

# Flaum og miljø i eit endra klima. Restaurering, flaumsikring og betra miljøtilstand.



Pulg, U., Hauer, C., Floedl, P., Stranzl S., Olsen E. E., Postler, C., Lennox J. R.

*NORCE LFI Bergen. [ulrich.pulg@uni.no](mailto:ulrich.pulg@uni.no)*



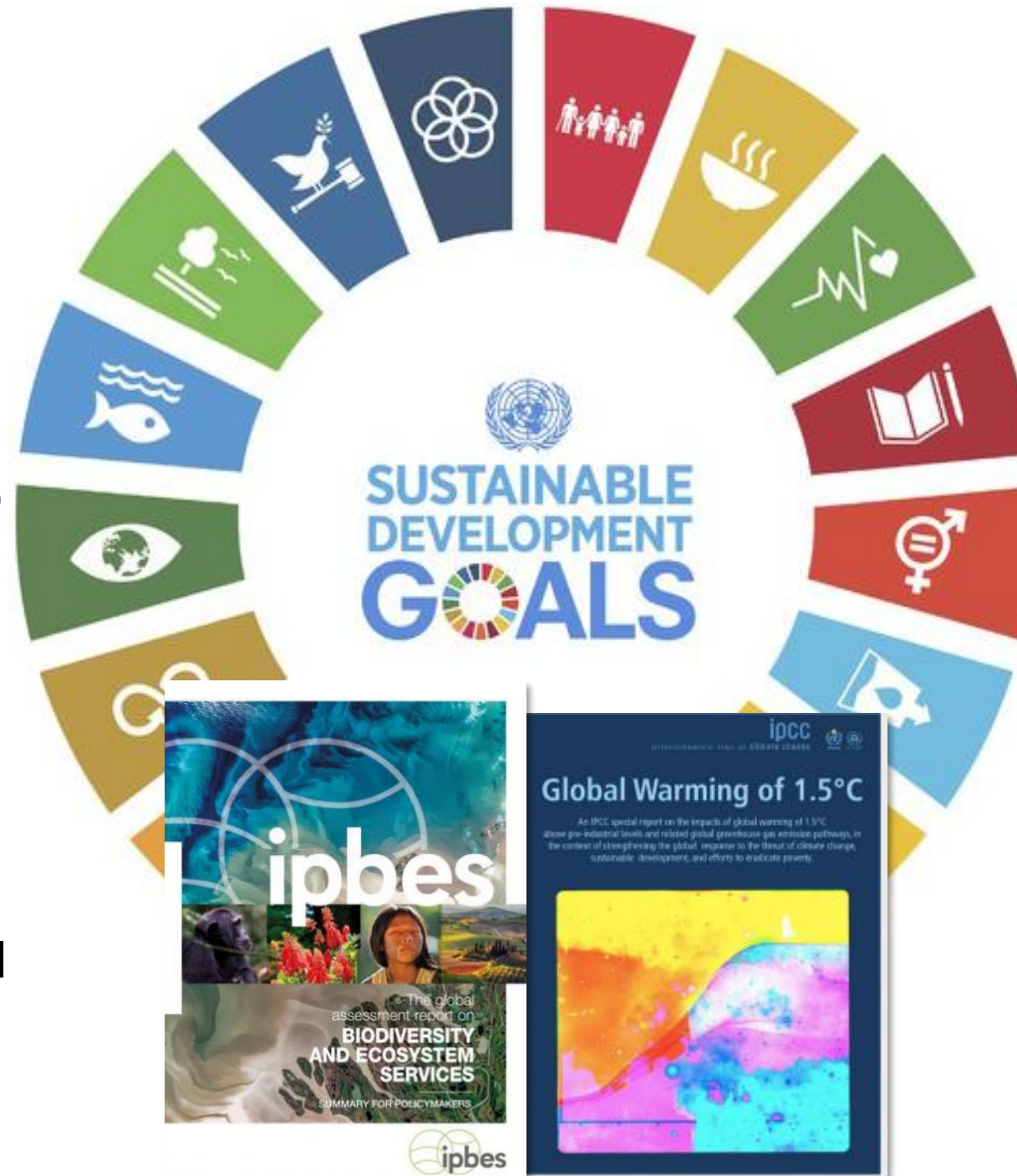
## Bakgrunn

- Klima- og naturkrise
- Behov for **klimatilpasning** (NVE: 86 milliarder kr)  
**&**
- **Bedre økologisk tilstand**

FLOM & MILJØ

NVE, Statsforvalter & Fylkeskommune Vestland

NORCE LFI med BOKU Wien

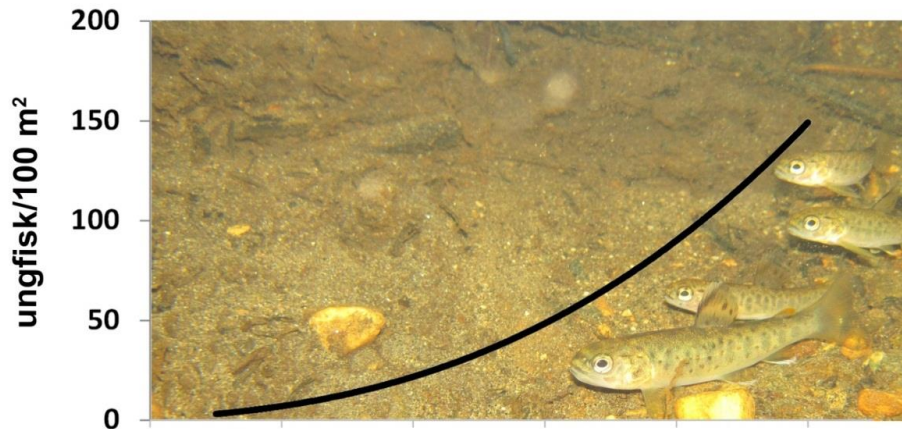


# Er tradisjonell flomsikring så farlig for miljøet?

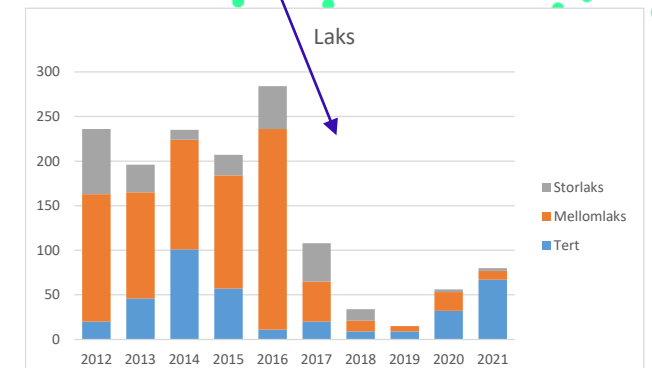
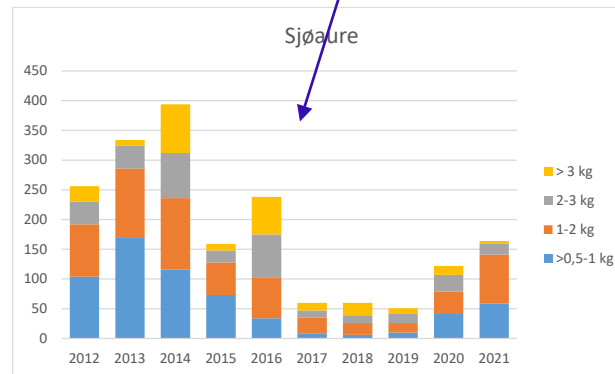
- Kanalisering, erosjonssikring, avskjæring av flomsletter og oppdemming er blant hoveddrivere for nedgang av økologisk tilstand i vassdrag



Fisk og bunndyr er avhengig av naturlig fysisk habitat



## Bestandsnedgang pga. flomsikring



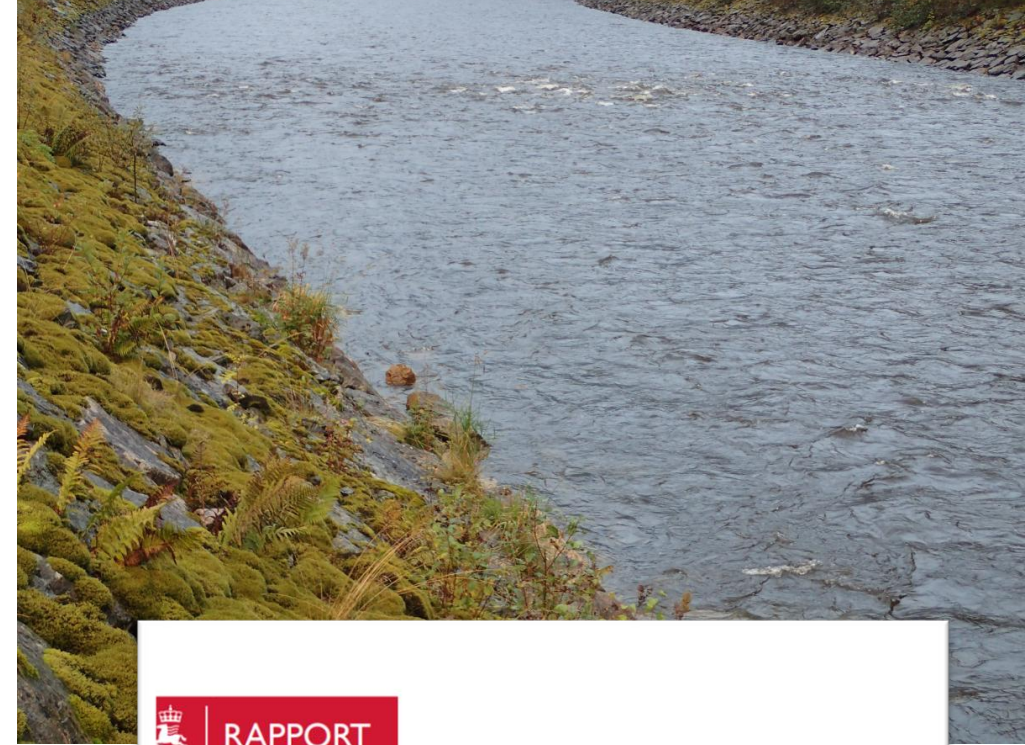
## Tradisjonell flomsikring

### Kanalisering og erosjonssikring muliggjør arealbruk og sikrer det mot flom

- Inntil dimensjonerende vannføring
- Ved større flommer eller svikt er skaderisiko større fordi vannet er akselerert og arealbruk i faresone

