

Beregnet til  
**Lier Kommune**

Dokument type  
**Rapport**

Dato  
**Mai, 2024**

# Hydrologisk utredning av konsekvensene av motfylling i Sandakerelva



# Hydrologisk utredning av konsekvensene av motfylling i Sandakerelva

Oppdragsnavn **Vurdering av konsekvensene av motfylling i Sandakerelva**  
Prosjekt nr. **1350059267**  
Mottaker **Lier Kommune**  
Dokument type **Rapport**  
Dato **29.05.2024**

Revisjon	<b>00</b>
Versjon	<b>01</b>
Utarbeidet av	<b>NGC</b>
Kontrollert av	<b>PLUB</b>
Godkjent av	<b>PLUB</b>
Beskrivelse	<b>Hydrologisk vurdering av konsekvensene av motfylling i Sandakerelva</b>

## Sammendrag

Lier Kommune planlegger utbygging av nye omsorgsboliger i Kjellstadveien 13 ved Sandakerelva. I forbindelse med prosjektet har det blitt utført geotekniske undersøkelser som konkluderte med at det er dårlig områdestabilitet. For å sikre området har det blitt prosjektert en motfylling som skal legges delvis i elva. På denne bakgrunn er Rambøll engasjert til å gjøre en hydrologisk vurdering av konsekvensene ved å legge ut motfyllingen. Vurderingen ser på effektene motfyllingen har på vannstand, vannhastighet og flomutbredelse. Behov for erosjonssikring er også vurdert etter krav i NVEs veileder 01/2019 *Sikkerhet mot kvikkleirekred* (NVE, 2019).

Det er utført flomberegninger for Sandakerelva iht. i NVEs Veileder 1/2022 *Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022). Flomberegninger er utført for middelflom og 200-års flom inklusiv klimafaktor med bakgrunn i TEK17. Middelflom er beregnet til å være  $Q_M = 7,4 \text{ m}^3/\text{s}$  og 200-års flom inkludert klimafaktor er beregnet til å være  $Q_{200, kf} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Vannlinjer og vannhastigheter er beregnet ved hydrauliske simuleringer i programvaren HEC-RAS 6.5. Elvemodellen er bygget som en 2D-modell basert på 10 pkt. laserdata fra høydemodellen *Viken Laser – Viken vest 10pkt del 2 2022*. Det er kjørt simuleringer for eksisterende situasjon og planlagt situasjon, der sistnevnte er modellert med en prosjektert terrengmodell av motfyllingen. Simuleringer er kjørt for både middelflom og klimajustert 200-årsflom.

Resultatene fra simuleringene viser en økning i flomutbredelse, vannstand og vannhastighet ved å legge ut den planlagte motfyllingen. Økningen er størst under middelflommen, hvor vannstand øker med opp mot 0,4 m og vannhastigheten opp mot 20 %. Flomutbredelsen berører også en større andel av boligområdet.

Erosjonssikring anbefales med bakgrunn i beregnet vannhastighet, vanndybde og terrenghelning. Det anbefales å utføre erosjonssikring med rauset/sprengt stein. Dimensjonerende steinstørrelse er beregnet til å være  $D_{30} = 39,6 \text{ cm}$ ,  $D_{50} = 47,5 \text{ cm}$  og  $D_{maks} = 95,1 \text{ cm}$ .

Basert på resultater kan det konkluderes med at motfyllingen vil redusere elvas kapasitet og øke flomfaren for boliger i lavereliggende områder på nordsiden. Det konkluderes også med at det er fare for erosjon i den analyserte elvestrekningen.

## Innholdsfortegnelse

1.	<b>Innledning</b>	<b>2</b>
1.1	Bakgrunn	2
1.2	Beskrivelse av nedslagsfelt	3
1.3	Beskrivelse av prosjektert tiltak	4
1.4	Formål	5
2.	<b>Myndighetskrav</b>	<b>6</b>
2.1	Plan- og bygningsloven	6
2.2	Byggeteknisk forskrift TEK 17	6
2.3	Klimapåslag	7
3.	<b>Metode og data</b>	<b>8</b>
3.1	Befaring	8
3.2	Topografisk og hydrologisk data	8
3.3	Flomberegninger	8
3.4	Hydrauliske beregninger	8
3.4.1	Terrengmodell	8
3.4.2	Grensebetingelser	9
3.4.3	Ruhetsverdier	9
3.4.4	Kulvert	9
4.	<b>Resultater</b>	<b>10</b>
4.1	Flomestimat	10
4.2	Flomsonekart	10
4.2.1	Middelflom	11
4.2.2	200-års flom	12
4.3	Vannlinjer	13
4.4	Vannhastighet	15
4.4.1	Middelflom	15
4.4.2	200-års flom	16
4.5	Erosjonssikring	17
5.	<b>Konklusjon</b>	<b>17</b>
6.	<b>Referanser</b>	<b>18</b>

## 1. Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Lier Kommune planlegger utbygging av nye omsorgsboliger ved Kjellstad gård i Kjellstadveien 13. I forbindelse med prosjektet har DMR Miljø og Geoteknikk AS foretatt en geoteknisk vurdering av områdestabiliteten og skredfaren i området. Utredningen konkluderte med at det er dårlig stabilitet i skråningen ned mot Sandakerelva og at det er behov for stabiliserende tiltak. Som stabiliserende tiltak er det anbefalt å legge en motfylling i skråningen ned mot Sandakerelva.

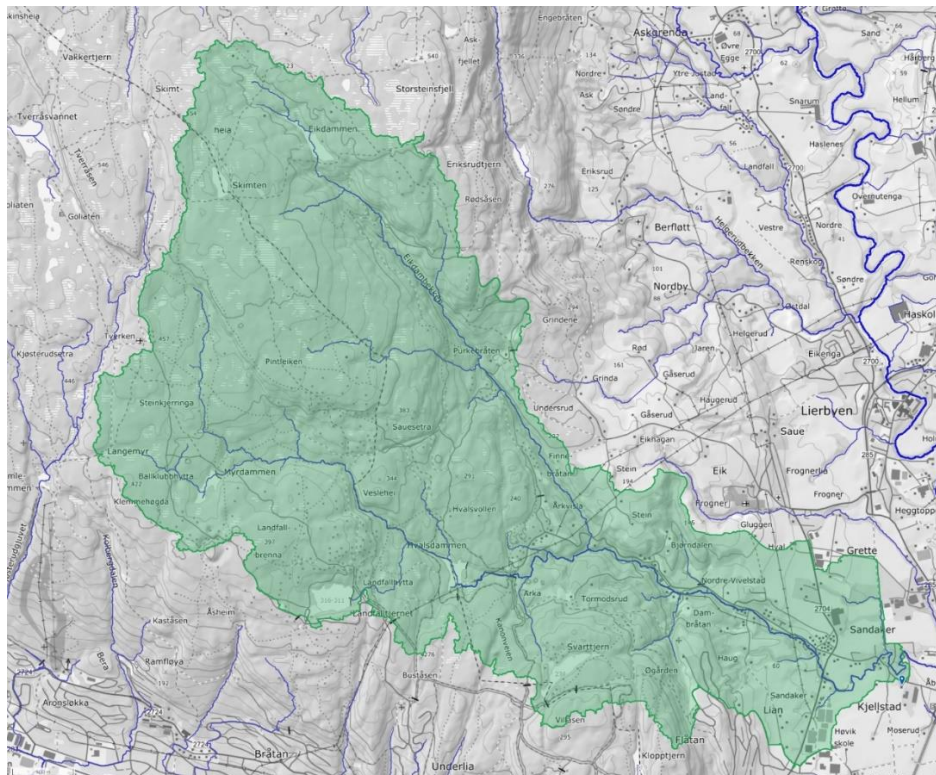


Figur 1-1 Oversiktskart av tiltaksområdet.

Rambøll er engasjert av Lier Eiendomsselskap til å gjøre en hydrologisk vurdering av konsekvensene ved å legge motfyllingen som er prosjektert. Vurderingen tar for seg innvirkningen på vannstand, vannhastighet og flomutbredelse ved dimensjonerende flom. Erosjonsforhold og behov for erosjonssikring vurderes også i tråd med NVEs veileder 01/2019 *Sikkerhet mot kvikkleirekred* (NVE, 2019). Den hydrauliske analysen er gjort med grunnlag i motfyllingen som prosjektert av DMR Miljø og Geoteknikk AS.

## 1.2 Beskrivelse av nedslagsfelt

Nedslagsfeltet til Sandakerelva ved prosjektområdet er vist i Figur 1-2. Det dekker et areal på ca. 17 km<sup>2</sup>.



Figur 1-2 Nedslagsfeltet til Sandakerelva ved Kjellstadveien 13. Analysert i og hentet fra SCALGO Live.

Arealet domineres av skogsområder, noe myr på lavereliggende områder og tilnærmet null effektiv sjøprosent. Normalavrenningen ligger på 18,8 l/s\*km<sup>2</sup>. Øvrige feltparametere er oppgitt i Tabell 1-1.

