

Oppdragsgiver: **Gausdal kommune**

Oppdragsnr.: **5188628** Dokumentnr.: **N-04-J01**

Til: Gausdal kommune v. Jørn Tore Steinsli

Fra: Lars Jenssen

Dato 2022-09-26

► Oppdatert flom og vannlinjeberegning for Kråbølsøya

1 Bakgrunn og hensikt

Norconsult gjorde flom og vannlinjeberegning for Forset vannverk, inkludert Kråbølsøya i 2020 (*Flomsonkartlegging. Forset vannverk*, 5196825-3-D01, 13 mars 2020).

Beregningene viser at broene ved Kråbølsøya blir oversvømt allerede ved 20-års flom. Dette stemmer ikke med observasjoner gjort av grunneieren ifm. de store flommene i 1995 og 2013. Vannet gikk over øya, men ikke over broene. Det var derfor ønskelig å vurdere om beregningene gav for høy vannstand.

Norconsult har derfor vurdert og oppdatert flomberegningene fra 2020. Dette notatet gir et kort sammendrag av vurderingene og må leses sammen med rapporten fra 2020.

Vannstandene ved Kråbølsøya er viktig ifm. pågående planlegging av grunnvannsuttak.

2 Flomberegning

Tabell 2-1 gir et sammendrag av opprinnelig og ny flomberegning, arealskalert til Kråbølsøya. Se også kommentarene under tabellen.

Tabell 2-1 Sammenstilling av opprinnelig og ny flomberegning

Parameter	Opprinnelig beregning 2020	Ny beregning 2022	Kommentar
Feltareal v. Kråbølsøya	574 km ²	574 km ²	
Spesifikk middelflom	214 l/s/km ²	214 l/s/km ²	
Middelflom	123 m ³ /s	123 m ³ /s	
20-års flom, vekstfaktor og vannføring (døgnmiddel)	1,84 226 m ³ /s	1,84 226 m ³ /s	
200-års flom, vekstfaktor og vannføring (døgnmiddel)	2,52 310 m ³ /s	2,50 307 m ³ /s	Middel av Weibull og RFFA-2018
1000-års flom, vekstfaktor og vannføring (døgnmiddel)	2,96 364 m ³ /s	2,85 350 m ³ /s m ³ /s	Middel av Weibull og RFFA-2018
Forholdstall mellom kulminasjonsverdi og døgnmiddel	1,90	1,50	Gir 21 % lavere flomtopp
Klimat tillegg	20 %	20 %	
20-års flom (kulminasjon)			Flomtopp 1995 ca. 360 m ³ /s
• Uten klimat tillegg	429 m ³ /s	339 m ³ /s	
• Med klimat tillegg	515 m ³ /s	407 m³/s	
200-års flom (kulminasjon)			
• Uten klimat tillegg	588 m ³ /s	461 m ³ /s	
• Med klimat tillegg	706 m ³ /s	553 m³/s	
1000-års flom (kulminasjon)			Flomtopp 2013 ca. 528 m ³ /s
• Uten klimat tillegg	691 m ³ /s	525 m ³ /s	
• Med klimat tillegg	829 m ³ /s	630 m³/s	

Vekstfaktor

Opprinnelig beregning brukte vekstfaktor basert på middelverdi av Weibull og Gumbelfordeling. Gumbel gir vesentlig høyere verdier for lange gjentakintervall. Vi har valgt å bruke middelverdien av Weibull og regional flom flomfrekvensanalyse (RFFA-2018), som gir ca. 3 % lavere verdi for 1000-års flommen.

Kulminasjonsfaktor

Kulminasjonsfaktor er forholdet mellom vannføring ved flommens kulminasjon (flomtoppen), og middelvannføringen over døgnet. Beregningene i 2020 brukte forholdstall 1,9 fra flommen i 2011, som er det

nest høyeste som er målt ved Aulestad vannføringsstasjon. For flommen i 2013 var forholdstallet 2,14, som er det høyeste som er målt.

Kulminasjonsfaktor på 2 er svært høyt for et så stort felt som Aulestad har (870 km²). Tabell 2-2 fra flomberegningen i 2020 viser at kulminasjonsfaktoren ($Q_{mom}/Q_{døgn}$) varierer mye, og at flommene i 2011 og 2013 skiller seg ut.