### Regulering med magasinkraftverk kan brukes til flomdemping

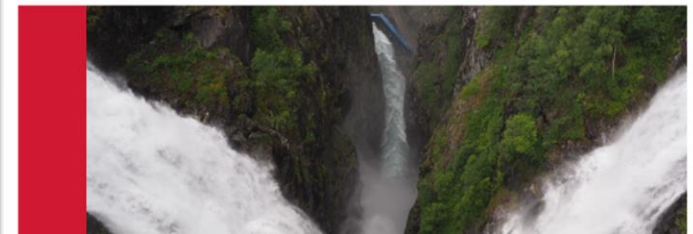
- Svært effektivt ved mindre flommer ( $< Q_{200}$ ) og ved tomme magasiner (våren)
- Begrenset effekt ved store flommer ( $Q_{200}+40\%$  klimapåslag)
- Begrenset effekt når magasinene er fulle (høst)



Nr. 21/2021

Flomberegninger i regulerte felt — hvordan vassdragsreguleringer og flomforløp påvirker flomforholdene

Rapport fra FoU-prosjekt 80507  
Seija Stenius, Thomas Væringstad, Per Glad, Erik Holmqvist, Kolbjørn Engeland og Demissew Kebede Ejigo





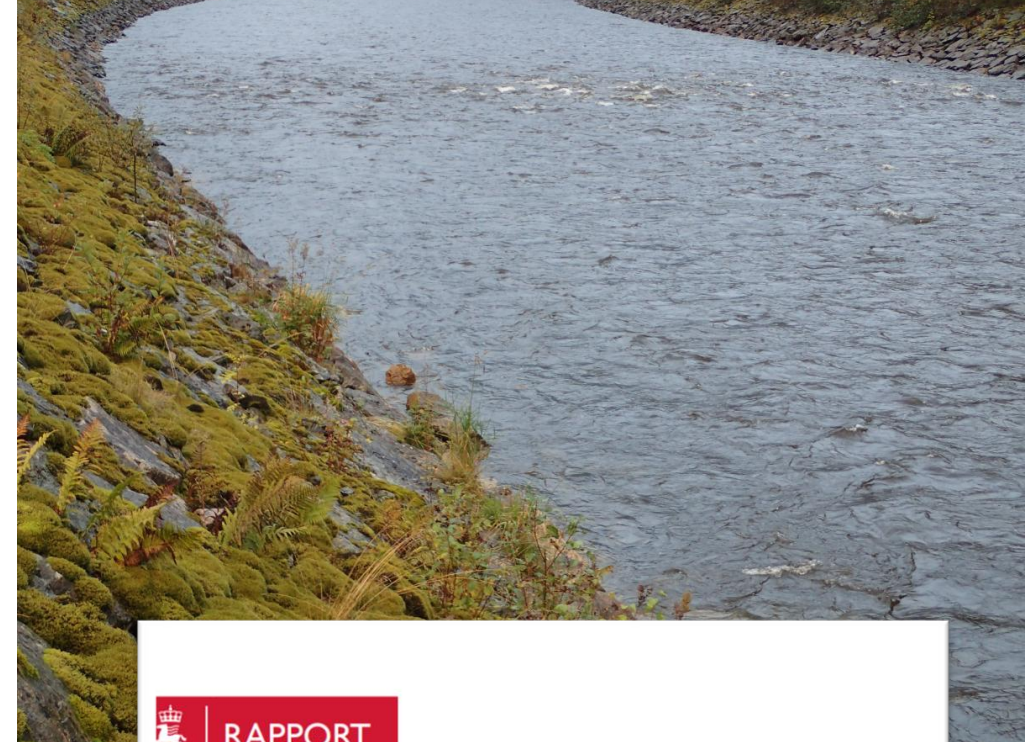
Figur 114. Eksempler fra finsedimentmobilisering fra granfelt tillopsbekk.

Figur 115. Eksempel fra finsedimentmobilisering fra flatehogst. Det var ingen fangdam eller lignende installert og sporene fra maskiner går rett i elven.

**Vi erkjenner:**

**Fortsetter vi som før**

- **kan vi ikke nå miljømålene satt for vassdrag i Norge**
- **Kan vi ikke holde «forverringsforbudet» (av økol. tilstand)**
- **Er det vanskelig og ofte umulig å beskytte oss mot fremtidens flommer**
- **Vi er nødt å gi vannet mere plass når flommene blir større**



**RAPPORT**

Nr. 21/2021

Flomberegninger i regulerte felt — hvordan vassdragsreguleringer og flomforløp påvirker flomforholdene

Rapport fra FoU-prosjekt 80507  
Seija Stenius, Thomas Væringstad, Per Glad, Erik Holmqvist, Kolbjørn Engeland og Demissew Kebede Ejigo



# Integrere naturbaserte løsninger inklusive restaurering i flomrisikohåndtering

- **Naturbaserte løsninger - Hva er de ? Og hva er de ikke?**

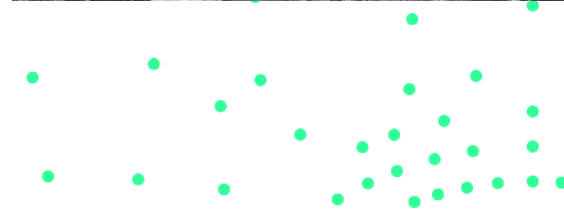
*«Naturbaserte løsninger er tiltak til å bevare, bærekraftig forvalte eller restaurere naturlige eller endrete økosystemer. De rettes mot samfunnsmessige utfordringer på en effektiv og etterjusterbar måte og sikrer både velvære til mennesker og biodiversitet».*

For å skille fra ingeniørbiologi eller bredden av tiltak i hage- og landskapsarkitektur tilføyes i henhold til (Sowińska-Świerkosz and García 2022): **Naturbaserte løsninger er inspirert av og bidrar til en utvikling mot en naturlig referansetilstand**

<https://www.iucn.org/commissions/commission-ecosystem-management/our-work/nature-based-solutions>

Sowińska-Świerkosz, Barbara, and Joan García. 2022. 'What are Nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification',

*Nature-Based Solutions*, 2: 100009.



Regnbed, skjeveland.no

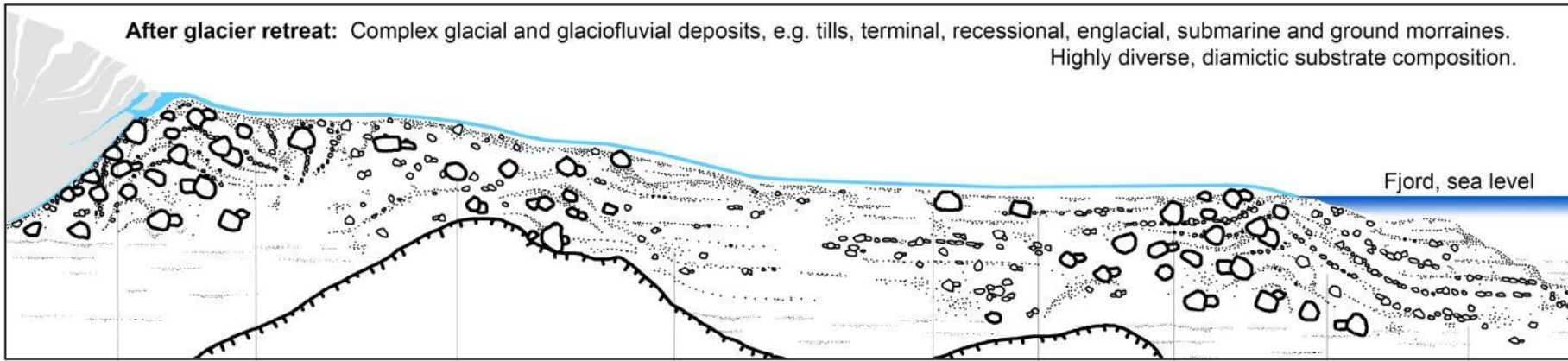


Grunnlag for naturbaserte løsninger i vassdrag:

Hva er naturlige elver og hvordan ble de dannet?



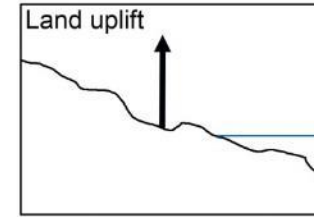
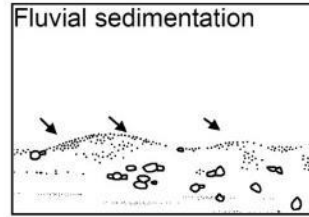
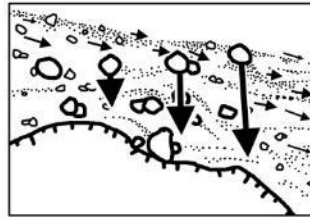




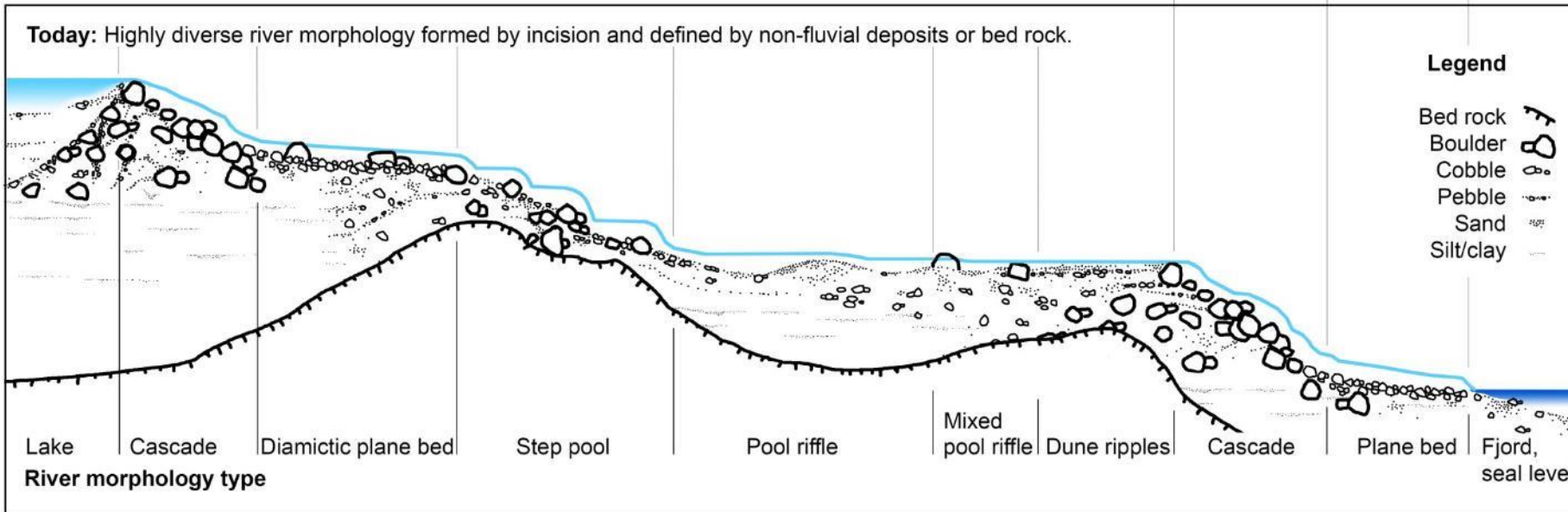
**Geomorphological processes:**

→ Fluvial incision and erosion of small particles.