Tabell 1-1 Feltparametere

Feltparameter	Verdi	Enhet
Areal	17,4	km <sup>2</sup>
Effektiv sjøprosent	0,09	%
Elvelengde	10	km <sup>2</sup>
Elvegradient	43,10	m/km
Helning	9,1	*
Dreneringstetthet	1,70	1/km
Feltlengde	7,6	km
Middelavrenning	18,8	l/s*km <sup>2</sup>
Klimafaktor	1,4	
Høydeforskjell (max – min)	536	m

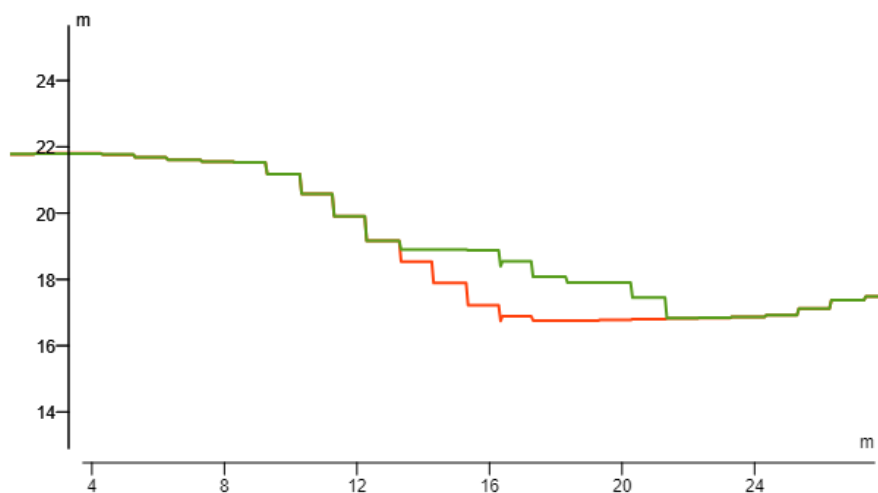
### 1.3 Beskrivelse av prosjektert tiltak

Den prosjekterte motfyllingen er plassert i skråningen langs den sørlige elvekanten (yttersvingen) i Sandakerelva. Motfyllingen er ca. 80 meter lang. Plassering og utbredelse av motfyllingen er vist i Figur 1-3.



Figur 1-3 Plassering og utbredelse av motfylling er tegnet inn som gul polygon.

I geoteknisk notat nr. 4 (*Geoteknisk prosjektering av sikringstiltak i Sandakerelva*) står det at motfyllingen skal legges ut fra bunn av skråning og bygges suksessivt oppover langs skråningen. Videre presiseres det at graving i eksisterende elvebunn ikke må forekomme da det vil kunne forverre stabiliteten. Tverrsnittet til den prosjekterte motfyllingen, sammenlignet med eksisterende terreng, er vist Figur 1-4.



Figur 1-4 Profil av elvetverrsnitt: Motfylling er vist med grønn strek og eksisterende terreng er vist med oransje strek. Motfyllingen er basert på tilsendt terrengmodell.

Den prosjekterte motfyllingen fører midlertid til en innsnevring av elvetverrsnittet, noe som reduserer elvas kapasitet og følgelig øker flomfaren.

#### **1.4 Formål**

Formålet med flomutredningen er å vurdere konsekvensene av motfyllingen og sikre at utbygging gjøres etter gjeldende myndighetskrav. Dette innebærer at tiltak ment for varig opphold sikres mot en flomhendelse med 200-års gjentaksintervall etter krav fra Byggteknisk forskrift (TEK-17). Videre setter NVEs veileder 01/2019 *Sikkerhet mot kvikkleirekskred* krav om at erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket (kategorisert K4) må forebygges (NVE, 2019).



## 2. Myndighetskrav

De viktigste myndighetskrav og veiledninger knyttet byggesaks-/planbehandling ved/nært vassdrag er:

- Vannressursloven
- Plan og bygningsloven med byggteknisk forskrift (TEK 17)
- NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) sine retningslinjer og veiledere

Vannressursloven sier blant annet at enhver skal opptre aktsomt for å unngå skade eller ulempe i vassdraget for allmenne eller private interesser. Vassdragstiltak skal planlegges og gjennomføres slik at de er til minst mulig skade og ulempe for allmenne og private interesser.

### 2.1 Plan- og bygningsloven

Utgangspunktet for kravene til sikkerhet mot naturpåkjenninger er i hovedsak plan- og bygningsloven (pbl.) § 28-1. Bestemmelsen gir hjemmel for kravene til sikkerhet gitt i byggteknisk forskrift (TEK 17), samtidig som bestemmelsen også gir kommunen hjemmel for å fatte ulike vedtak i byggesak. Kravene til sikkerhet i TEK17 er gitt med hjemmel i pbl. § 28-1 og 29-5.

### 2.2 Byggteknisk forskrift TEK 17

TEK17 § 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo angir ulike sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område. Disse gjengis nedenfor i Tabell 2-1 med tilhørende dimensjonerende flomhendelse.

**Tabell 2-1 Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område, som hentet fra Byggteknisk forskrift (TEK-17).**

<i>Sikkerhetsklasse for flom</i>	<i>Konsekvens</i>	<i>Største nominelle årlige sannsynlighet</i>
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

I henhold til TEK 17 omfatter sikkerhetsklasse 2 de fleste byggverk beregnet for personopphold hvor flom har middels konsekvens og største nominelle årlige sannsynlighet for flom er 1/200, hvilket tilsvarer 200-årsflom. Kravene i TEK 17 kan innfris enten ved å plassere byggverket utenfor flomutsatt område, ved å sikre det mot oversvømmelse eller ved avbøtende sikringstiltak som hindrer skader. Prosjektet gjelder omsorgsboliger som faller inn under sikkerhetsklasse og skal dermed sikres mot en 200-års flomhendelse.

### **2.3 Klimapåslag**

Klimaforandringer fører til hyppigere og mer intens nedbør som må tas høyde for i flomutredninger. Norsk klimaservicesenter (KSS) har utviklet et beslutningsgrunnlag for klimatilpasning ved bruk av klimapåslag og ulike klimaprofiler med egne anbefalinger. I klimaprofil for Buskerud er anbefalt klimapåslag på flomvannføring minst 20 % for mindre nedbørfelt. Dermed settes:

**$Q_{DIM} = Q_{200} + 20\% \text{ klimapåslag}$ .**

## 3. Metode og data

### 3.1 Befaring

Det ble gjennomført en befaring av analyseområdet 11.04.2024 for å registrere erosjonsskader, kantvegetasjon, terrenginngrep og andre relevant forhold ved dagens situasjon. Det ble bl.a. observert utgraving i yttersvingene som indikerer pågående erosjon. For detaljer vises det til separat befaringsnotat (K-NOT-01).

### 3.2 Topografisk og hydrologisk data

Høydemodell er hentet fra [hoydedata.no](http://hoydedata.no) og tilhører prosjektet *Viken Laser – Viken vest 10pkt del 2 2022* som er basert på 10 pkt. laserdata. Ifølge prosjektrapport ble laserskanning utført 28.04.2022 og 06.05.2022 under skyfrie forhold. Observert nedbørsdata for Lier stasjon viser ingen registrert nedbør i dagene før og dermed antas lav vannstand i høydemodellen.

Intensitet-Frekvens-Kurve (IVF) og observert nedbørsdata er hentet fra [Klimaservicesenter.no](http://Klimaservicesenter.no), og brukt henholdsvis til flomberegninger og vurdering av vannstand i elva på tidspunktet høydemodellen ble scannet. Det er sett på gjennomsnittlig nedbørsmengde for referanseperiode 1991-2020 på [SeNorge.no](http://SeNorge.no) sine kart til sammenligning av middelavrenning for ulike målestasjoner. Det vises til vedlegg 1 for detaljer.

### 3.3 Flomberegninger

Det er gjort flomberegninger iht. metoder som beskrevet og anbefalt i NVEs *Veileder 1/2022 Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022). Flomverdier er beregnet med nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (RFFA-NIFS), nedbør-avløpsmodell PQRUT og flomfrekvensanalyse av representative, geografisk nærliggende målestasjoner. Ved bruk av NVEs seriekart er målestasjonene Blomsterkroken (8.8.0) og Sæternbekken (8.6.0) valgt ut med bakgrunn i sammenlignbare feltparametere og geografisk nærhet. Flomanalysen er gjennomført på NVE sin database HYDRA II.

Det er gjort en samlet faglig vurdering av resultatene fra de ulike metodene for å velge et estimat på flomverdier.

### 3.4 Hydrauliske beregninger

Det er laget en 2D-modell av Sandakerelva i programvaren HEC-RAS 6.5. Elvemodellen er brukt til å utføre hydrauliske beregninger av vannstand og vannhastigheter. Inngangsdata til hydrauliske beregninger inkluderer en terrengmodell, ruhetsverdier og grensebetingelser. Disse beskrives nærmere i følgende punkter.

#### 3.4.1 Terrengmodell

Det ble utviklet to terrengmodeller, en av eksisterende situasjon og en med motfylling. Begge terrengmodeller er basert på høydemodellen som er beskrevet ovenfor. Prosjektert motfylling ble modellert basert på oversendt terrengmodell (landxml-fil). Beregningsnettet (grid) er definert for analyseområdet med en oppløsning på 1x1 meter og modifisert langs elver og veger for en finere oppløsning. 2D-modellen og analyseområdet er vist i vedlegg 2.

### 3.4.2 Grensebetingelser

Som oppstrøms grensebetingelse er det lagt inn konstant vannføring over fire timer. Verdier for vannføring er satt til beregnet dimensjonerende flomverdi,  $Q_{\text{Dim}} + \text{klimafaktor}$ . Middeflom ( $Q_M$ ) ble også simulert for å vurdere konsekvensene ved årlig flom.

Som nedstrøms grensebetingelse er det antatt normalstrømning med terrenghelning på **0,001**.

### 3.4.3 Ruhetsverdier

Falltapet er energitapet som inntreffer når vann renner nedover elva. For å beregne falltapet benyttes ruhetsverdier uttrykt ved Mannings-koeffisienten ( $n$ ) og inngår som en modellparameter i HEC-RAS. Det er ikke mulig å kalibrere ruhetsverdier da det mangler måledata for analyseområdet. Ruheten er dermed valgt med utgangspunkt i brukermanualen til HEC-RAS. Valgte ruhetsverdier er vist i Tabell 3-1 og defineres for ulike areal typer.

**Tabell 3-1 Valgte ruhetsverdier, uttrykket med Manningstall ( $n$ ).**

Arealtype	Manningsverdi ( $n$ )
Elv	0,035
Veg	0,1
Bebygd område	0,1

### 3.4.4 Kulvert

Det ligger en undergang der elva krysser Nybruvegen. Undergangen er modellert med grunnlag i eksisterende modell som tidligere utarbeidet av Norconsult.

