLAN HOVEDTUNNEL LØNAVATN (NESHEIM) - GRANVIN  
1:40000

# Inntak Nesheim

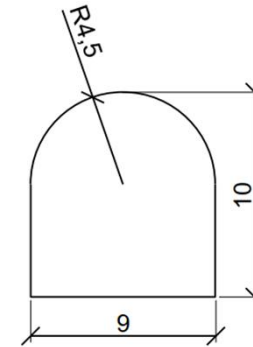
Betongterskel med Obermeyer luker.



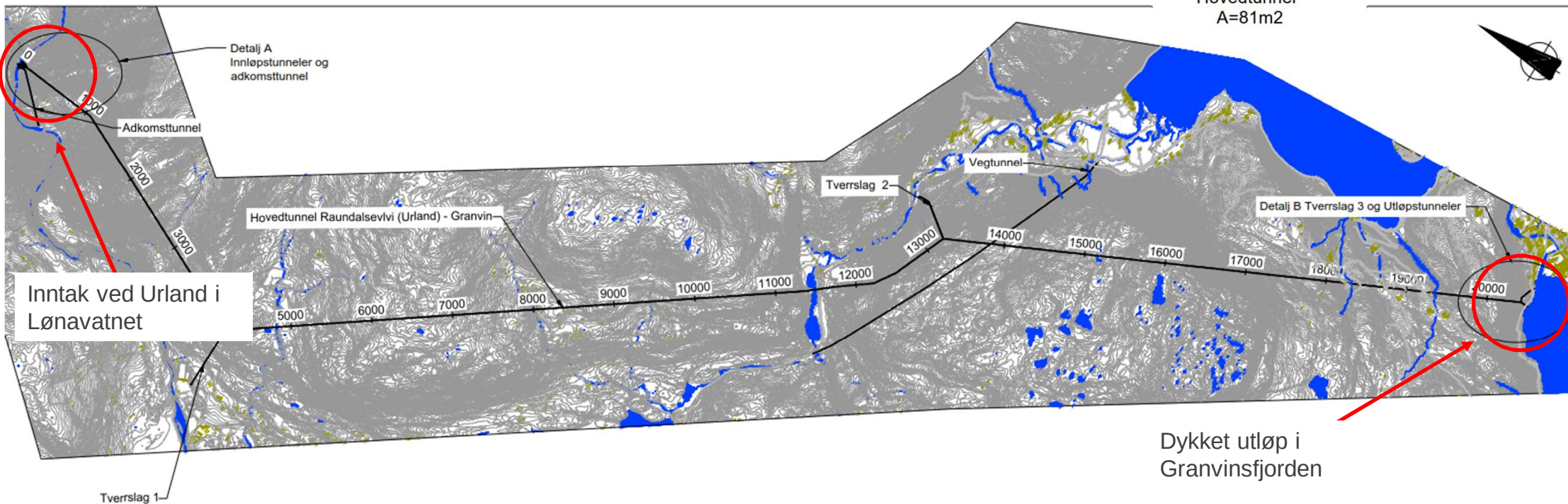


# Flomttunnel Urland - Granvinsfjorden

- Lengde: 20,5 km
- Tverrsnitt: 81 m<sup>2</sup>