↓ Vertical incision of large particles.

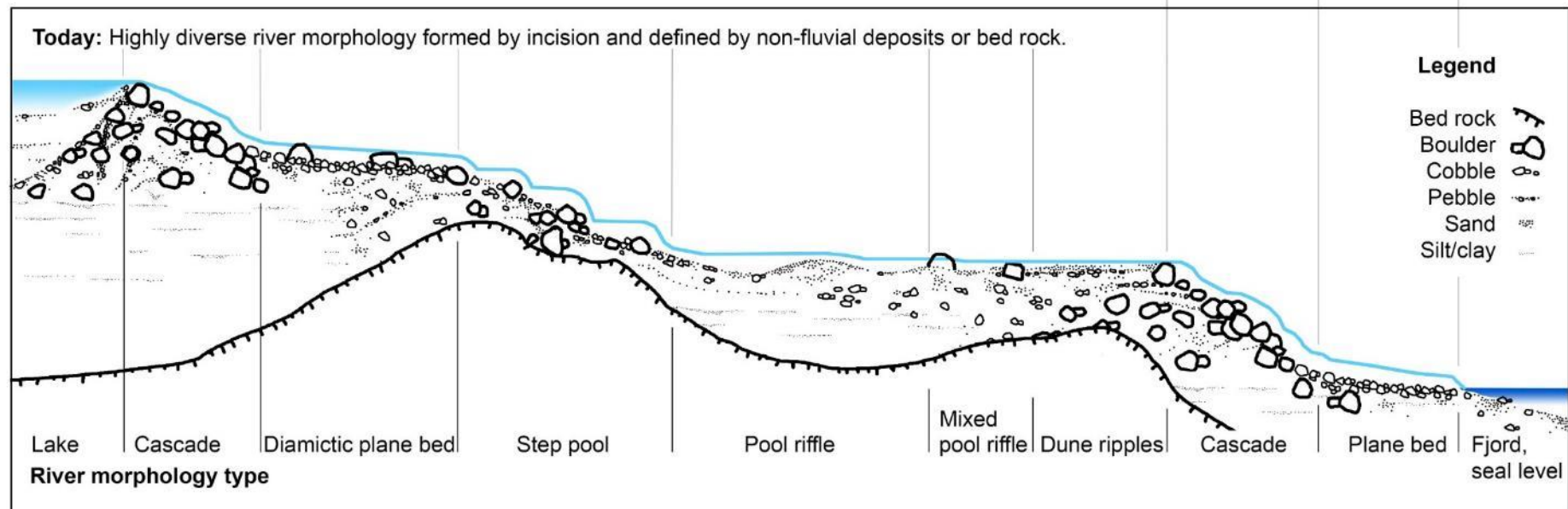
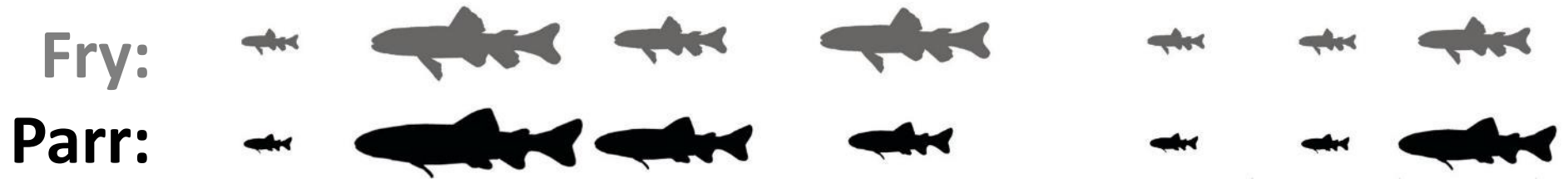


**Today:** Highly diverse river morphology formed by incision and defined by non-fluvial deposits or bed rock.



Hauer & Pulg 2018: The non-fluvial nature of Western Norwegian rivers. Catena 171.

Ørret og laksetettheter, fiskesamfunn, habitattyper og vandringsmuligheter varierer mellom elvetyper:



Finstad et al. 2007

Teichert et al 2011

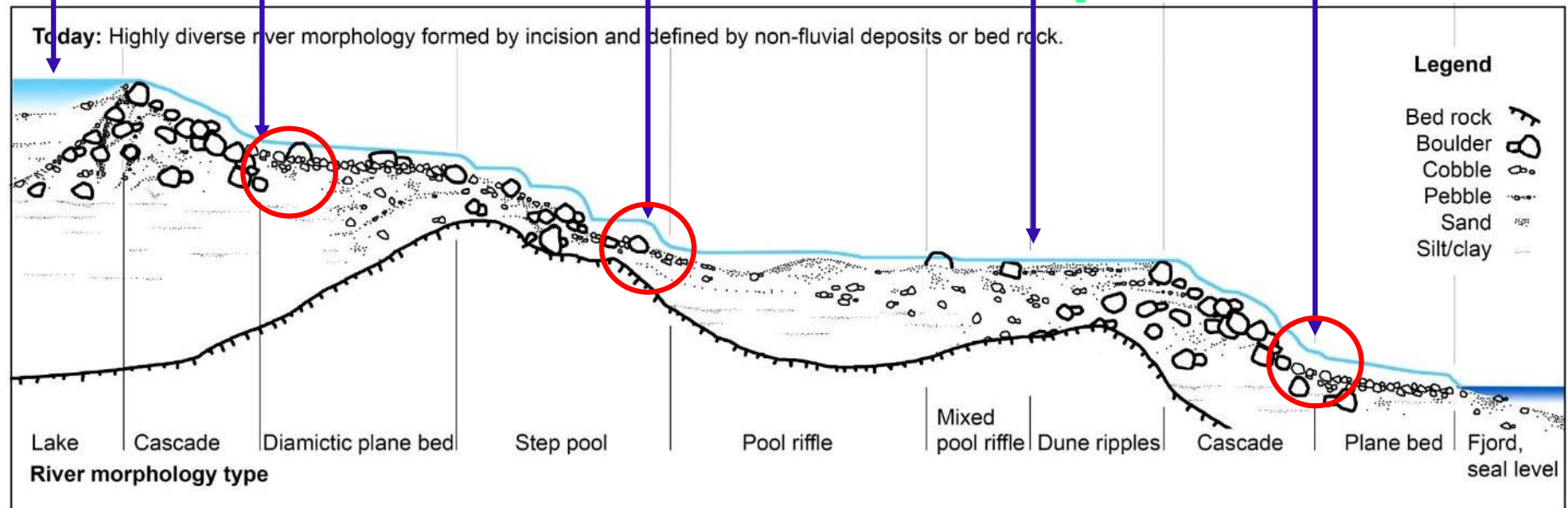
Foldvik et al. 2017

Pulg et al. 2011

Pulg et al. 2019

# Flomskaderisiko varierer mellom elvetyper

Oversvømmelse      Erosjon      Erosjon      Oversvømmelse      Erosjon



Hauer et al. 2021

Pulg et al. 2020

## 2014-flommen i Flåmselva and Opo

Morfodynamikk med erosjon der stabile ikke-fluviale elvestrekninger treffer på fluviale og glasifluviale



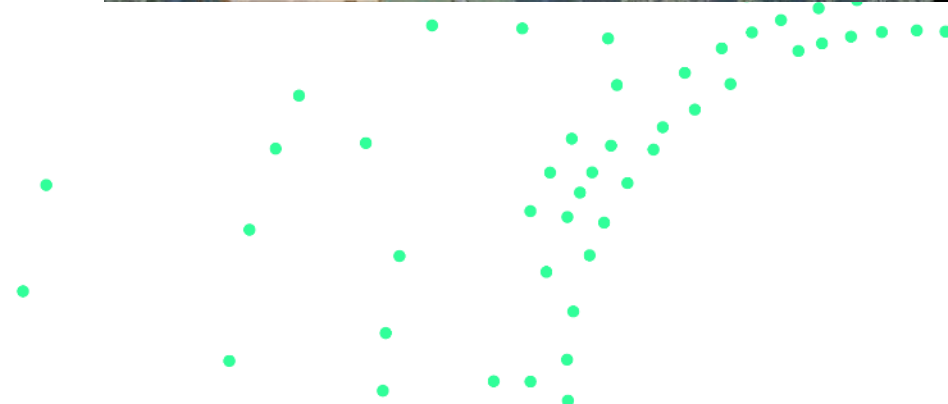
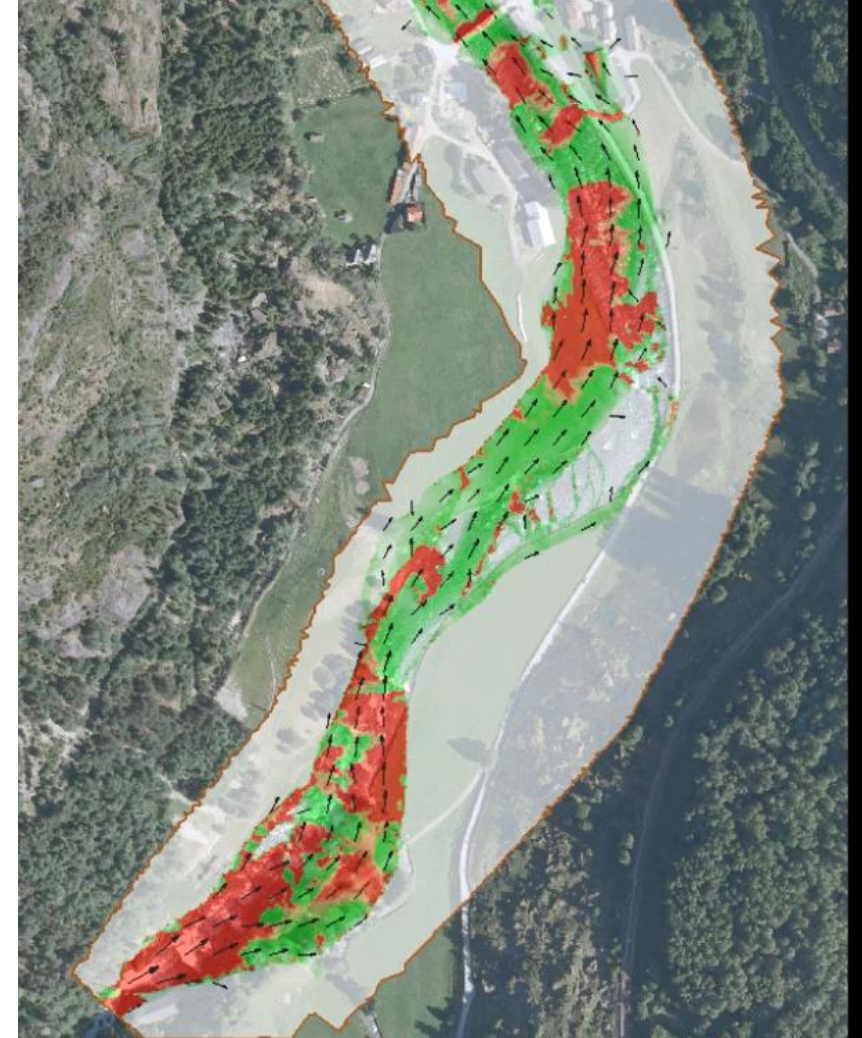
## Erosjonsrisiko og morfodynamikk