## 4. Resultater

### 4.1 Flomestimat

Flomverdier beregnet med ulike metoder er oppsummert i Tabell 4-1. Tabellen oppgir verdier for døgnmiddelflom og 200-årsflom, uttrykt som kulminasjonsverdier. Resultatene viser forholdsvis godt samsvar mellom de ulike metodene.

Tabell 4-1 Resultater fra flomberegninger med ulike metoder. \*Skalert med NIFS kulminasjonsfaktorer.

	RFFA-NIFS	PQRUT	Sæternbekken	Blomsterkroken
Q <sub>M</sub>	189 – <b>385</b> – 682	<b>651*</b>	625	424
Q <sub>200</sub>	534 – <b>1091</b> – 1931	<b>1846</b>	1488 – <b>2179</b> – 3138	683 – <b>821</b> – 1139

Ved valg av endelig verdi for tilløpsflom er det tillagt mest vekt på observert data, altså flomverdier for målestasjoner. Middelflomverdier er høyere for Sæternbekken enn for Blomsterkroken, men begge ligger innenfor det øvre intervallet intervallet for NIFS.

Ved å sammenligne feltparametere mellom Sandakerelva og målestasjonene, så forventes:

- Lavere tilløpsflom i Sandakerelva enn i Sæternbekken, da arealet og elvegradienten til Sandakerelva er større.
- Høyere tilløpsflom i Sandakerelva enn i Blomsterkroken, da elvegradienten og arealet i Sandakerelva er høyere.

På bakgrunn av dette, anses en flomverd i mellom å være mest treffende og det er valgt å sette  $Q_M = 425 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 = 7,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Skalert med flomindekser fra RFFA-NIFS gir dette  $Q_{200} = 21 \text{ m}^3/\text{s}$ . Inklusivt 20 % klimapåslag, blir dimensjonerende flomverdi  $Q_{200, kf} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$ . Valgt flomverdi stemmer også godt overens med flomberegninger tidligere utført av Norconsult (Norconsult AS, 2018).

### 4.2 Flomsonekart

Flomutbredelse ved eksisterende situasjon og planlagt situasjon med motfylling er vist i det følgende. Flomutbredelsen er kartlagt for både middelflom og dimensjonerende 200-års flom. De største forskjellene i flomutbredelse sees under middelflommen.

### 4.2.1 Middelflom

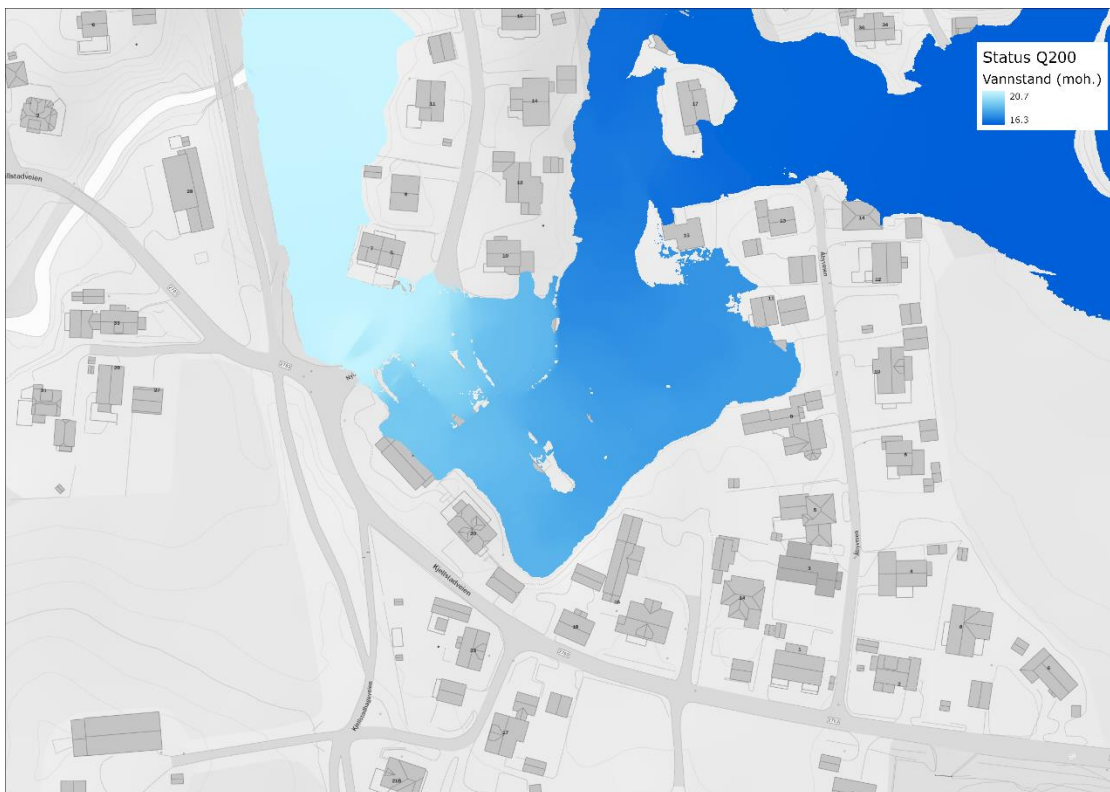


Figur 4-1 Flomutbredelse under eksisterende situasjon og middelflom.

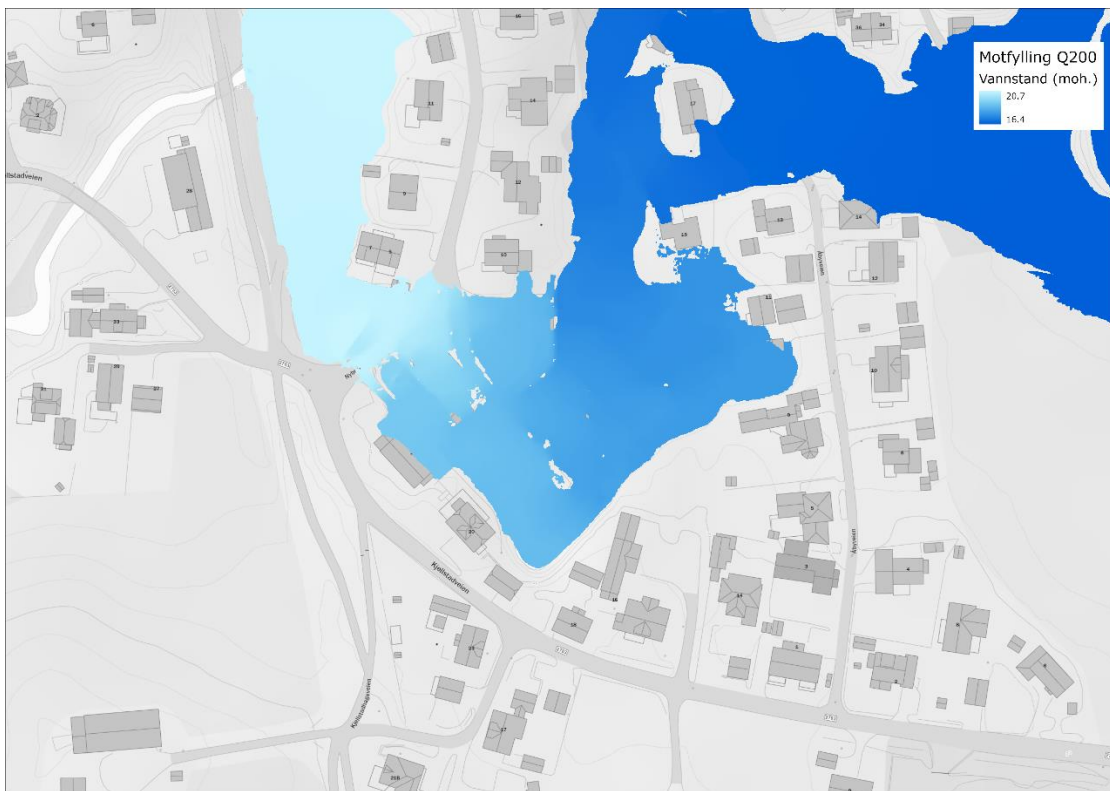


Figur 4-2 Flomutbredelse under planlagt situasjon med motfylling og middelflom. Flomutbredelsen øker sammenlignet med eksisterende situasjon.

### 4.2.2 200-års flom



Figur 4-3 Flomutbredelse under eksisterende situasjon og klimajustert 200-årsflom.



Figur 4-4 Flomutbredelse under planlagt situasjon og motfylling under klimajustert 200-årsflom.