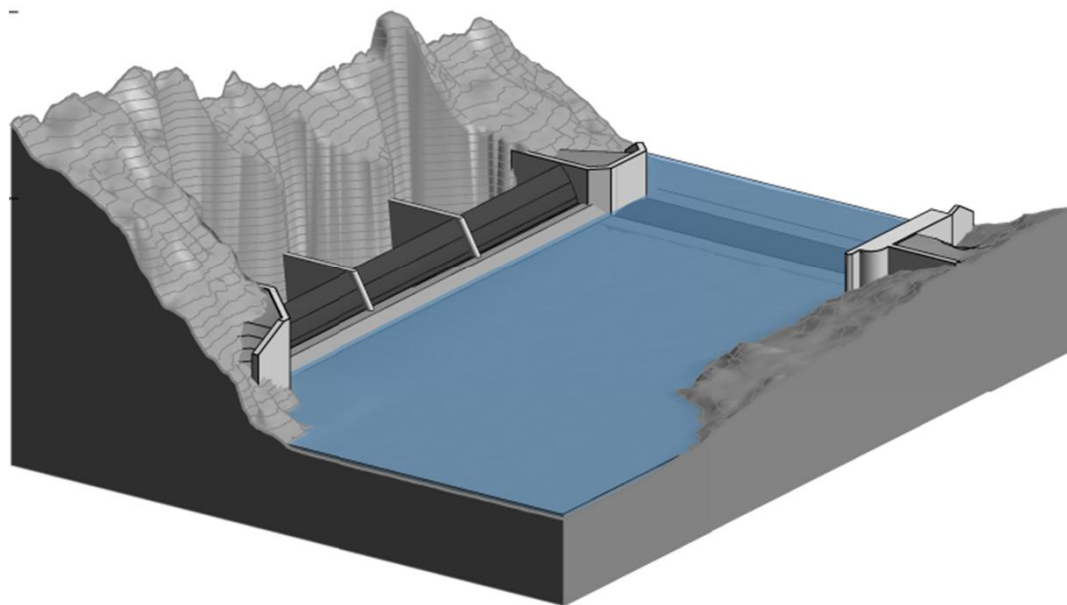
Hovedtunnel  
A=81m<sup>2</sup>



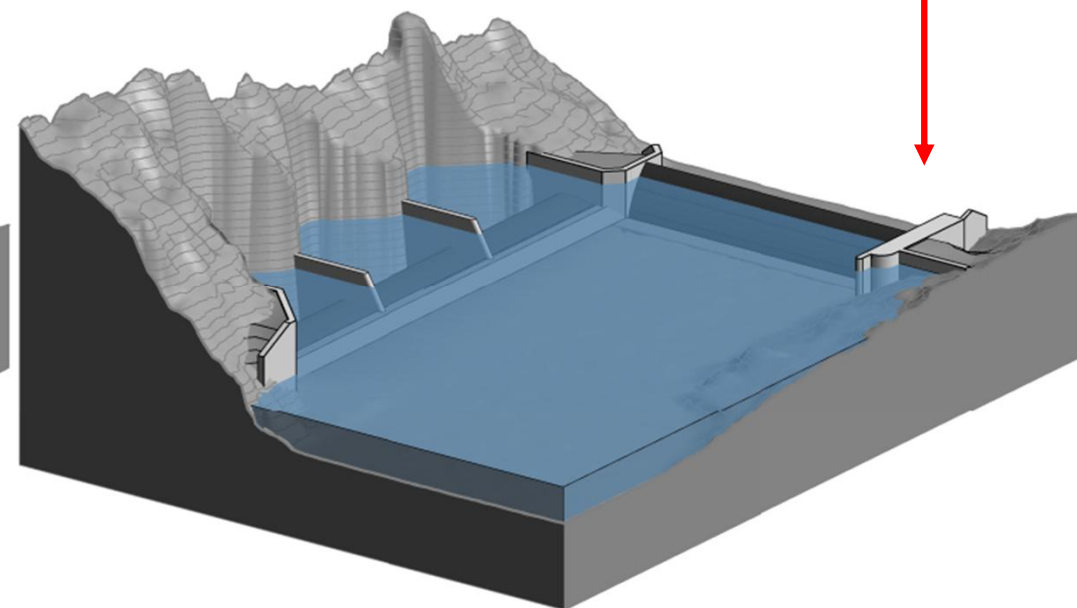
# Inntak Urland

- Betongterskel med Obermeyer luker i elv og inn til tunnel.

Inntak i normal situasjonen. Luke i elv er nede (åpen), luke inn i tunnel oppe (lukket).