- Undervurdert i flomrisikoanalyser
- Både oversvømmelse (flomsone) og morfodynamikk bør inkluderes

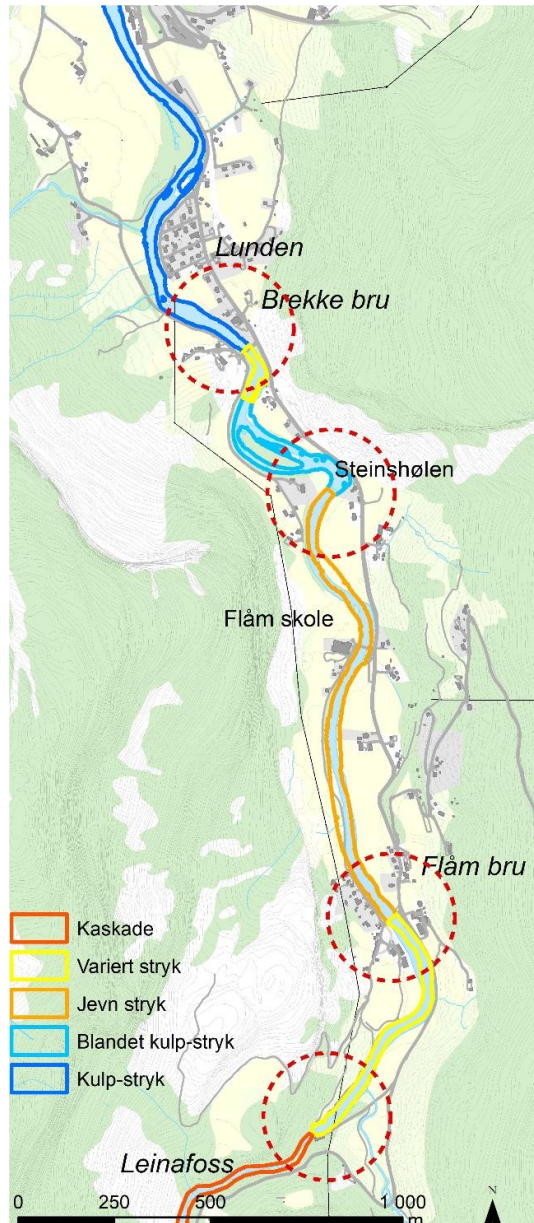
Ny modell til predikering av morfodynamikk ved flom

Flow & Froude nr. + geomorfologi

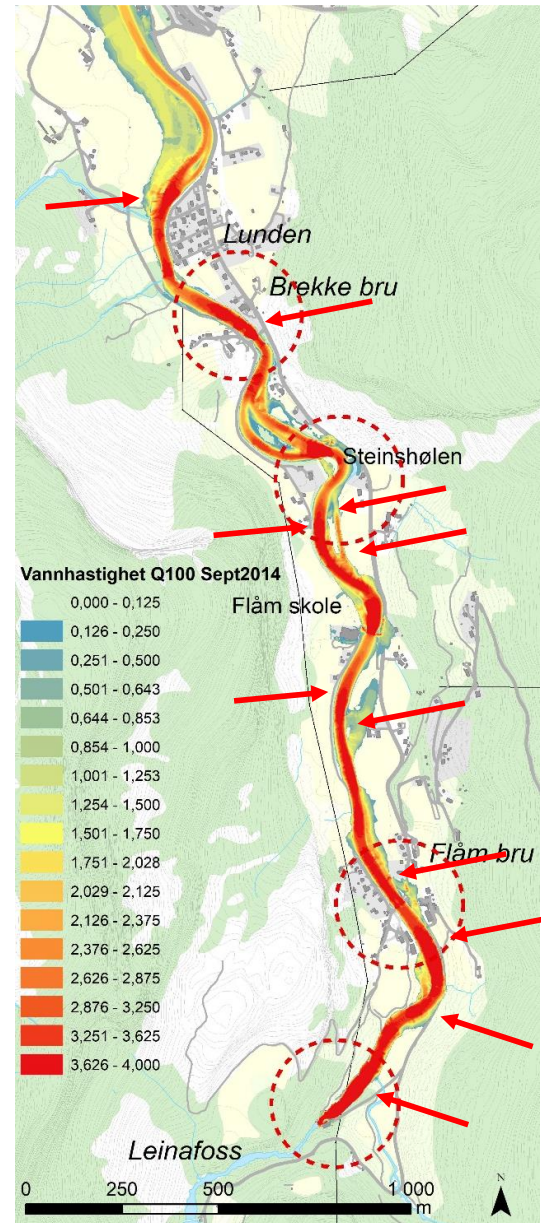
Hauer et al (2021) CRITICAL FLOWS IN SEMI-ALLUVIAL CHANNELS DURING EXTRAORDINARILY HIGH DISCHARGES: IMPLICATIONS FOR FLOOD RISK MANAGEMENT



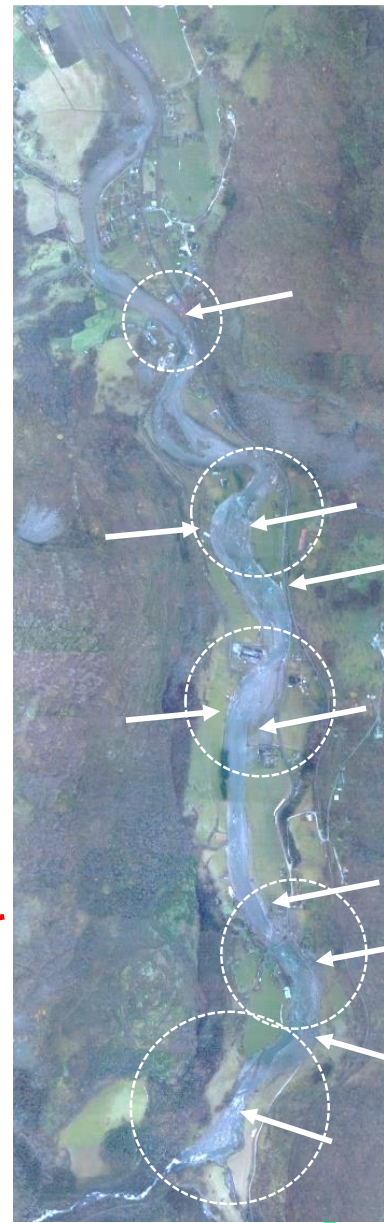
# Flåmselva: Analyse elvetyper



# Hydr. modell



# Morfodynamikk i 2014-flommen



Figur 1. Analyse av risiko for morfodynamikk og erosjon for Flåmselva basert på elveseng fra september 2014, før flommen. På venstre basert på elvetyper (sirkler gjenspeiler høy risiko), i midten basert på hydraulisk modell og elvetyper (Q100, piler indikerer høy risiko). På høyre vises den reelle

# Naturbasert flomrisikohåndtering i vassdrag

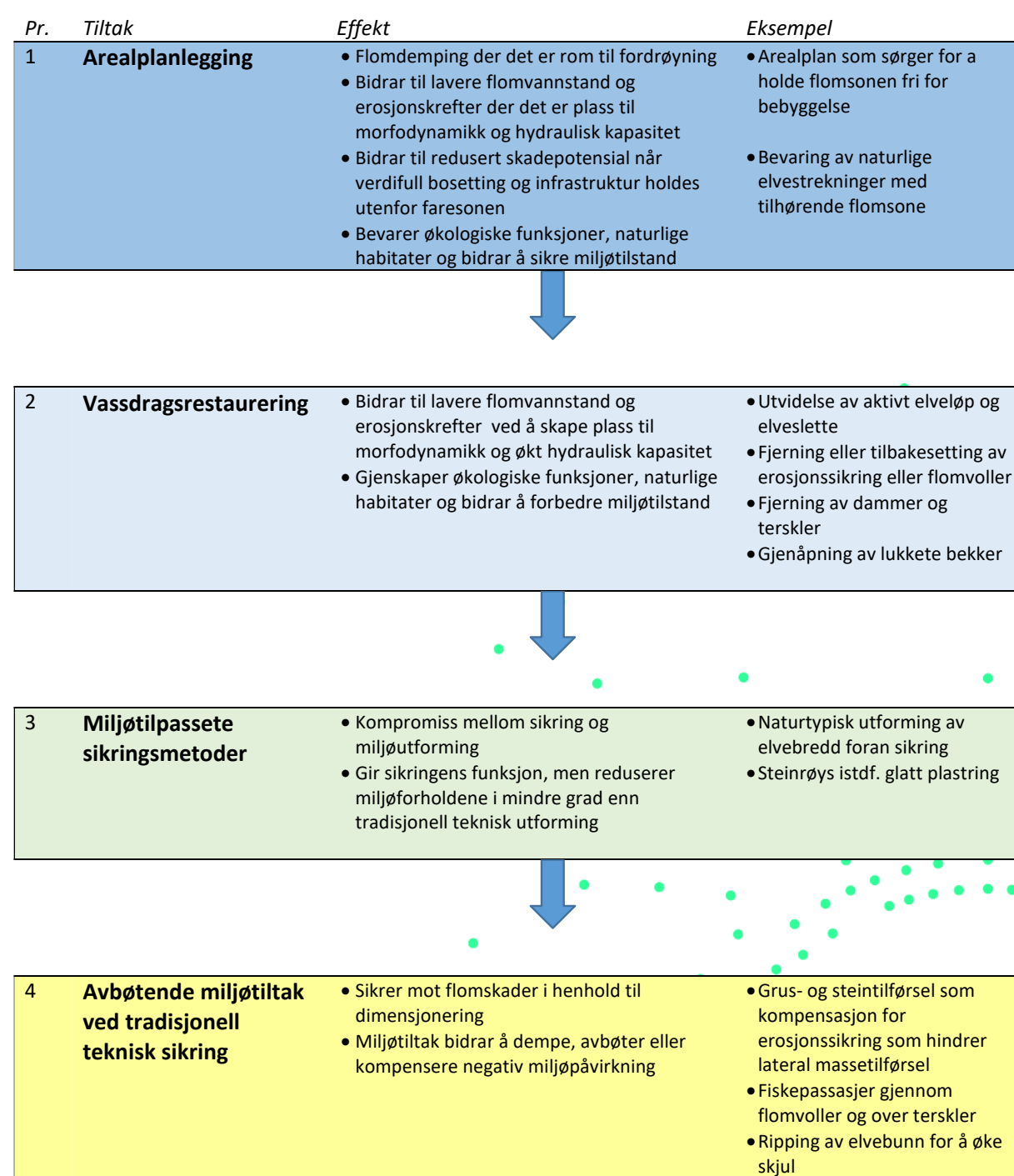
Mulig overalt ???