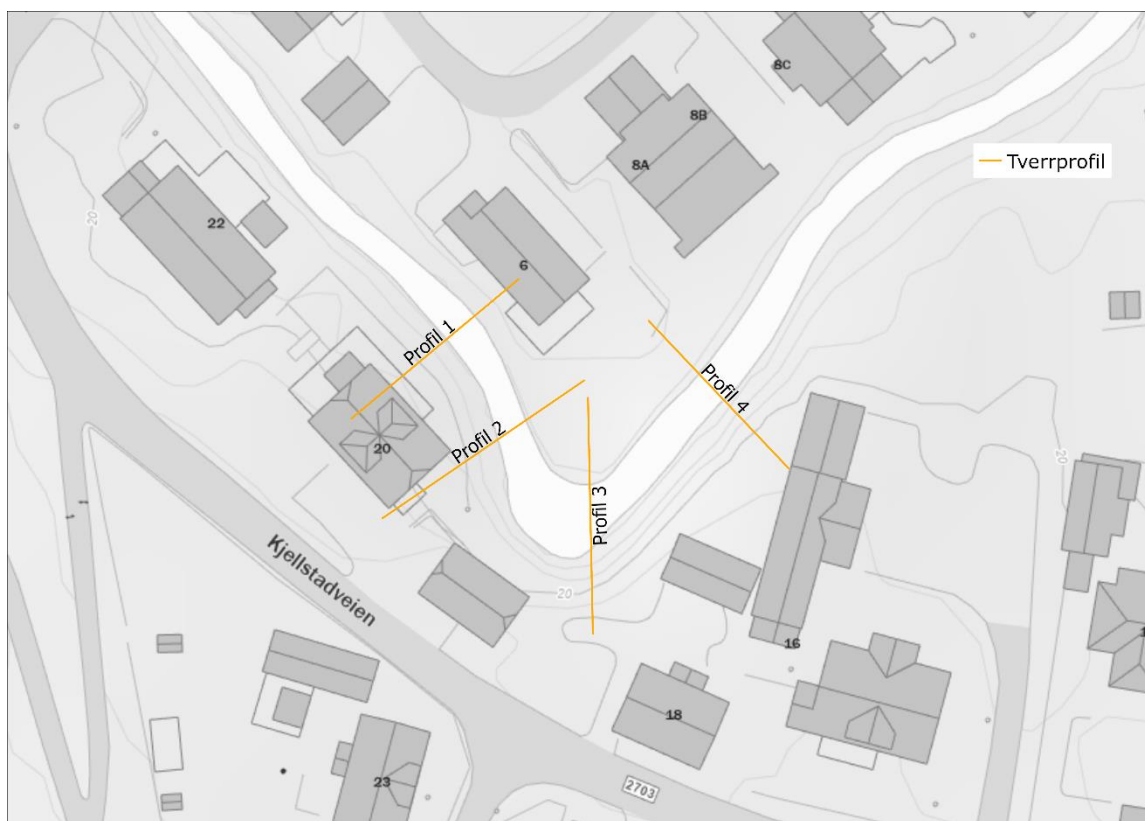
### 4.3 Vannlinjer

Vannlinjer for eksisterende og planlagt situasjon er beregnet for middelflom og klimajustert 200-årsflom. Resultatene er presentert i Tabell 4-1. Plassering av tverrprofilene er vist i Figur 4-5.

**Tabell 4-2 Beregnede vannlinjer for tverrprofiler (vist i Figur 4-5) for eksisterende og planlagt situasjon under middelflom og 200-årsflom. dZ angir økning i vannstand.**

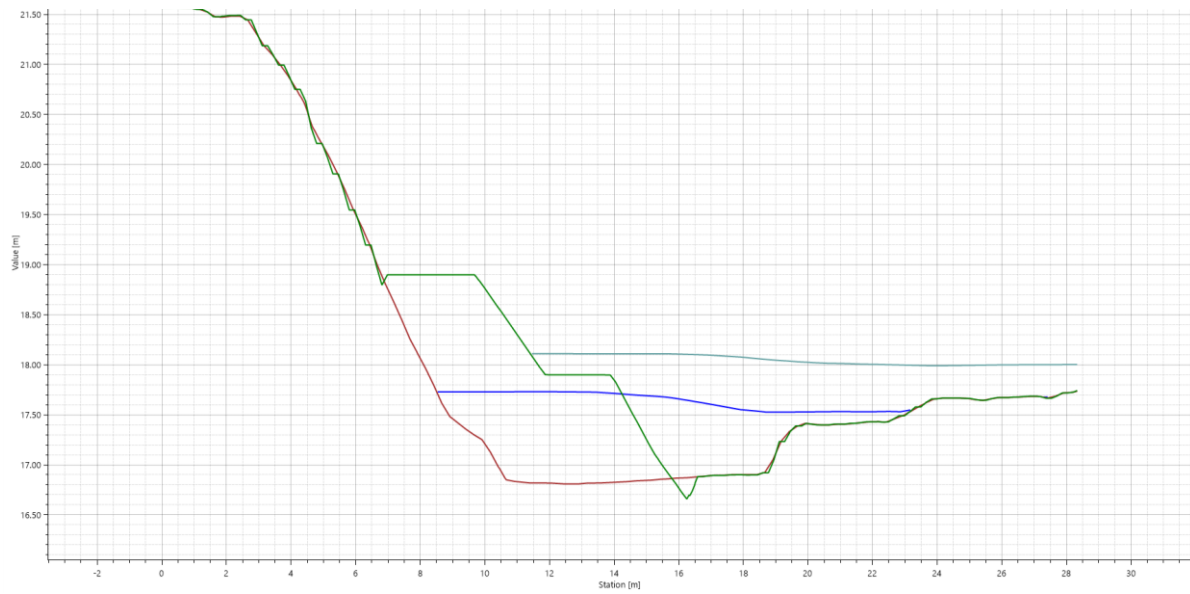
	Q <sub>M</sub>		Q <sub>200</sub>	
	Eksisterende / Planlagt	dZ	Eksisterende / Planlagt	dZ
Tverrprofil 1	17,9 / 18,2	<b>0,3</b>	18,4 / 18,6	<b>0,2</b>
Tverrprofil 2	17,7 / 18,1	<b>0,4</b>	18,3 / 18,6	<b>0,3</b>
Tverrprofil 3	17,7 / 18,1	<b>0,4</b>	18,3 / 18,6	<b>0,3</b>
Tverrprofil 4	17,5 / 17,6	<b>0,1</b>	18,0 / 18,1	<b>0,1</b>

Vannstanden øker opp mot 0,4 meter i planlagt situasjon med motfylling.



**Figur 4-5 Tverrprofiler i Sandakerelva. Vannlinje er beregnet for disse.**



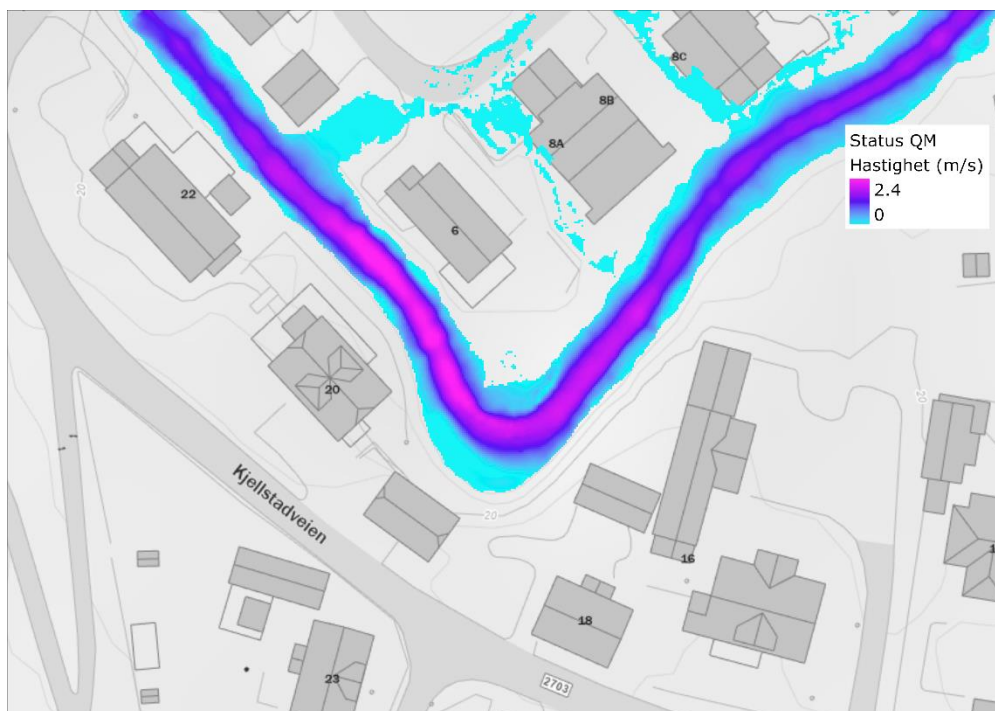


**Figur 4-6 Vannlinje i tverrprofil 3 som viser maksimal økning i vannstand. Lyseblå linje viser vannstand ved ny situasjon og mørkeblå linje viser vannstand ved eksisterende situasjon. Grønn linje viser terreng med motfylling.**

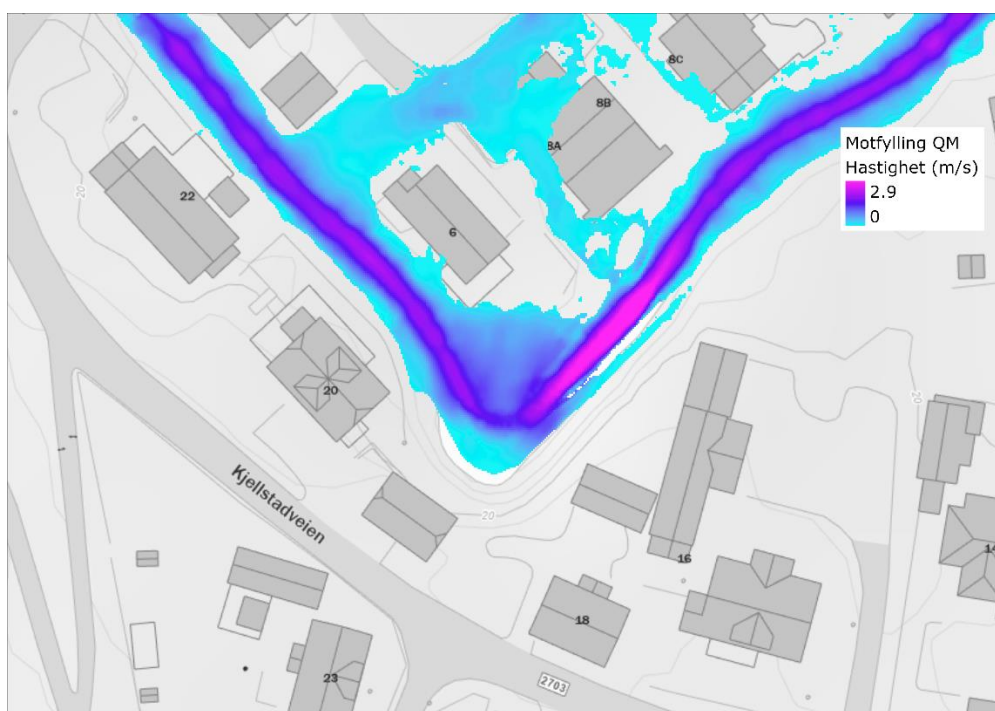
#### 4.4 Vannhastighet

I elva blir det vannhastigheter opp mot 3,2 m/s under en 200-års flomhendelse. Motfyllingen endrer også strømningsmønsteret, slik at høyere hastigheter observeres ved innsnevringen. Resultater vises i det følgende.