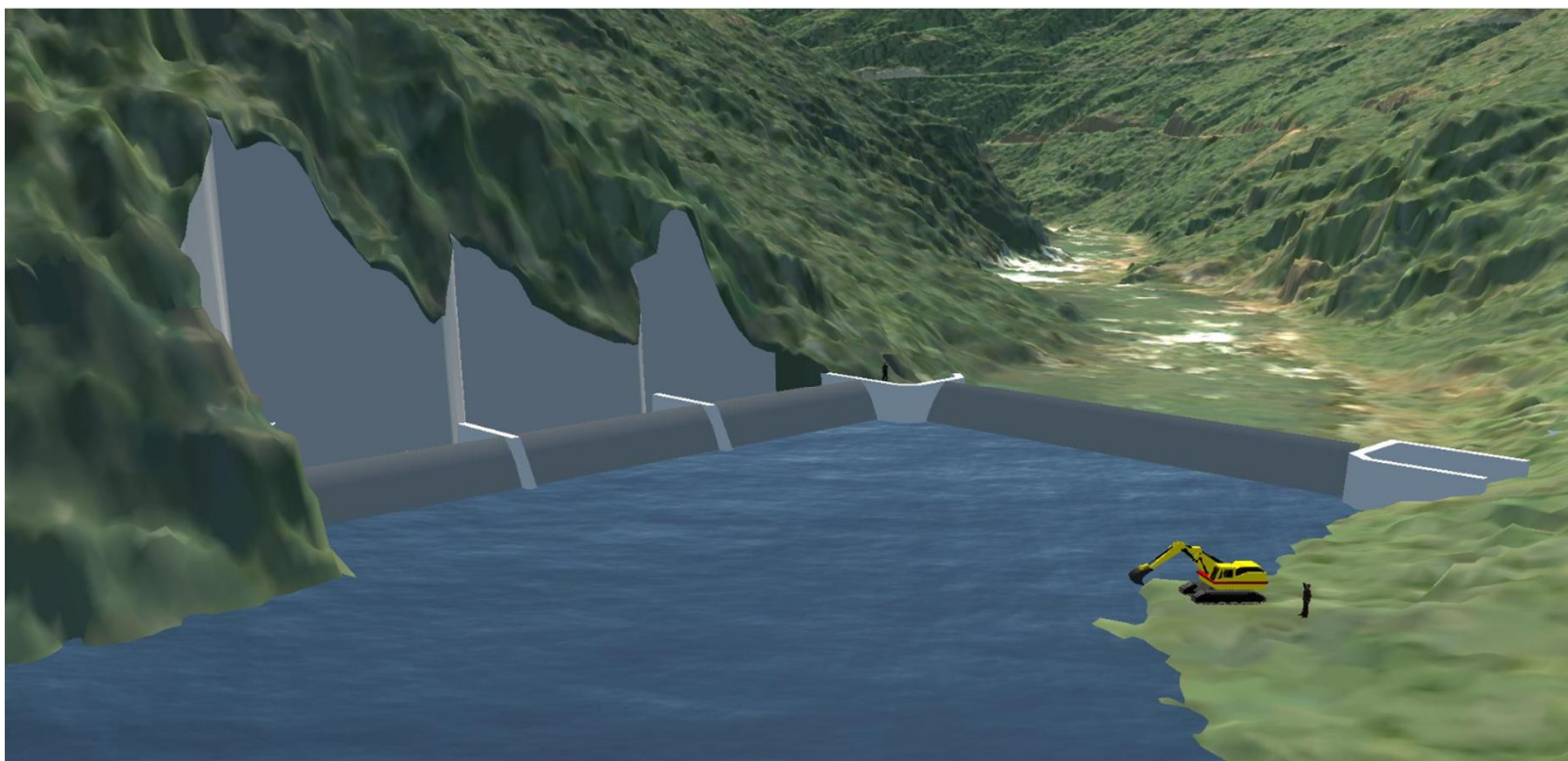


Inntak i flom situasjonen. Luke i elv er oppe (lukket), luke inn i tunnel nede (åpen).



Minstevannsløp

## Illustrasjon av størrelse på inntak i Urland.





## Effekt av tiltakene

- Sikrer maks vannføring gjennom Voss sentrum på 1000 m<sup>3</sup>/s, under skadeflomsnivå.
- Maks vannstand i Vangsvatnet på kote 49,3 moh. 60cm sikkerhetsmargin
- Vannføring ut av Vangsvatnet på 570 m<sup>3</sup>/s, ca. 810 m<sup>3</sup>/s i 2014
- Maks vannstand i Evangervatn på kote 14,6
- Maks vannføring ut av Evangervatn på 1670 m<sup>3</sup>/s. ca. 1100 m<sup>3</sup>/s i 2014 Q200+klima = 1720 m<sup>3</sup>/s.
- Ingen forverring av situasjonen i Straume, muligens noe bedring.