## Krav til vurdering av NBS

Dersom andre løsninger [enn naturbaserte] velges, skal det begrunnes hvorfor naturbaserte løsninger er valgt bort.

## Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning

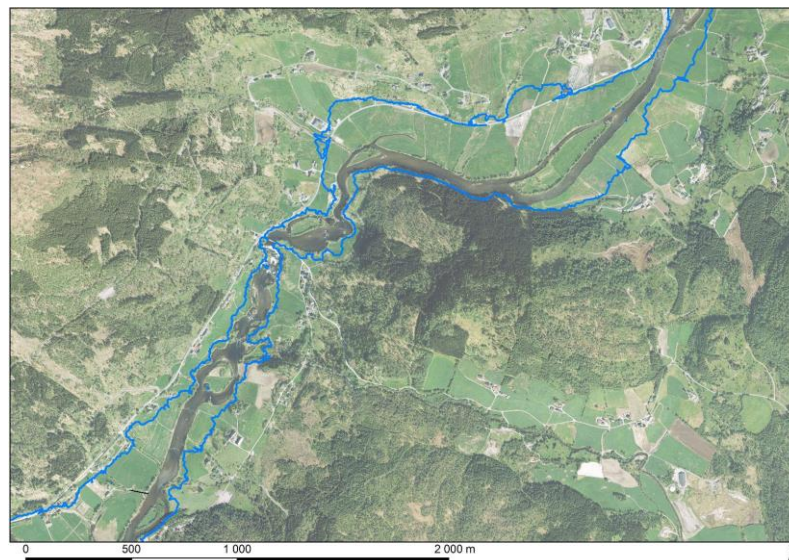
[https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469/KAPITTEL\\_4-3#KAPITTEL\\_4-3](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469/KAPITTEL_4-3#KAPITTEL_4-3)



<i>Pr.</i>	<i>Tiltak</i>	<i>Effekt</i>	<i>Eksempel</i>
1	<b>Arealplanlegging</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flomdemping der det er rom til fordrøyning</li> <li>• Bidrar til lavere flomvannstand og erosjonskrefter der det er plass til morfodynamikk og hydraulisk kapasitet</li> <li>• Bidrar til redusert skadepotensial når verdifull bosetting og infrastruktur holdes utenfor faresonen</li> <li>• Bevarer økologiske funksjoner, naturlige habitater og bidrar å sikre miljøtilstand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arealplan som sørger for å holde flomsone fri for bebyggelse</li> <li>• Bevaring av naturlige elvestrekninger med tilhørende flomsone</li> </ul>

### Eksempel Nausta:

- Vernet vassdrag
- Tradisjonell bebyggelse utenfor flomsone





## 2 Vassdragsrestaurering

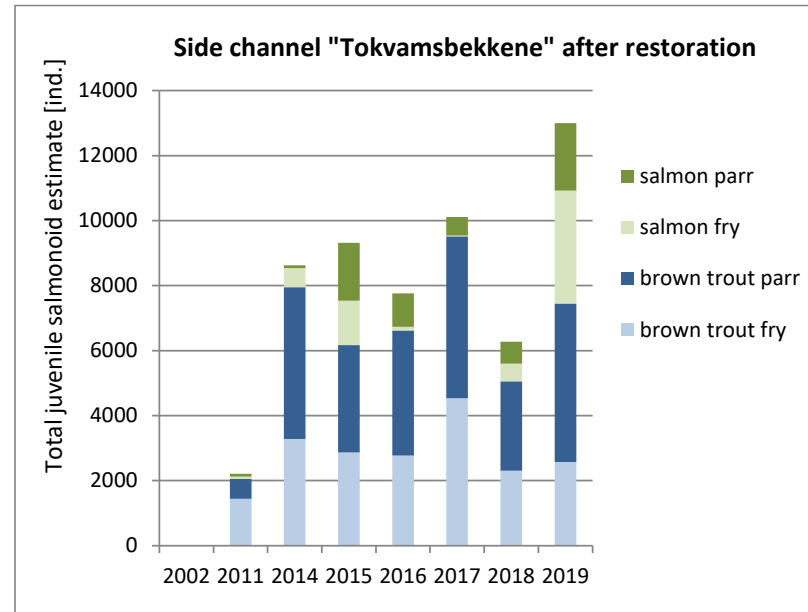
- Bidrar til lavere flomvannstand og erosjonskrefter ved å skape plass til morfodynamikk og økt hydraulisk kapasitet
- Gjenskaper økologiske funksjoner, naturlige habitater og bidrar å forbedre miljøtilstand

- Utvidelse av aktivt elveløp og elveslette
- Fjerning eller tilbakesetting av erosjonssikring eller flomvoller
- Fjerning av dammer og terskler
- Gjenåpning av lukkede bekker

### Eksempel

Aurlandsvassdraget :

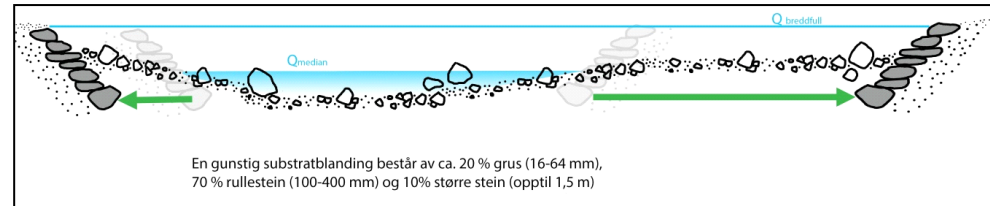
- Ubebygget flomslette i Vassbygdelvis delta og
- Restaurering av sideløp



### 3 Miljøtilpassete sikringsmetoder

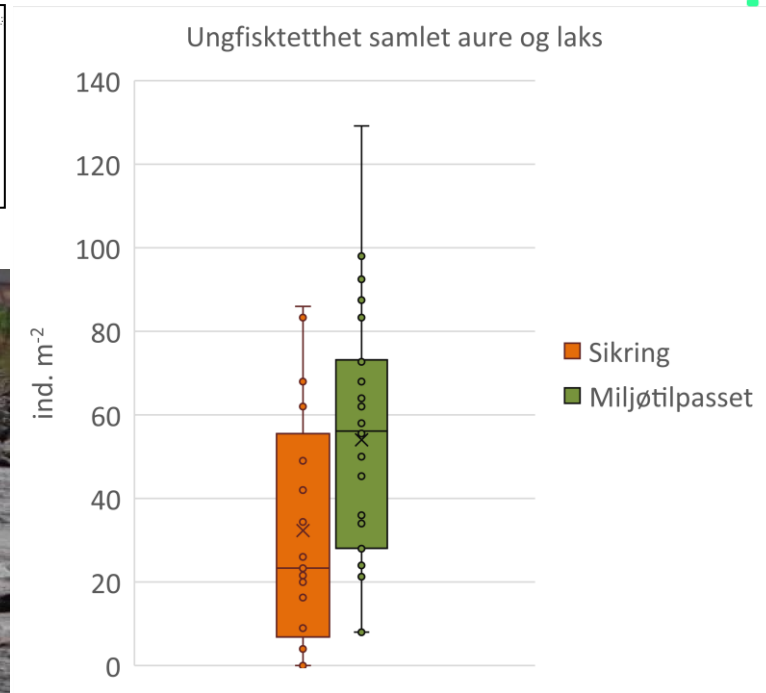
- Kompromiss mellom sikring og miljøutforming
- Gir sikringens funksjon, men reduserer miljøforholdene i mindre grad enn tradisjonell teknisk utforming

- Naturtypisk utforming av elvebredd foran sikring
- Steinrøys istdf. glatt plastring



### Eksempel Flåmsvassdraget

- Delvis utvidelse
- Plass til «interiør»
- Naturtypisk sediment foran sikring



Figur 1. Box-plots av samlede ungfisktettheter på stasjoner langs vanlig (grønn), n = 49, 2016-2020

## 4 **Avbøtende miljøtiltak ved tradisjonell teknisk sikring**

- Sikrer mot flomskader i henhold til dimensjonering
- Miljøtiltak bidrar å dempe, avbøter eller kompensere negativ miljøpåvirkning

- Grus- og steintilførsel som kompensasjon for erosjonssikring som hindrer lateral massetilførsel
- Fiskepassasjer gjennom flomvoller og over terskler
- Ripping av elvebunn for å øke skjul

Pr. = prioritet når både flomrisikohåndtering og miljøtilstand skal forbedres. TH = Tiltakshierarki

Eksempel Aurlandsvassdraget, Apeltunvassdraget m.m.

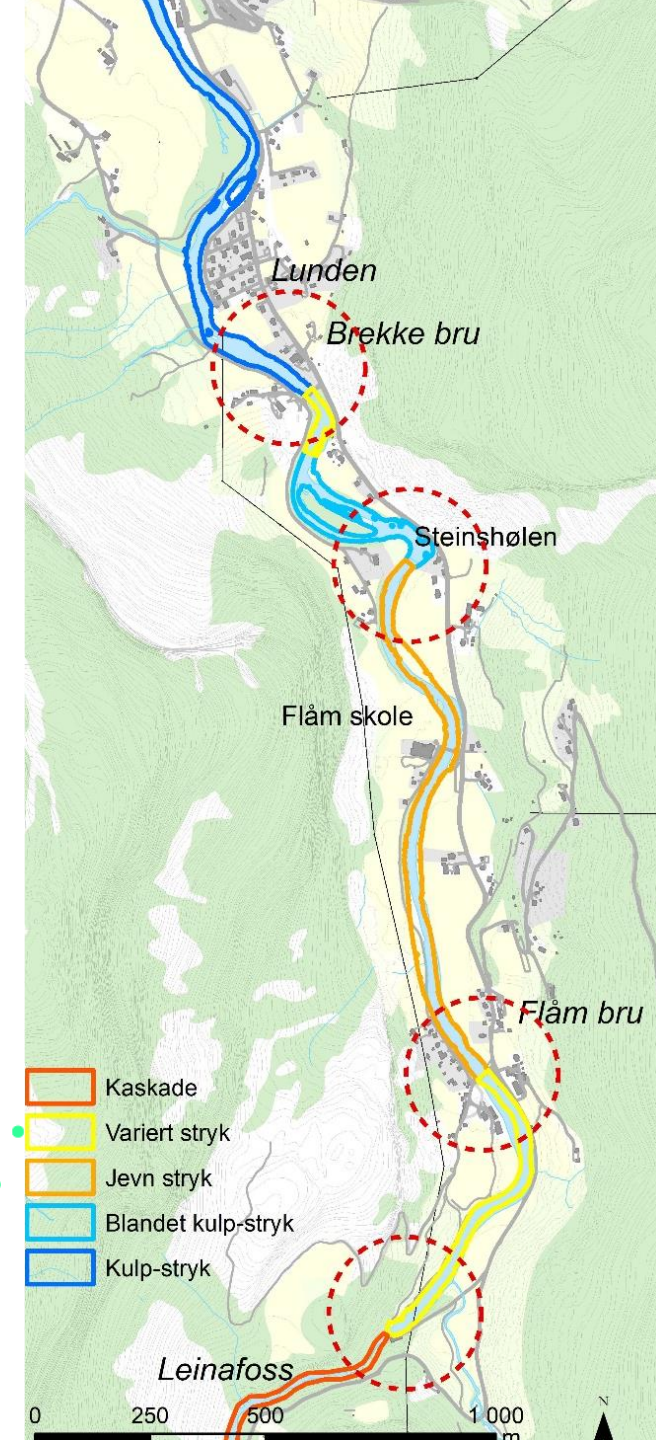
- Avbøtende habitattiltak
- Med vedlikehold
- Vanlig for andre inngrep