##### 4.4.1 Middelflom

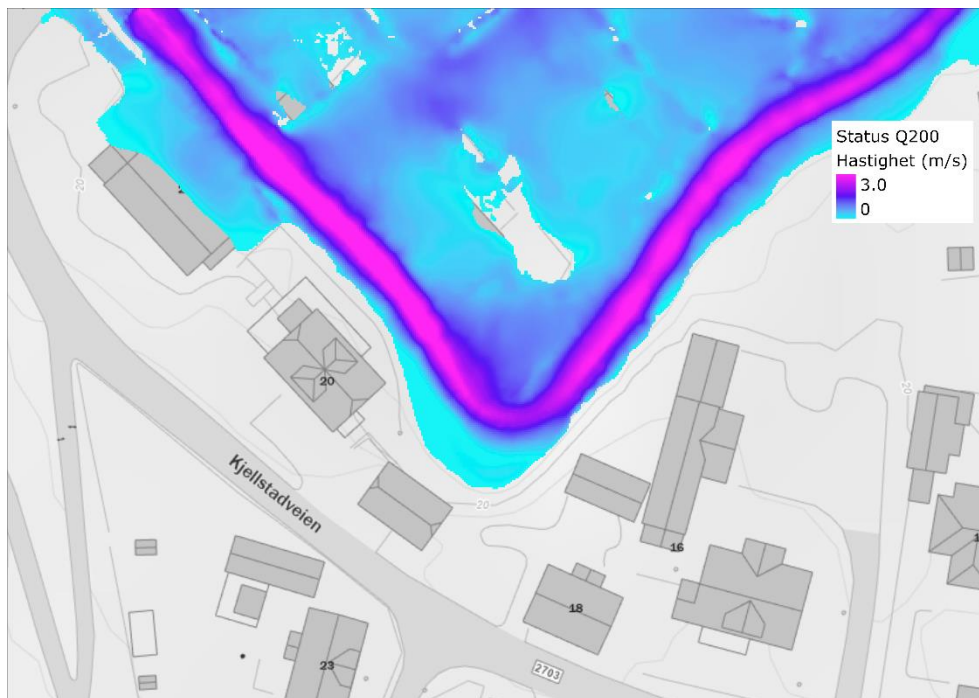


Figur 4-7 Vannhastighet under eksisterende situasjon og middelflom.

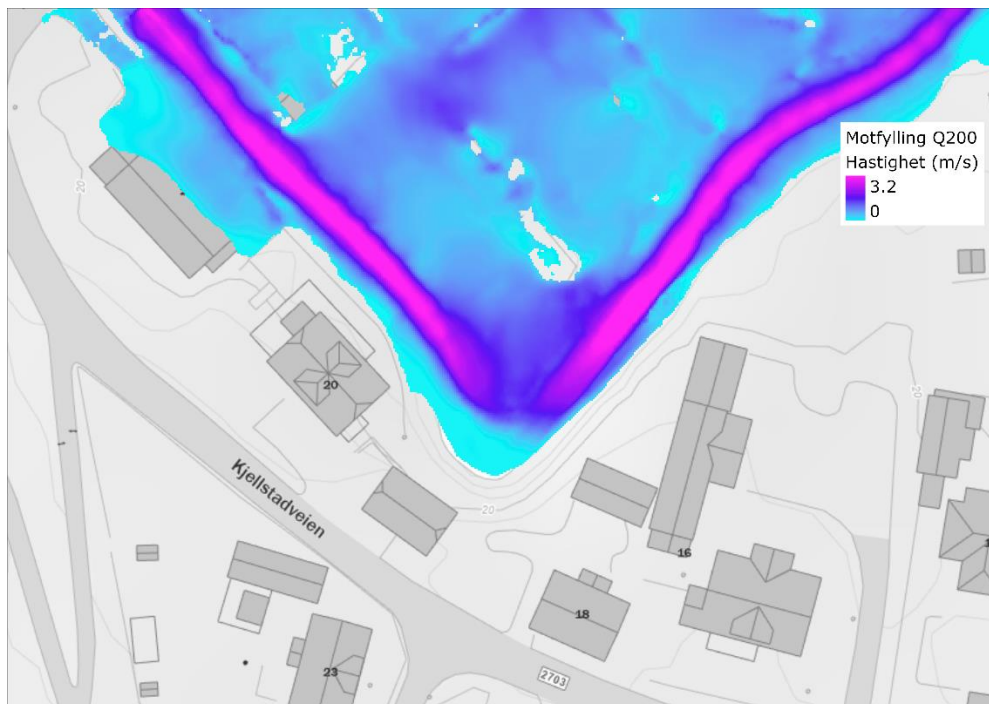


Figur 4-8 Vannhastighet under planlagt situasjon og middelflom.

#### 4.4.2 200-års flom



Figur 4-9 Vannhastighet under eksisterende situasjon og 200-års flom.



Figur 4-10 Vannhastighet under planlagt situasjon og 200-års flom.

#### 4.5 Erosjonssikring

Erosjon oppstår som følge av flere faktorer, blant annet hastigheten til og dybden på vannet, samt terrenghelning. Som vist i kapittel 4.4 Vannhastighet, blir det hastigheteropp mot 4,8 m/s. Den aktuelle elvestrekningen har forholdsvis slakt fall, på 0,001, og dermed anbefales det å gjennomføre erosjonssikring med rauset/sprengt stein. Dimensjonerende steinstørrelse beregnes med Maynords formel etter anbefalinger i NVE 04/2019 *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer med stein* (NVE, 2009). Dimensjonerende steinstørrelse er beregnet med maksimal hastighet på 3,2 m/s som inntreffer med en maksimal vanndybde på 1,9 m. Basert på beregninger anbefales følgende steinstørrelser:

**$D_{30} = 39,6 \text{ cm}$**

**$D_{50} = 47,5 \text{ cm}$**

**$D_{\text{maks}} = 95,1 \text{ cm}$**

Erosjonssikring kan legges som en del av motfyllingen.

## 5. Konklusjon

Basert på resultater fra hydrauliske simuleringer kan det konkluderes med at en motfylling vil redusere kapasitet i Sandakerelva ved tiltaksområdet. Reduksjonen er størst ved middelflom sammenlignet med klimajustert 200-års flom. Ved middelflom medfører motfyllingen en økt vannstand på 0,4 meter og økt vannhastighet på ca. 20 %. Vannet tvinges mot lavereliggende områder på nordsiden slik at flere boliger berøres av flom.

Beregninger av vannhastighet og vanndybder indikerer at det er fare for erosjon og behov for erosjonssikring. Erosjonssikring er særlig viktig i området da det er påvist dårlig stabilitet. Rauset stein med dimensjonerende steinstørrelser anbefales som sikringstiltak.

## 6. Referanser

Direktoratet for byggkvalitet. (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK17)*.

Norconsult AS. (2018). *Flomsonkartlegging | Sandakerelva og Grobruelva*. Hentet fra Norsk Klimaservicesenter. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge*.

NVE. (2009). *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer med stein (4/2009)*.

NVE. (2019). *Sikkerhet mot kvikkleireskred*.

NVE. (2022). *Sikkerhet mot flom - Utredning av flomfare i regulerings sak og byggesak (3/2022)*. NVE.

NVE. (2022). *Veileder for flomberegninger (1/2022)*.

## Vedlegg 1 Hydrologisk datagrunnlag

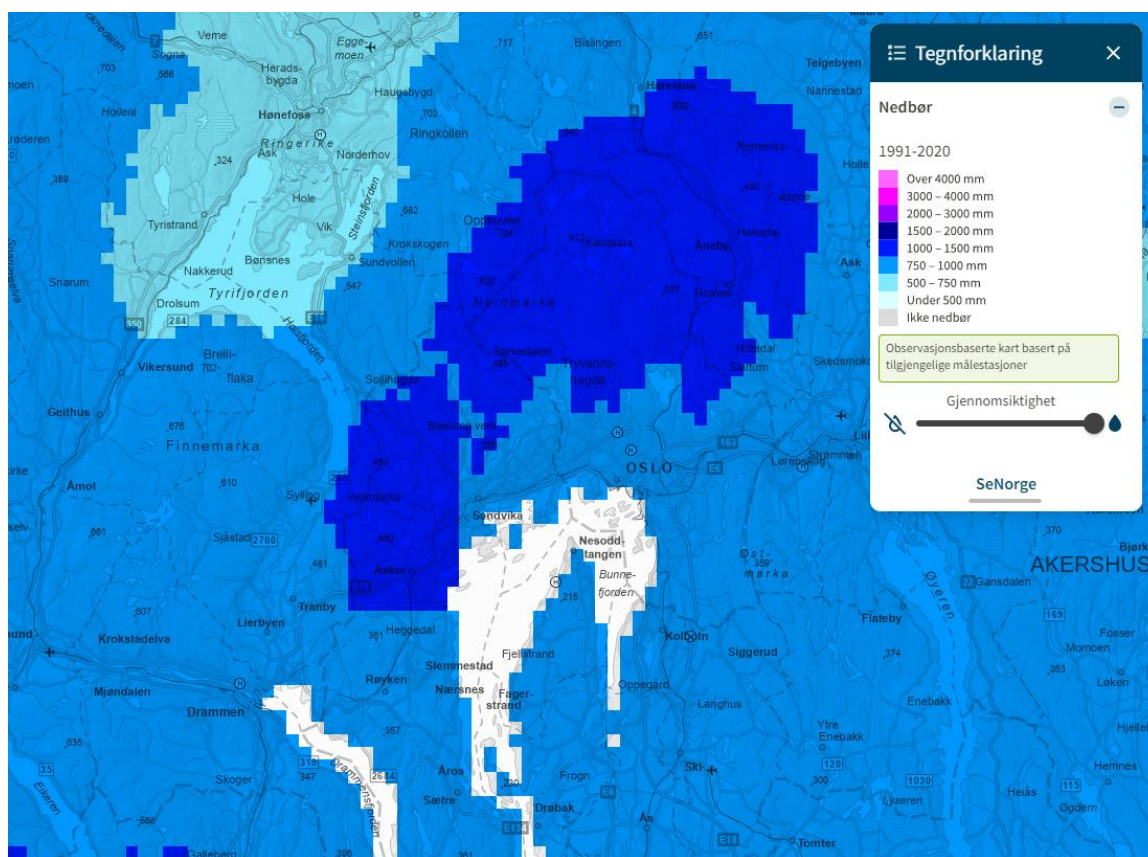
### Nedbørsdata

IVF-verdier for Asker (SN19710), 163 moh.