VUV - skadeflommer over en periode på 25 år i dagens og fremtidig klima.

| Sted                           | Antall skadeflommer                |                                    | Antall skadeflommer etter tiltak   |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                | Dagens klima                       | Fremtidig klima                    | Dagens klima                       | Fremtidig klima                    |
| Vosso gjennom Voss sentrum     | 1                                  | 4                                  | 0                                  | 0                                  |
| Vangsvatnet                    | 1-2                                | 10                                 | 0                                  | 0                                  |
| Vangsvatnet – Evangervatnet    | 1-2                                | 10                                 | 0                                  | 0                                  |
| Evangervatnet                  | 6                                  | Ca. 30                             | 1                                  | 9                                  |
| Evangervatnet – Bolstadfjorden | Usikre data, færre enn Evangervatn | Usikre data, færre enn Evangervatn | Usikre data, færre enn Evangervatn | Usikre data, færre enn Evangervatn |
| Bolstadfjorden - Straume       | Usikre data, 1-4                   | Usikre data, 11-21                 | Usikre data, 0                     | Usikre data, 3 - 7                 |

# Kostnader VUV:

| Beskrivelse                                               | Delsum kap.          |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|
| Flomtunnel 6-19, Urland - Granvin                         | 1 647 000 000        |
| Flomtunnel 6-2, Nesheim - Granvin                         | 1 380 000 000        |
| Inntak Urland (Raundalselvi)                              | 87 000 000           |
| Inntak Nesheim (Lønnavatn)                                | 21 000 000           |
| Adkomstveier                                              | 4 000 000            |
| Lokale sikringstiltak Evanger                             | 108 000 000          |
| Overvannshåndtering Evanger                               | 11 100 000           |
| Uspesifiserte kostnader                                   | 46 000 000           |
| <b>Entreprisekostnad</b>                                  | <b>3 305 000 000</b> |
| Prosjektering, prosjektadministrasjon, byggherrekostnader | 83 000 000           |
| forventede tillegg P50                                    | 339 000 000          |
| <b>Prosjektkostnad P50</b>                                | <b>3 727 000 000</b> |