# Hvordan kan det se ut i praksis? Flåmselva - løsningsalternativer

Elvestrekninger med typiske egenskaper  
(morfologiske elvetyper)

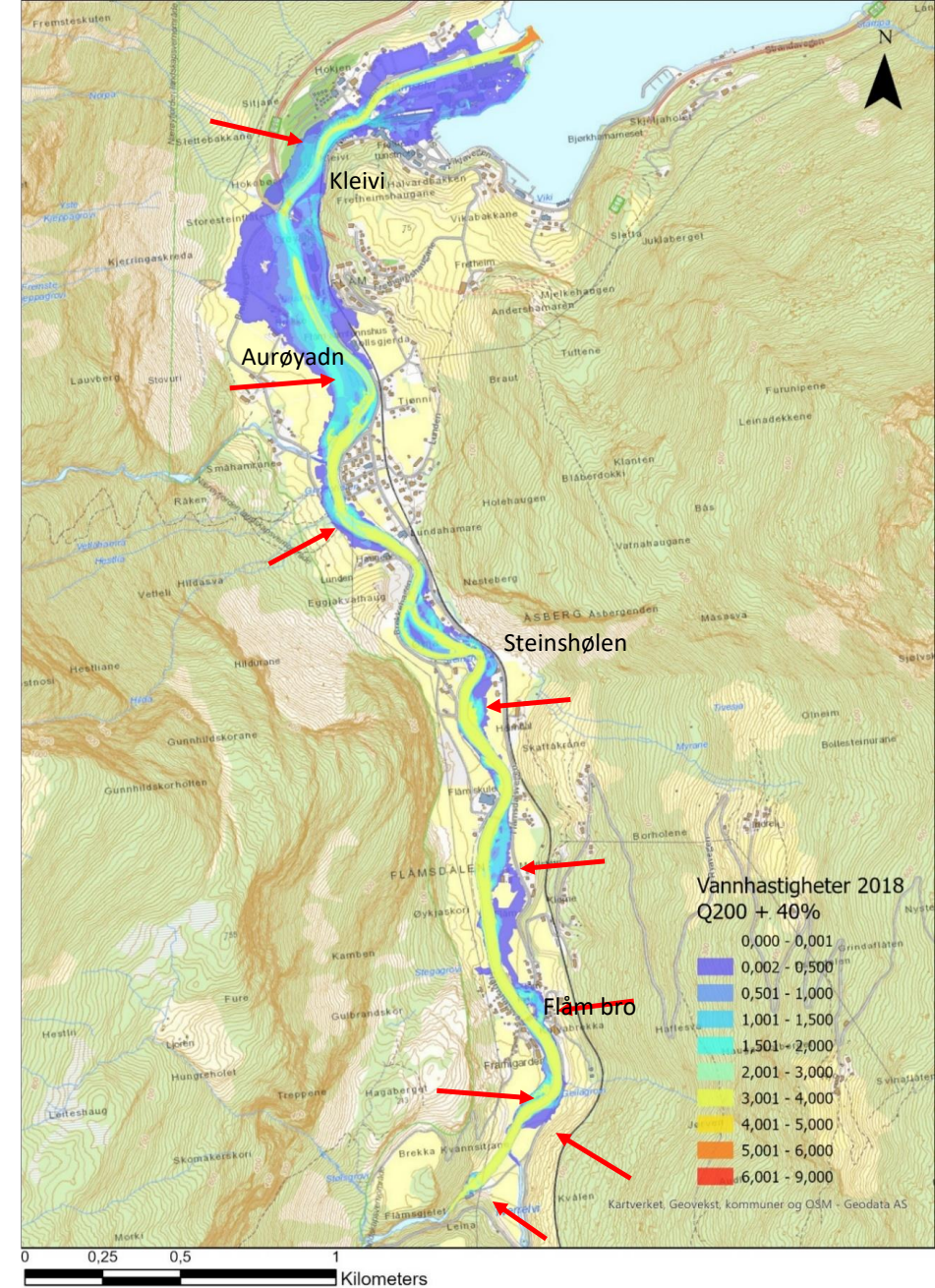
- Flomrisiko
- Sårbarhet
- tiltak



# Hvordan kan det se ut i praksis? Flåmselva - løsningsalternativer

## 2D - Hydraulisk modell

- Oversvømmelsesle (flomsone)
- Morphodynamikk (erosjon, piler)



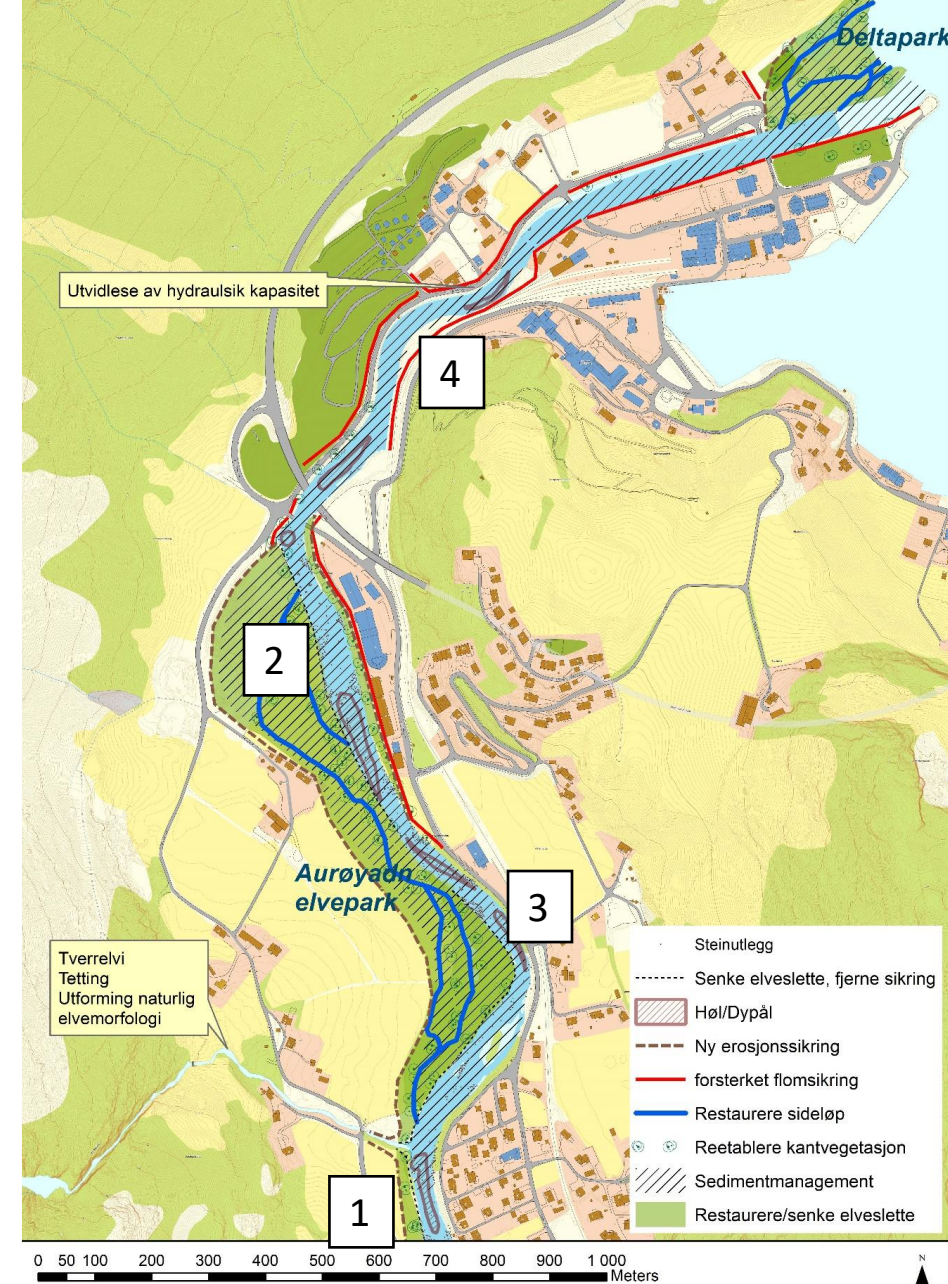
Figur 1. Modellerte vannhastigheter for Q 200+40 % i elvegeometrien før flommen i 2014. Piler i røde områder med høy erosjonsrisiko.