Data fra 1983 - 2010, 26 ses. Oppdatert 31.12.2022.

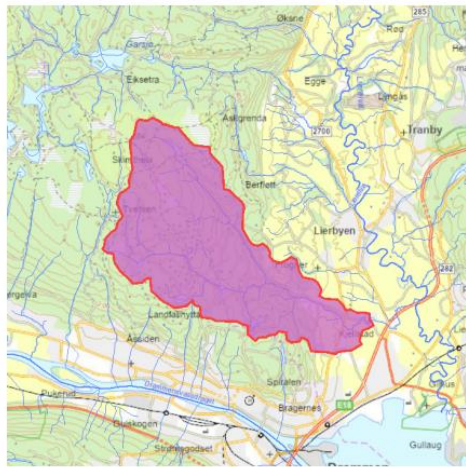
Gjentakintervall (år)	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	1,5	2,7	3,6	5,2	7,3	8,5	9,3	10,3	11,5	12,8	16,1	18,7	23,3	31,6	41,3	52,8
5	2,1	3,7	5,1	7,5	10,6	12,1	13,1	13,6	15,5	17,2	21,3	24,7	30,5	41,3	52,9	66,2
10	2,4	4,4	6,1	9,0	13,0	14,9	16,0	16,5	18,8	20,8	25,5	29,5	36,0	48,4	61,2	75,4
20	2,8	5,0	7,1	10,5	15,5	17,9	19,3	19,8	22,6	24,9	30,3	35,1	42,0	55,8	69,9	84,2
25	2,9	5,2	7,4	11,0	16,3	18,9	20,5	21,0	24,0	26,3	31,9	37,0	43,9	58,0	72,8	87,0
50	3,2	5,8	8,4	12,7	18,8	22,4	24,4	25,0	28,7	31,4	37,5	43,3	50,7	65,8	81,7	95,5
100	3,5	6,5	9,4	14,4	21,6	26,0	28,7	29,6	34,2	37,3	43,8	50,4	58,1	74,3	91,2	104,8
200	3,8	7,1	10,5	16,2	24,8	30,1	33,7	35,1	40,4	44,3	51,2	58,2	66,6	82,9	101,5	114,0

Figur 6-1 IVF-verdier benyttet til flomberegninger.



Figur 6-2 Temakart gjennomsnittlig nedbør for referanseperiode viser at valgte målestasjoner ligger i samme område Sandakerelva.

## Nedbørfeltparametere



Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
 Kartdatum: EUREF89 WGS84  
 Prosjeksjon: UTM 33N  
 Beregn.punkt: 233274 E  
 6635230 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

### Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 011.A0  
 Kommune.: Lier  
 Fylke.: Buskerud  
 Vassdrag.: Lierelva

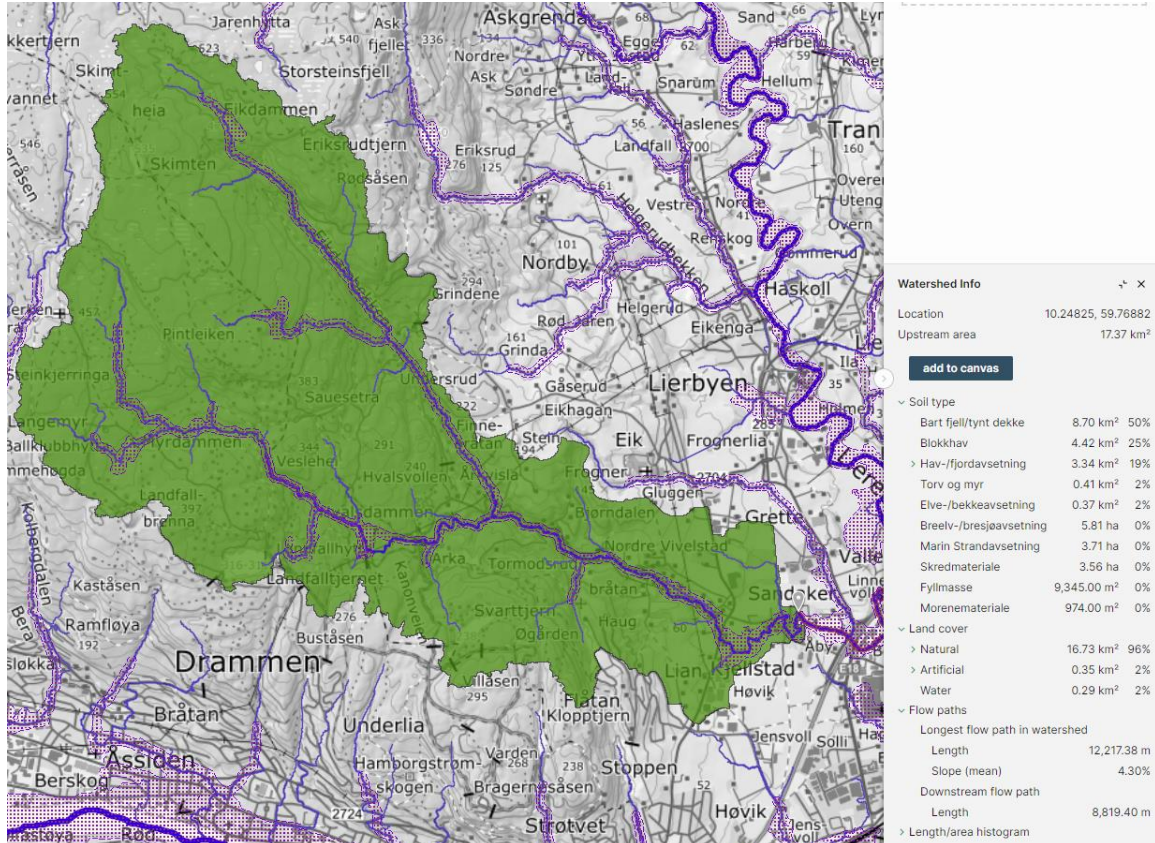
Feltparametere	
Areal (A)	17.4 km <sup>2</sup>
Effektivt sjø (A <sub>SE</sub> )	0.09 %
Elvleugde (E <sub>L</sub> )	10.1 km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	43.1 m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> (E <sub>G,1085</sub> )	49.5 m/km
Helning	9.1 ‰
Dreneringstetthet (D <sub>T</sub> )	1.7 km <sup>-1</sup>
Feltlengde (F <sub>L</sub> )	7.6 km

Arealklasse	
Bre (A <sub>BRE</sub> )	0 %
Dyrket mark (A <sub>JORD</sub> )	8.2 %
Myr (A <sub>MVR</sub> )	2.9 %
Leire (A <sub>LEIRE</sub> )	18.7 %
Skog (A <sub>SKOG</sub> )	83.9 %
Sjø (A <sub>SJØ</sub> )	1.3 %
Snau fjell (A <sub>SF</sub> )	0 %
Urban (A <sub>U</sub> )	1.7 %
Uklassifisert areal (A <sub>REST</sub> )	1.9 %

Hypsografisk kurve	
Høyde <sub>MIN</sub>	17 m
Høyde <sub>10</sub>	84 m
Høyde <sub>20</sub>	172 m
Høyde <sub>30</sub>	228 m
Høyde <sub>40</sub>	267 m
Høyde <sub>50</sub>	337 m
Høyde <sub>60</sub>	381 m
Høyde <sub>70</sub>	421 m
Høyde <sub>80</sub>	461 m
Høyde <sub>90</sub>	506 m
Høyde <sub>MAX</sub>	553 m

Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q <sub>N</sub> )	18.8 l/s*km <sup>2</sup>
Sommemedbør	418 mm
Vintemedbør	487 mm
Årstemperatur	4.4 °C
Sommertemperatur	12.3 °C
Vintertemperatur	-1.3 °C

Figur 6-3 Nedbørfeltparametere som hentet fra Nevina.



Figur 6-4 Nedbørfeltparametere som hentet fra SCALGO Live.

## Vedlegg 2 Flomberegninger

Flomverdier er beregnet med nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (RFFA-NIFS), nedbør-avløpsmodell PQRUT og flomfrekvensanalyse av representative, geografisk nærliggende målestasjoner. Flomberegninger for de ulike metodene er sammenstilt under i Tabell 6-1.

**Tabell 6-1 Sammenstilling av beregnede flomverdier med ulike metode.**

		<i>Oversikt - Flomverdier (m<sup>3</sup>/s)</i>			
		RFFA NIFS	PQRUT	Sæternbekken	Blomsterkroken
Gjentaksintervall	Median				
M		6.7		10.88	7.4
5		8.4		9.17	9.7
10		10.0		13.73	10.9
20		11.7		17.29	11.9
50		14.3		21.13	12.9
100		16.5		26.90	13.6
200		19.0	32.12	31.98	14.3
500		22.9		37.92	15.1
1000		26.3		47.48	15.6

Resultater fra de enkelte metodene er vist i det følgende.