# LOKALE SIKRINGSTILTAK PÅ VOSS

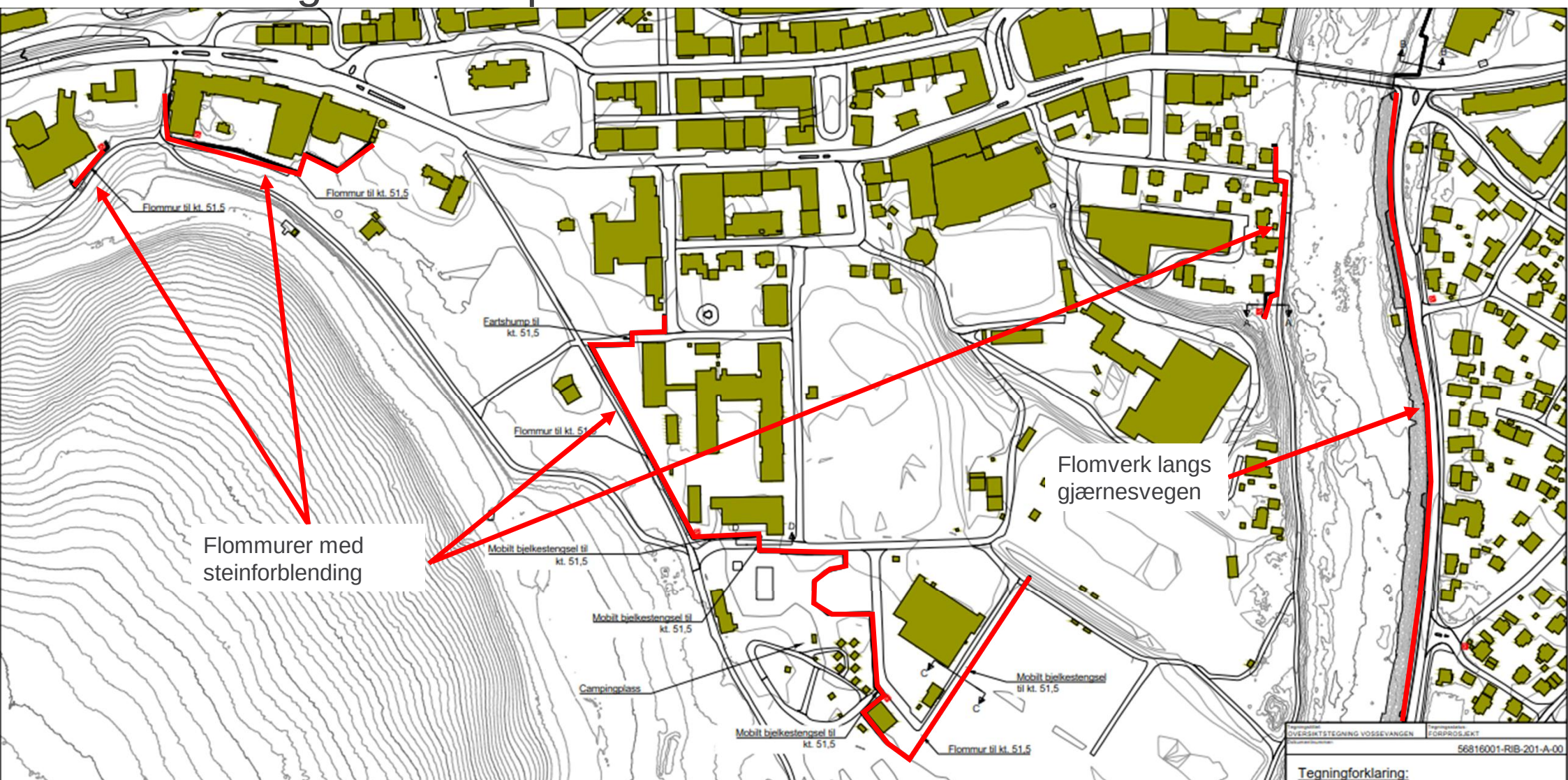
## Lysbilde 52

---

LNA1

Loland, Nils Andreas; 16.06.2020

# Flommurer og flomverk på Voss



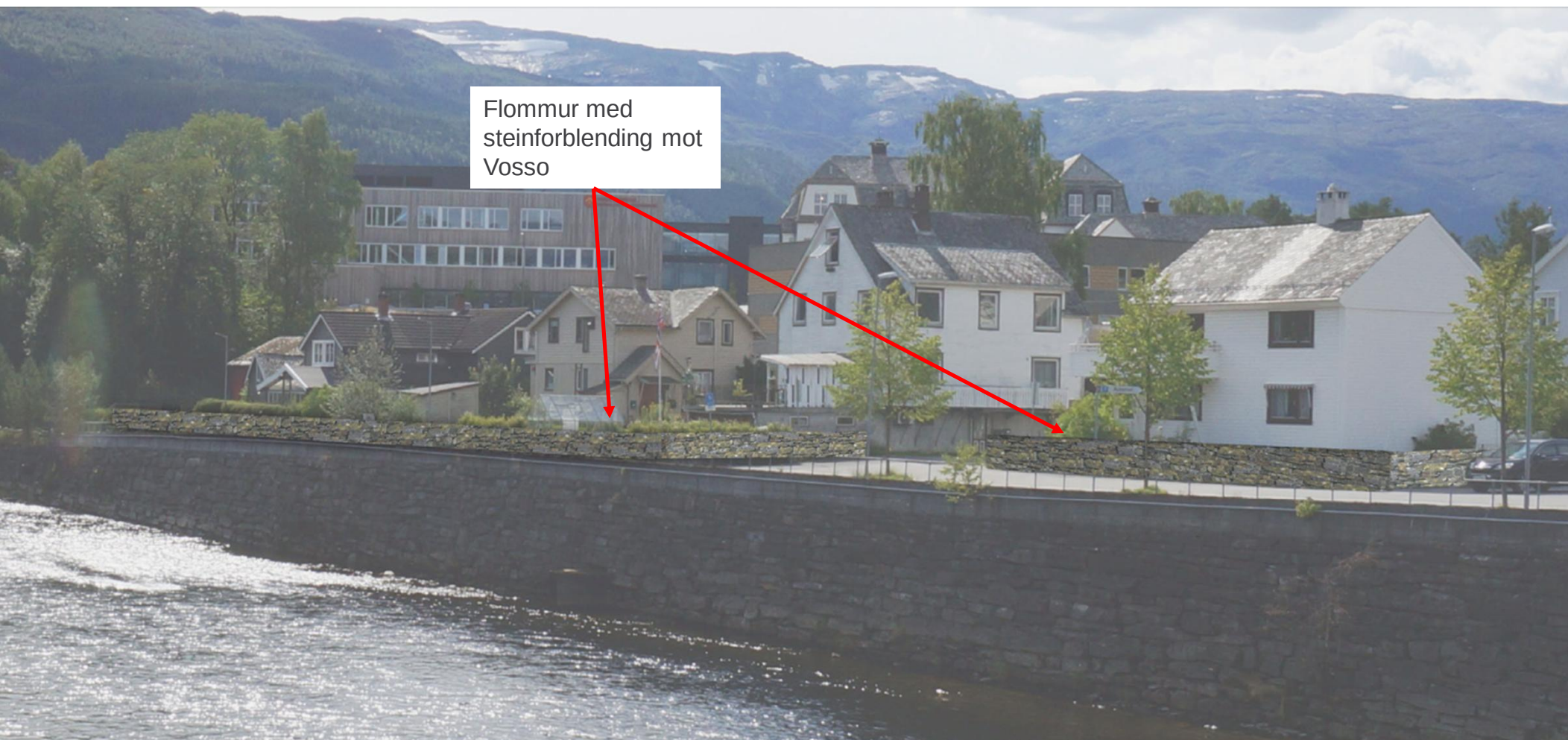


# Lokale tiltak på Voss.





# Lokale tiltak på Voss.



## Effekt

- Sikrer mot en vannstand i Vangsvatnet på kote 51,0. Omtrent tilsvarende en 200 års flom i dagens klima.
- Har ingen andre positive eller negative effekter ellers i vassdraget.

### **Merk:**

Det er knyttet en del usikkerhet til grunnforholdene som må avklares før en kan konkludere med hvorvidt dette tiltaket vil fungere som tenkt.



# Kostnader:

| Beskrivelse                                               | Delsum kap.        |
|-----------------------------------------------------------|--------------------|
| Flommurer                                                 | 53 000 000         |
| Flomvoller                                                | 5 000 000          |
| Overvannshåndtering.                                      | 53 000 000         |
| Uspesifiserte kostnader                                   | 26 000 000         |
| <b>Entreprisekostnad</b>                                  | <b>137 000 000</b> |
| Prosjektering, prosjektadministrasjon, byggherrekostnader | 19 000 000         |
| forventede tillegg P50                                    | 17 000 000         |
| <b>Forventet projektkostnad P50</b>                       | <b>173 000 000</b> |



# NYTTEVURDERING



## Lysbilde 59

---

LNA1

Loland, Nils Andreas; 16.06.2020



## Nytte-kost

- Materielle verdier her og no
- Vurderingar som ikkje er med
  - Driftsstans
  - Bandlegging av areal (oppheving av flaumsone)
  - Ikkje-prissatte konsekvensar