# Hvordan kan det se ut i praksis? Flåmselva - løsningsalternativer

Kategori

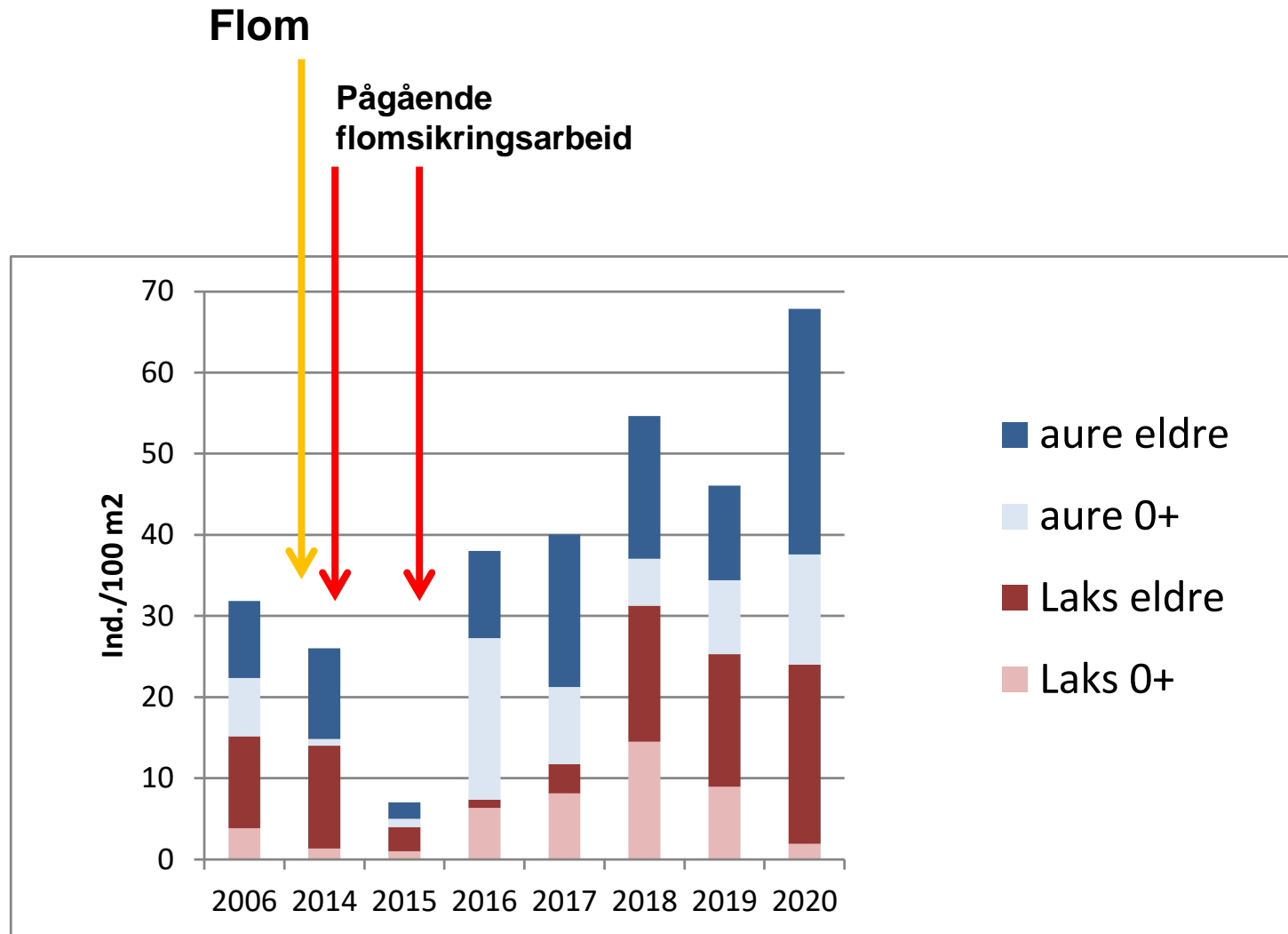
1. Bevaring av ubebygget flomsone
2. Restaurering av elveslette og flomsone inkl. sedimentregime og morfodynamikk
3. Miljøtilpasset sikring
4. Teknisk sikring med avbøtende tiltak (grusutlegg, kantvegetasjon mm.)
4. Flomdemping i magasiner

4

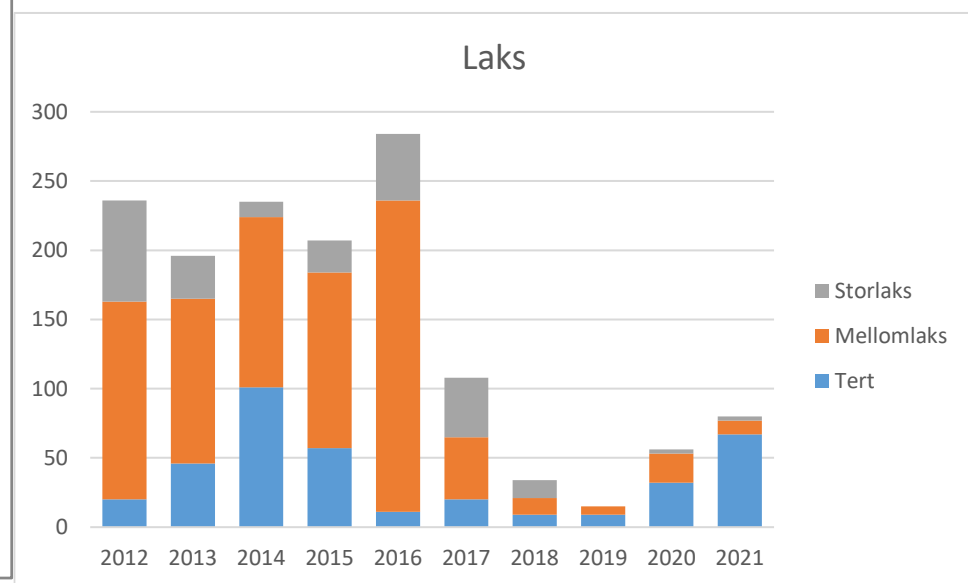
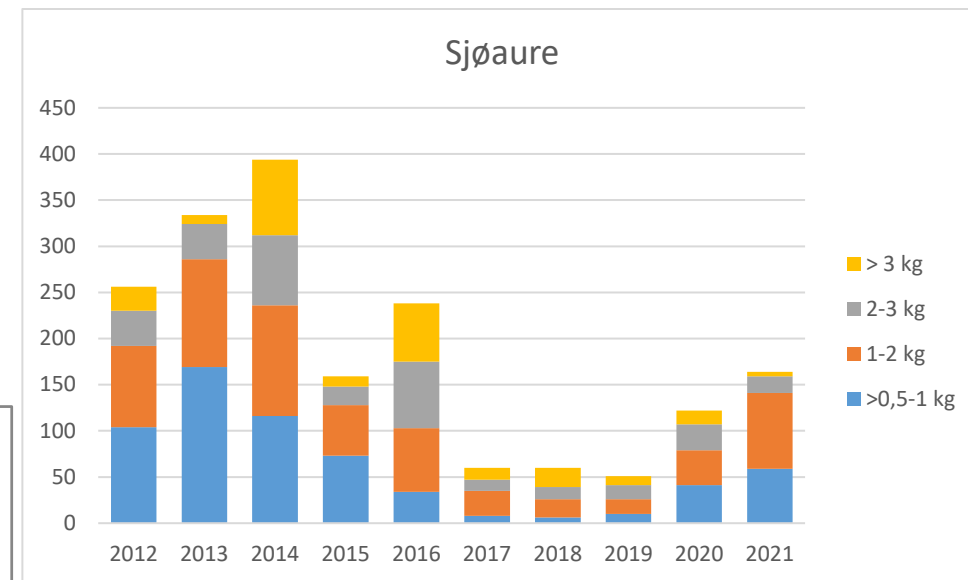


Figur 1. Integrativ plan til flomsikring og miljøtiltak for nedre Flåmselva. Elveutvidelsene gir mulighet for elverestaurering og kan brukes som elveparker og miljøtiltak slik som tegnet her – men kan også utformes som beite- eller slåttemark.

# Fisk i Flåmselva



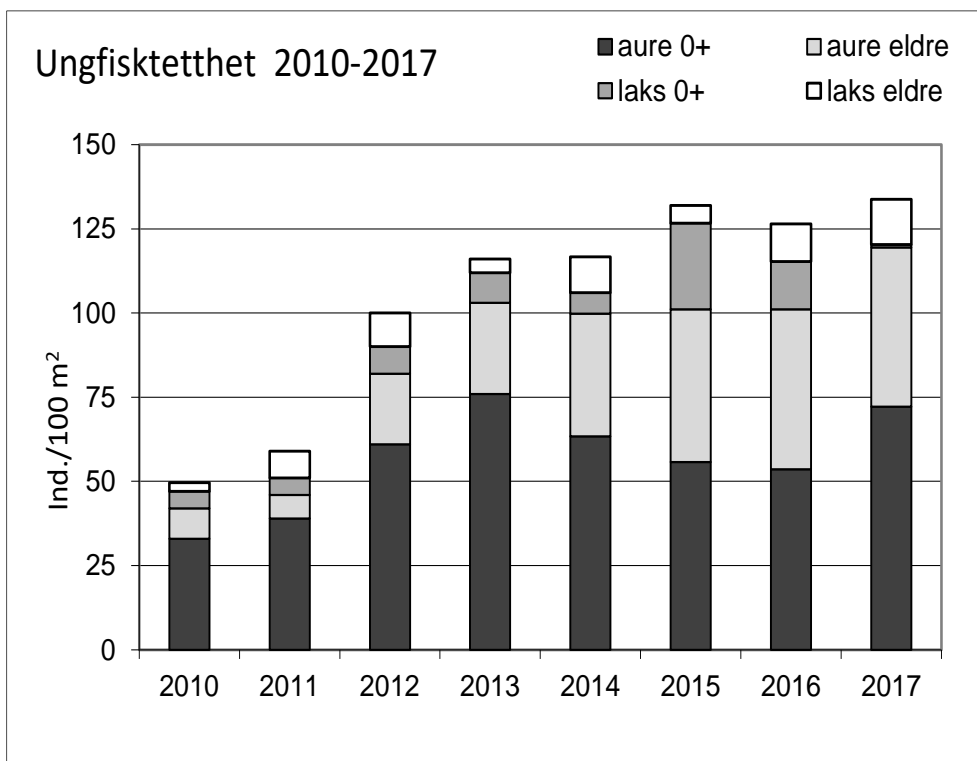
↑  
**Miljøtiltak**  
Naturtilpasset substrat med  
steinblokker, rullestein og grus