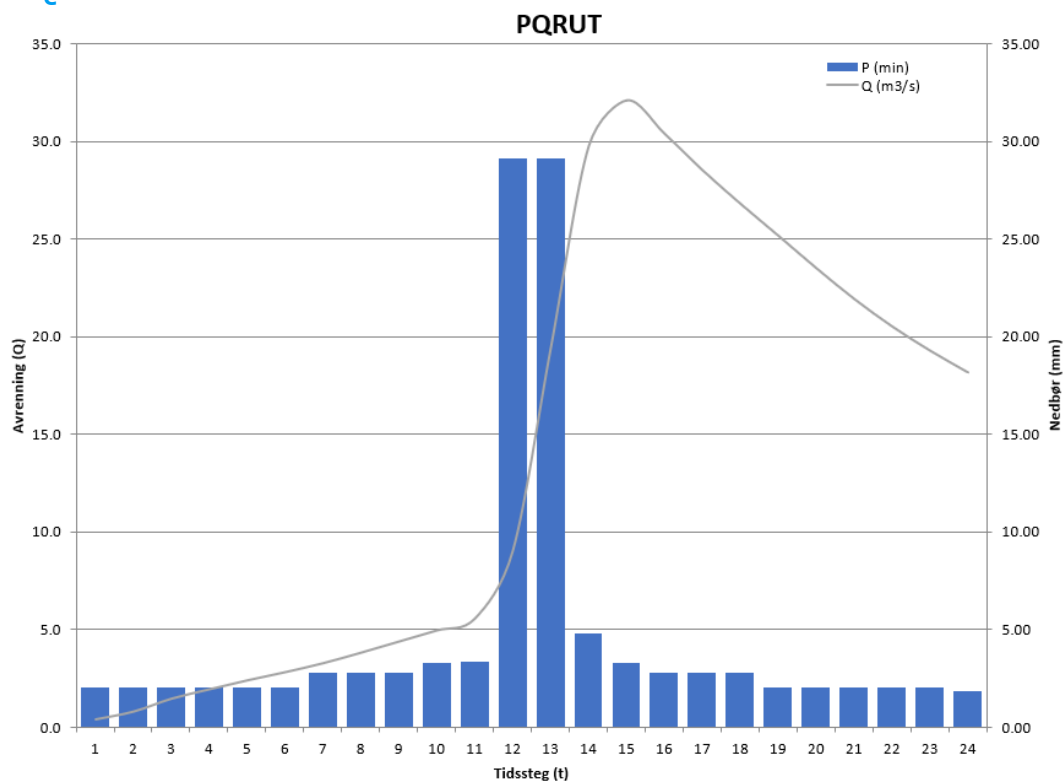


## RFFA-NIFS

Tabell 6-2 Flomverdier beregnet med NIFS. Analysert og hentet i Nevina.

NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor ( $Q_T / Q_M$ )	1	1.26	1.50	1.75	2.13	2.46	2.83	3.41	3.92	-
Flomverdier, m <sup>3</sup> /s	6.7	8.4	10.0	11.7	14.2	16.4	18.9	22.8	26.2	26.5
Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s	11.8	15.2	18.5	22.1	27.7	32.8	37.8	45.6	52.4	-
Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s	3.8	4.6	5.4	6.2	7.3	8.2	9.5	11.4	13.1	-

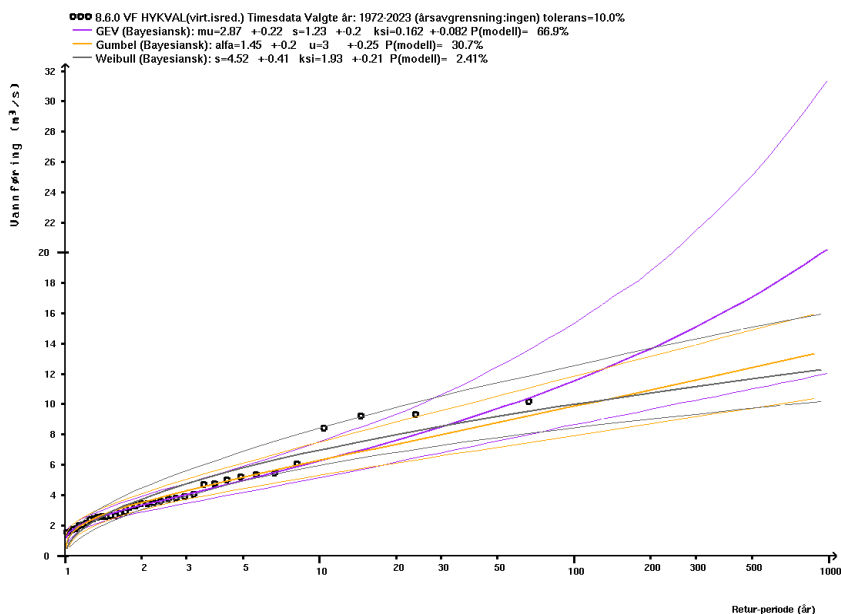
## PQRUT



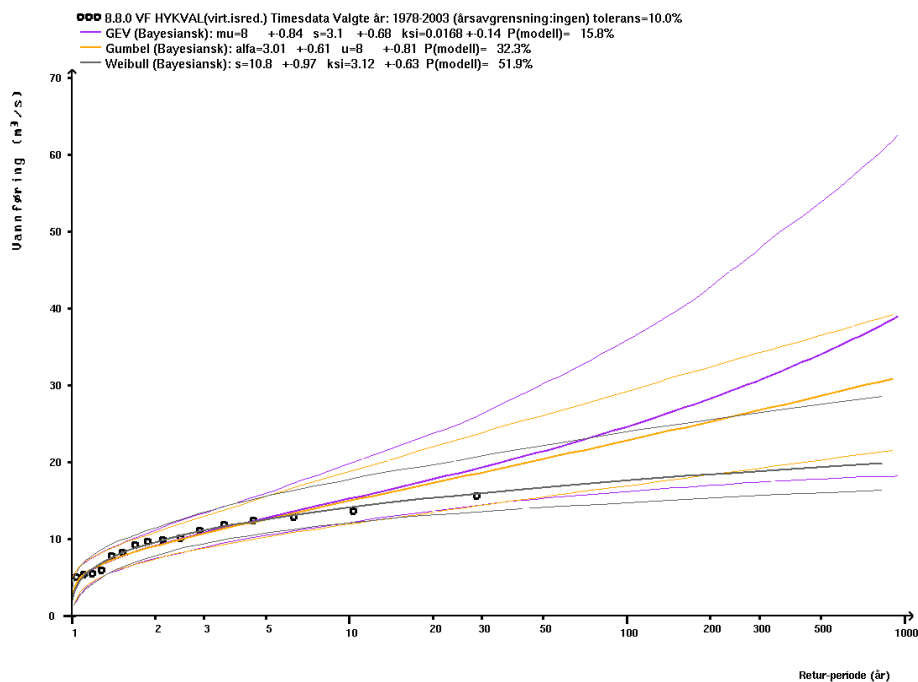
Figur 6-5 Simulert flomforløp med PQRUT som resultat av konstruert nedbørskurve av en 200-års hendelse.

## Flomanalyse av målestasjoner

Målestasjoner er valgt ut med grunnlag i likhet i feltparametere som areal, effektiv sjøprosent og normalavrenning. Geografisk beliggenhet er vurdert, både med tanke på nærhet til det aktuelle nedslagsfeltet og historisk gjennomsnittlig nedbør. Kvalitet på målinger er vurdert i tillegg. Flomanalysen er gjennomført på NVE sin database HYDRA II.

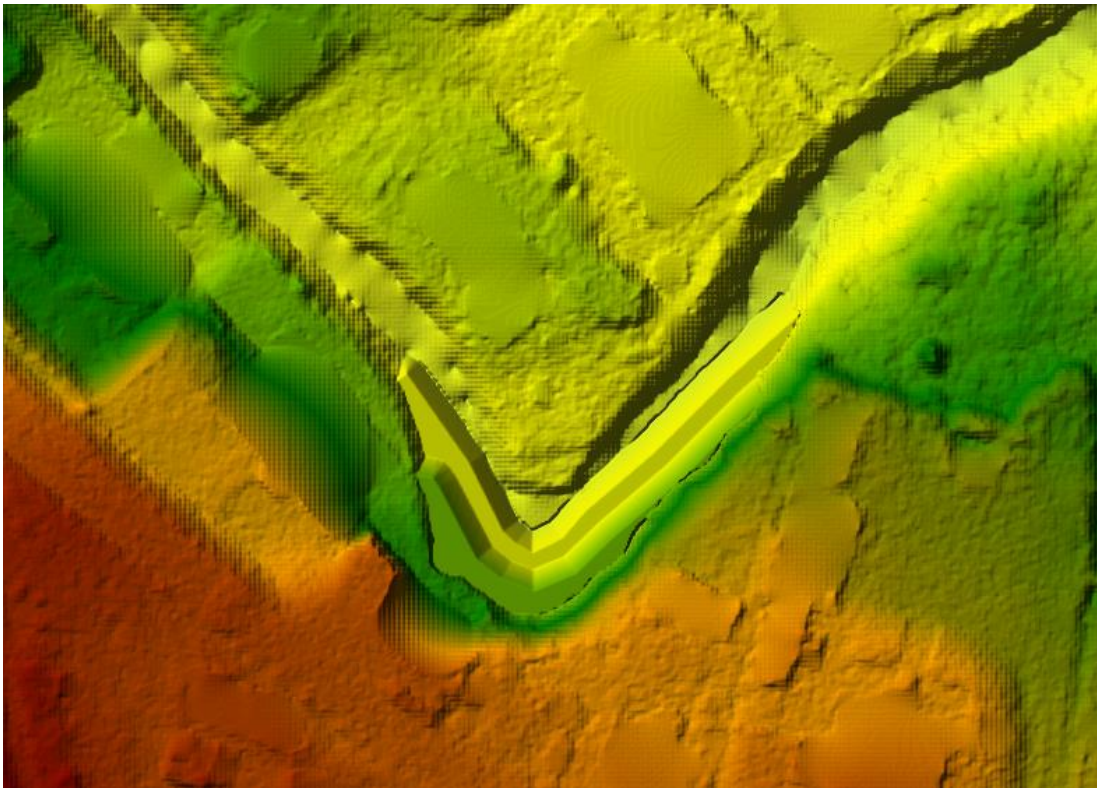


Figur 6-6 Resultater av flomanalyse for Sæternbekken (8.6.0) med ulike fordelinger. GEV-fordeling er vurdert å treffe best.