|                             | Skade/nytte i millionar kr  |                             |                         |                         |                                         |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| Strekning                   | Skade ved 200-årsflaum/1985 | Skade ved 200-årsflaum/2085 | Midlare årlegskade 2025 | Midlare årlegskade 2104 | Nåverdi nytte ved fjerning av all skade |
| Raundalselvi/Palmafoss      | 2                           | 15                          | 0.2                     | 0.5                     | 8                                       |
| Strandaelvi                 | 24                          | 57                          | 0.5                     | 1.6                     | 22                                      |
| Vossavangen                 | 150                         | 680                         | 8.2                     | 24.8                    | 436                                     |
| Vangsvatnet                 | 10                          | 31                          | 0.4                     | 0.9                     | 14                                      |
| Lilandsosen til Evanger ovf | 14                          | 140                         | 1.2                     | 4.1                     | 54                                      |
| Evanger                     | 35                          | 105                         | 1.5                     | 4.2                     | 70                                      |
| Evangervatnet               | 7                           | 18                          | 0.2                     | 0.5                     | 8                                       |
| Evangervatnet til Bolstad   | 2                           | 53                          | 0.4                     | 1.5                     | 23                                      |
| Bolstadfjorden til Stamnes  | 5                           | 33                          | 0.4                     | 1.1                     | 15                                      |
| Erosjon og utrasing         | 20                          | 204                         | 1.3                     | 4.9                     | 96                                      |
| Stengt E16 og jernbane      | 10                          | 27                          | 0.3                     | 1.0                     | 10                                      |
| Til saman                   | <b>279</b>                  | <b>1363</b>                 | <b>14.6</b>             | <b>45.1</b>             | <b>756</b>                              |

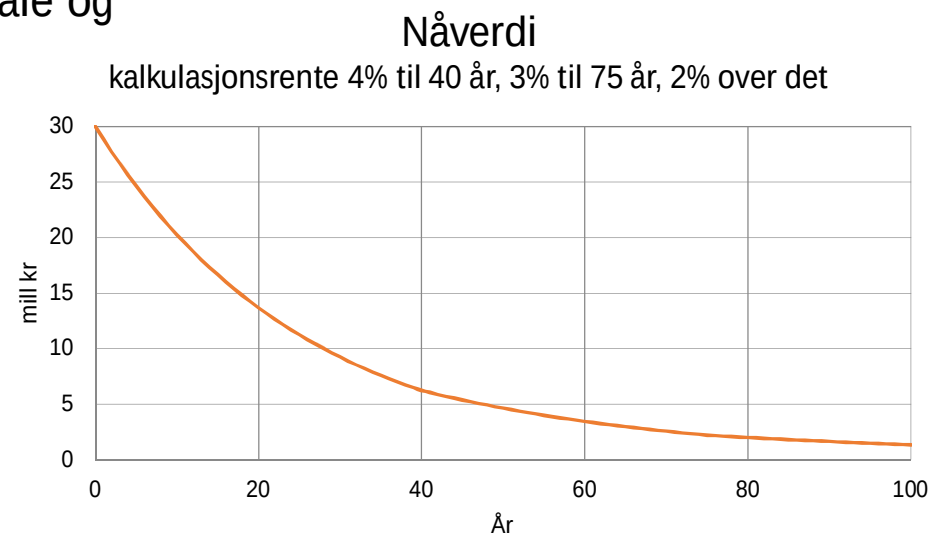
# Skade som er vurdert

## Direkte kostnader:

- Bygninger – med ulik skadeprosent ut frå bygningsmateriale og vannstand i bygget
- Landbruksareal - avlingsskade og totaltap.
- Offentlege areal (parker og liknande)
- Infrastruktur – vegar, jernbane og bruer
- Bilar på parkeringsplassar og parkeringshus

## Indirekte kostnader:

- Omkøyringskostnader – kjøretøykostnader og tidstap
- Fyrstelinje mobilisering og opprydding, fast sats 5% av materielle kostnader
- Opprydding bygningar og leigekostnad for busette
- Andre indirekte kostnader (avbrot, varelager osv.) 30 til 50% av direkte kostnader.





# NVE SIN VURDERING





## Vurdering

- Det er mogleg å sikre busetnad og infrastruktur mot ei 200-årshending inkludert klima med flaumtunnelar
- Analysen av samfunnsøkonomisk nytte tilseier at det er vanskeleg å forsvare investeringar i dei flaumtunnelane som vi har presentert



## Vår tilråding til vidare arbeid

- Lokale flaumsikringstiltak
  - Etablere grunnvassmodell
  - Detaljprosjektering
- Andre tunnelalternativ
  - Hydrologien høgt oppe i vassdraget må vurderast nærmare
- Vegtunnel som flaumtunnel
  - Vurdering saman med Statens Vegvesen