**Gytefisk laks og sjøaure (ind.) 2012-21**

## Eksempel tiltak: Grusutlegg

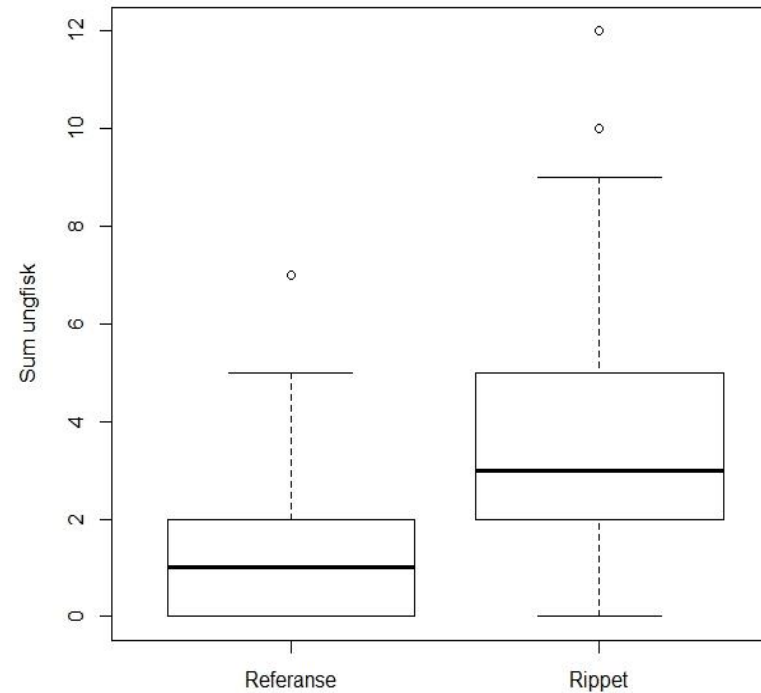
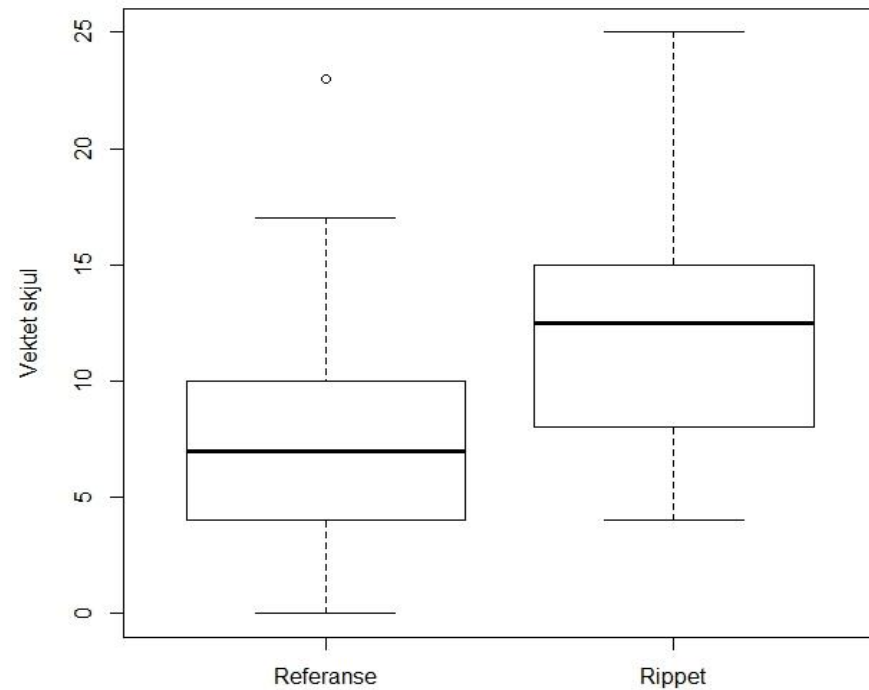
- Aurlandsvassdraget
- Mye gyting på arealene,
- økning av ungfisk
- Levetid > 10 år



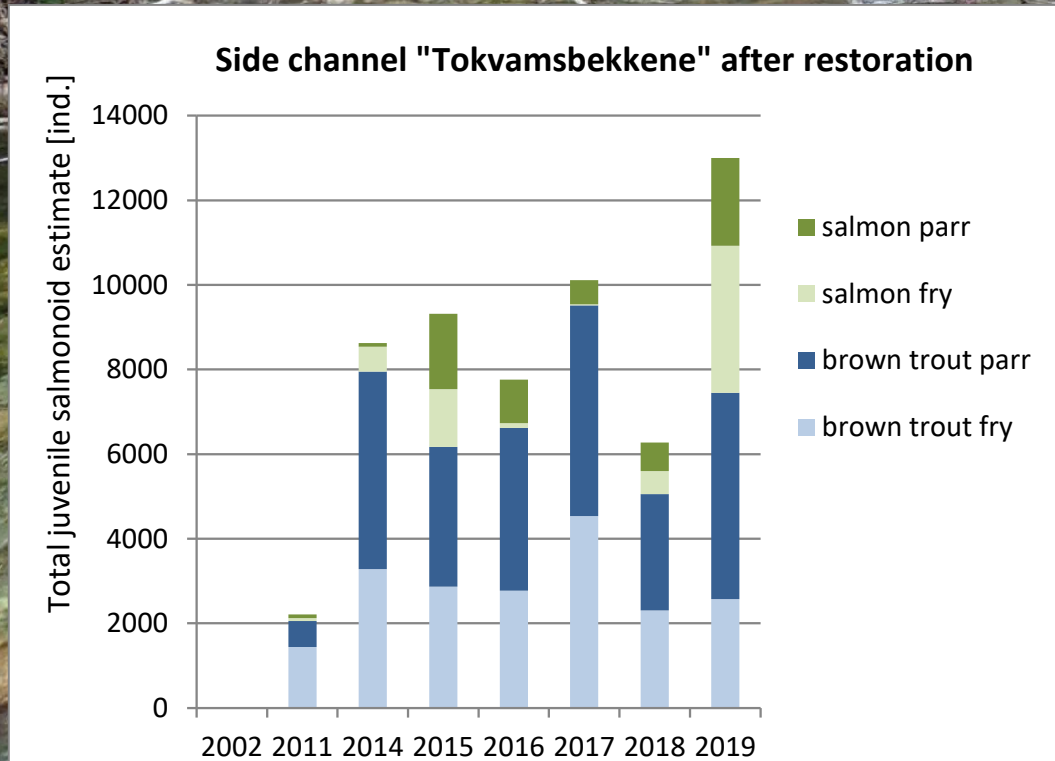
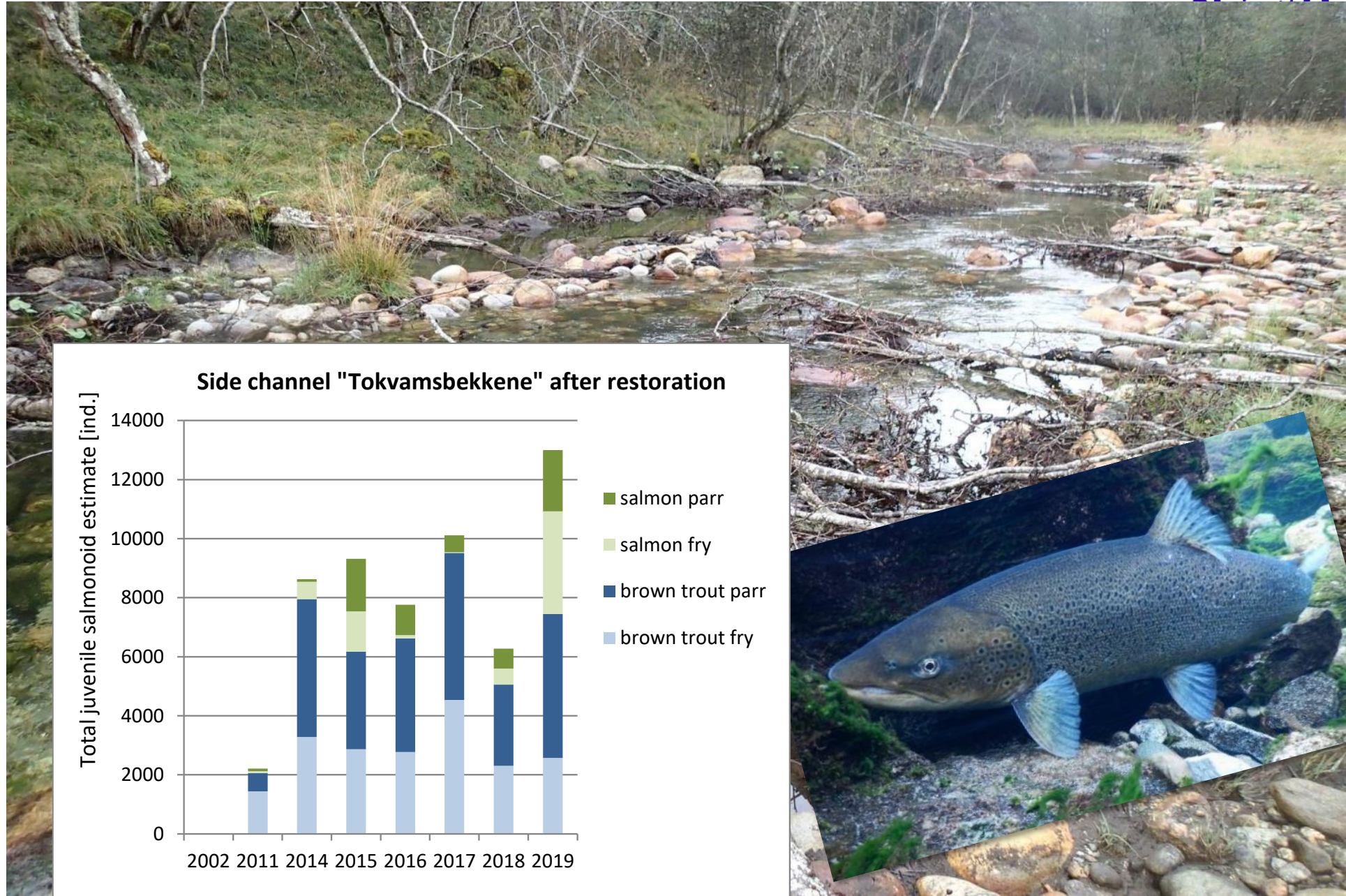


# Ripping av elvebunn til kompensasjon for tapte flommer

- 10-50 cm korndiameter dominerende
- 2014 arealene har fortsatt mye skjul
- Ca. 1-4 NOK/m<sup>2</sup>
- Ca. 0.2 NOK/m<sup>2</sup>/år
- Ca. dobbelt så mye ungfisk på rippet areal



# Tiltak - Restaurering av sideløp



# Eksempel på å gi elven mere plass i Norge

- Gran kommune
- Grunnerverv + arealbruksendring
- 6 bygninger fjernet
- Flomsone brukes som elvepark
- Stor stas



Hvorfor er det få nye NBS i norske vassdrag?



Tar flomsikringstiltak hensyn til miljø?

Tar miljøtiltak (Ellen Hambro: 1600) hensyn til flom?

- Science-practice gap ?
- Sektor gap?
- Departement – kommune gap?



4.8    Konkrete forslag for fremtidens risikohåndtering og naturbasert klimatilpasning ..... - 231 -

4.8.1    Formidling og tverrfaglighet ..... - 232 -

4.8.2    Finansiering ..... - 232 -

4.8.3    Integrativ planlegging - en masterplan flom & miljø ..... - 233 -

4.8.4    Bygge opp bedre etter flommer ..... - 233 -

4.8.5    Utforming og dimensjonering av elveløp ..... - 235 -



# Sammendrag og diskusjon

- Naturbaserte løsninger kan gi begge deler: bedre miljøtilstand og bedre flomsikring
1. Arealplanlegging og bevaring av flomsoner
  2. Vassdragsrestaurering inkl. gjenskaping av flomsoner
  3. Miljøtilpasset flomsikring etter naturlige forbilder
  4. Teknisk flomsikring med avbøtende miljøtilak
- Inkluder både oversvømmelses- og erosjonsrisiko samt geomorfologiske prosesser

<https://hdl.handle.net/11250/3043550>