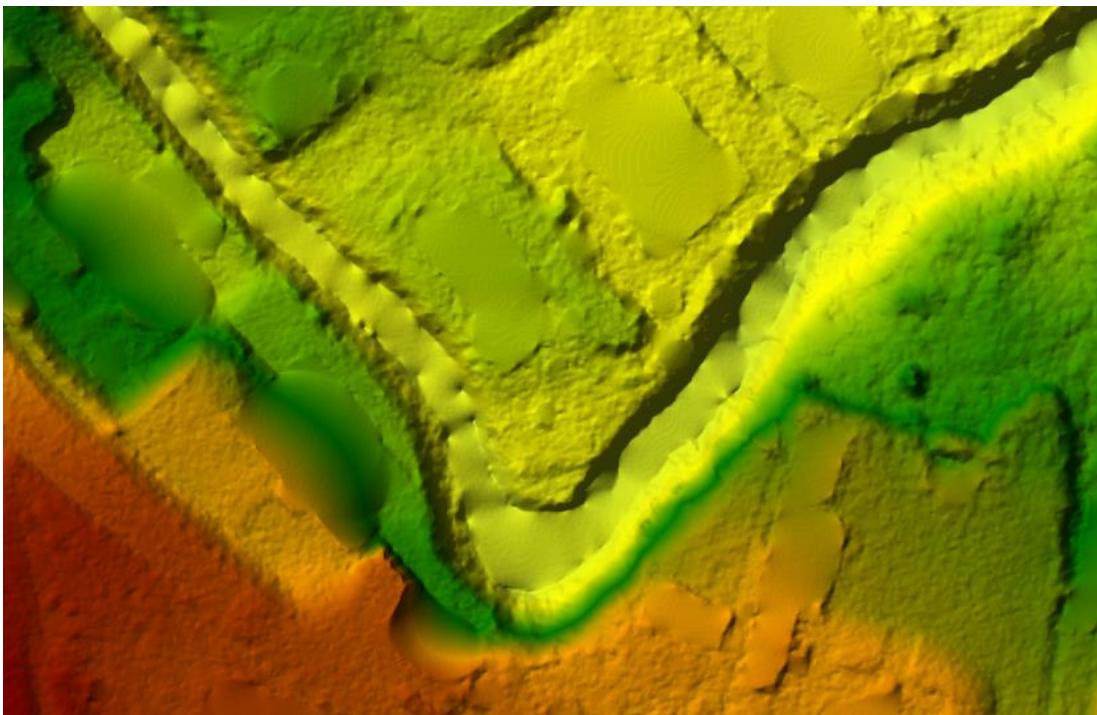


Figur 6-7 Resultater av flomanalyse for Blomsterkroken (8.8.0) med ulike fordelinger. Weibull-fordeling er vurdert å treffe best.

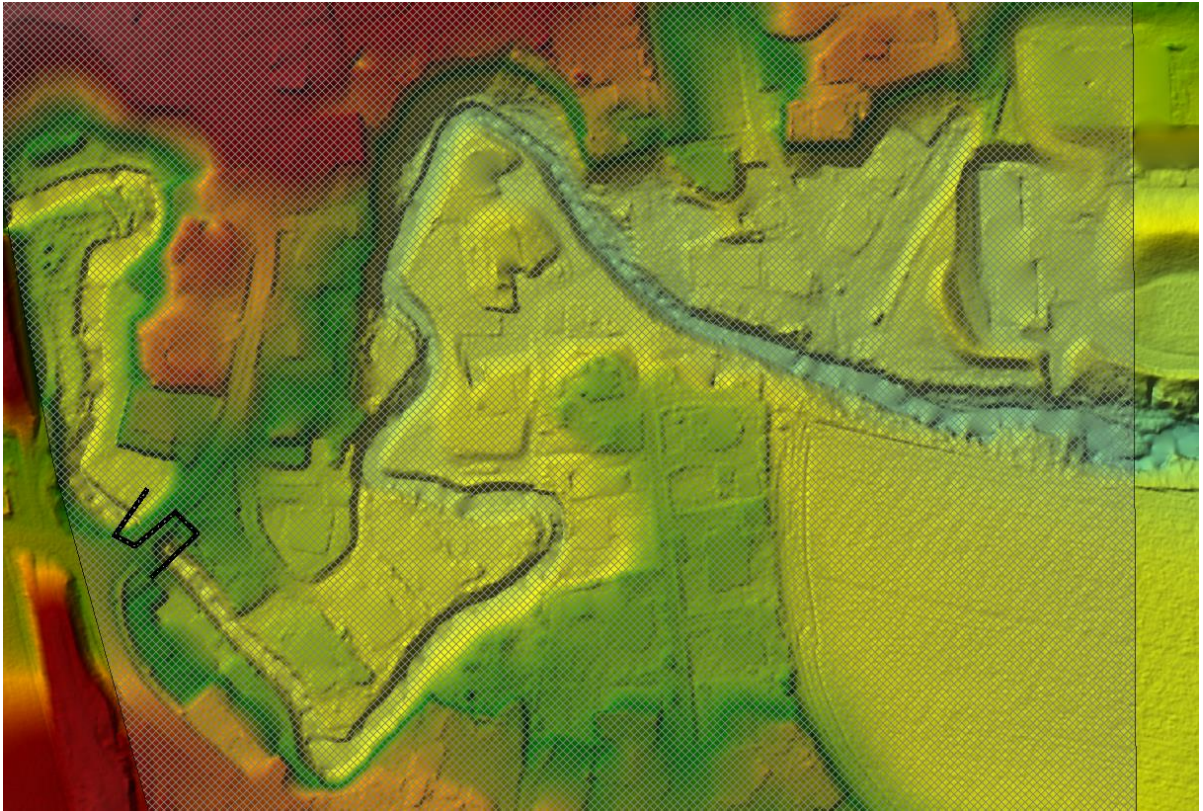
### Vedlegg 3 HEC-RAS modell



Figur 6-8 Terrengmodell av eksisterende situasjon.



Figur 6-9 Terrengmodell av planlagt situasjon med motfylling. Basert på prosjektert terrengmodell av motfylling.



Figur 6-10 Analyseområde og beregningsnett.

## Vedlegg 4 Erosjonssikring

### Erosjonssikring. Bunn og sidesikring. Maynords formel

Dato:	<u>5/21/2024</u>	Prosjektnr:	1350059267
Utført av:	<u>NGC</u>	Prosjektnavn:	Hydrologisk vurdering av konsekvensene av motfylling i Sandakerelva
Kontrollert av:	<u>TUPH</u>	Revisjon:	<u>0</u>
Godkjent av:			

Metodikk: NVE (2009/4) Veileder for dimensjonering av erosjonssikring, Maynords formel

Grunnlagsdata		Kommentar	
Vanndybde	$y_0$	2	m
Middel hastighet	$V$	3.2	m/s
Forhold mellom dybdehastighet og gjennomsnitt hastighet	$U/V$	1.25	
Tetthet av stein	$\rho$	2600	kg/m <sup>3</sup>
Sikkerhetsfaktor	$S_f$	1.1	-
Stabilitetskoeffisient	$C_u$	0.375	-
Koeffisient for vertikal hastighetsfordeling	$C_v$	1	-
Koeffisient for plastringstykkelse	$C_t$	1	-
Side helning (1 : x)	$x$	2.2	
Forhold mellom $D_{20}/D_{50}$	$D_{20}/D_{50}$	1.2	
Forhold mellom $D_{max}/D_{50}$	$c$	2	
Forhold for tykkelse	$k$	2	
Beregninger		Kommentar	
Dybdehastighet	$U$	4.0	m/s
Breddens helling ift. horisontal	$\theta$	24.4	°
Spesifikk tetthet	$s$	2.6	-
Koeffisient for skråningshelling	$K_t$	0.92	
Stabil steinstørrelse, 30%	$D_{30}$	396	mm 39.62541687
Stabil steinstørrelse, 50%	$D_{50}$	476	mm 47.55050024
Stabil steinstørrelse, $D_{maks}$	$D_{maks}$	951	mm 95.10100048 = $c * D_{50}$
Tykkelse av erosjonssikringslag	$t$	951	mm = MAX( $k * d_{50}; D_{maks}; 300$ )

#### Ligninger

Maynords formel gir størrelsen på stein som er stabil i vannstrømmen,  $D_{30}$ :

$$D_{30} = S_f C_r C_v C_t y_0 \left[ \left( \frac{1}{s-1} \right)^{0.5} \frac{U}{\sqrt{K_t g y_0}} \right]^{2.5} \quad (4.16)$$

Her er:

- $D_{30}$  = stabil steinstørrelse (m)
- $S_f$  = sikkerhetsfaktor (-)
- $C_r$  = stabilitetskoeffisient (-)
- $C_v$  = koeffisient for vertikal hastighetsfordeling (-)
- $C_t$  = koeffisient for sikringstykkelse (-)
- $y_0$  = vanndybde samme sted som  $U$  (m)
- $s$  = steinens spesifikke tetthet (-)
- $U$  = lokal hastighet midlet over dybden (m/s)
- $K_t$  = koeffisient for skråningshelling (-)
- $g$  = tyngdens akselerasjon (9,81 m/s<sup>2</sup>)