Regional flomanalyse, RFFA-2018, gir vesentlig lavere kulminasjonsfaktor på 1,12. Gammel regional analyse gir 1,2 / 1,4 (vårflom / høstflom).

Vi har diskutert med flomspesialist i NVE, Ann-Live Øye Leine, som bla. har gjort flomanalysene for Gudbrandsdalsvassdraget (NVE-rapport 127-2015), og kommet til at kulminasjonsfaktor opp mot 2 ikke er sannsynlig for så store felt.

De høye verdiene kan skyldes at vannføringskurven ved Aulestad er usikker for høye vannføringer. Høyeste målte vannføring er 358 m³/s. Større vannføringer er basert på ekstrapolasjon av vannføringskurven. Det har også vært problem med vannstandsmålingene. Flommen i 2013 ble opprinnelig oppgitt til 1100 m³/s, men senere nedjustert til ca. 800 m³/s fordi man mente det var feil på vannstandsmåleren.

Basert på diskusjonen over har vi valgt å redusere kulminasjonsfaktoren fra 1,9 til 1,5, som gir 21 % lavere flom. Dette er den viktigste endringen i forhold til beregningene fra 2020.

Tabell 2-2 Kulminasjonsfaktor for Aulestad for flommer større enn 200 m³/s

Dato	Døgnmiddel (l/(s*km ²))	Kulminasjon (l/(s*km ²))	$Q_{mom}/Q_{døgn}$
22.mai 1999	242.1	269.2	1.11
11.okt 2000	227.1	347.2	1.53
3.mai 2008	221.1	270.6	1.22
10.juni 2011	267.4	504.5	1.89
23.mai 2013	374.7	Ca. 800	2.14
24.mai 2014	211.3	236.2	1.12
11.mai 2018	283.4	327.8	1.16
Middel			1.45

3 Vannlinjeberegning, forutsetninger

Vannlinjeberegning er å beregne vannstand for ulike vannføringer (flommer). Vi har oppdatert vannlinjeberegningen for Jøra ved Kråbølsøya, men ikke ned til Forset.

Under er en kort gjennomgang av forskjellene mellom opprinnelig og ny beregning.

3.1 Beregningsmetode

Programmet HEC-RAS er brukt i begge beregningene. Opprinnelig beregning brukte 1D (endimensjonal) beregning basert på tverrprofiler over elven. For hvert tverrprofil beregnes en gjennomsnittlig vannstand og en gjennomsnittshastighet. Ny beregning er i 2D (todimensjonal) der beregningsområdet deles inn i et rutenett. Vannstand, vannhastighet og strømningsretning beregnes i hver rute. 2D beregningen er vesentlig mer detaljert og gir bedre resultat, særlig der strømmingen ikke følger et hovedløp, men sprer seg utover slik tilfellet er for Kråbølsøya.

Grunnen til at man opprinnelig valgte 1D beregning er at det den gang var vanskelig å kombinere 2D beregning med broer. Denne funksjonen er forbedret i nye versjoner av HEC-RAS.

3.2 Terrengdata

Både opprinnelig og ny beregning bruker terreng basert på laserskanning. I elv gir skanning nivået på vannflaten, og ikke på elvebunnen. I den opprinnelige beregningen ble nivået i elven skjønsmessig justert litt ned basert på flyfoto. I ny beregning er ikke dette gjort, men bunnen ved broene til Kråbølsøya ble satt på grunnlag av målinger utført av Gausdal kommune (Arne Letrud).

For vestre bro viser sammenlikning viser at målt bunn-nivå er 1 – 1,5 m lavere enn det som ble brukt i opprinnelig beregning. Det betyr at broen har vesentlig større kapasitet.

3.3 Friksjon – Mannings tall

I HEC-RAS beskrives friksjonen (strømningsmotstanden) med Mannings-n. Tabell 3-1 viser verdiene som ble brukt i ny beregning. For elveløpet så er disse høyere (mer friksjon) enn i opprinnelig beregning.

Tabell 3-1 Mannings-n brukt i ny vannlinjeberegning

Overflate	Mannings-n (Mannings M)
Skog, kantskog	0,075 (13,3)
Elv og sideløp	0,04 (25,0)
Jorde, dyrket mark	0,03 (33,3)
Grusvei, åpen plass på Kråbølsøya	0.025 (40,0)

3.4 Broene

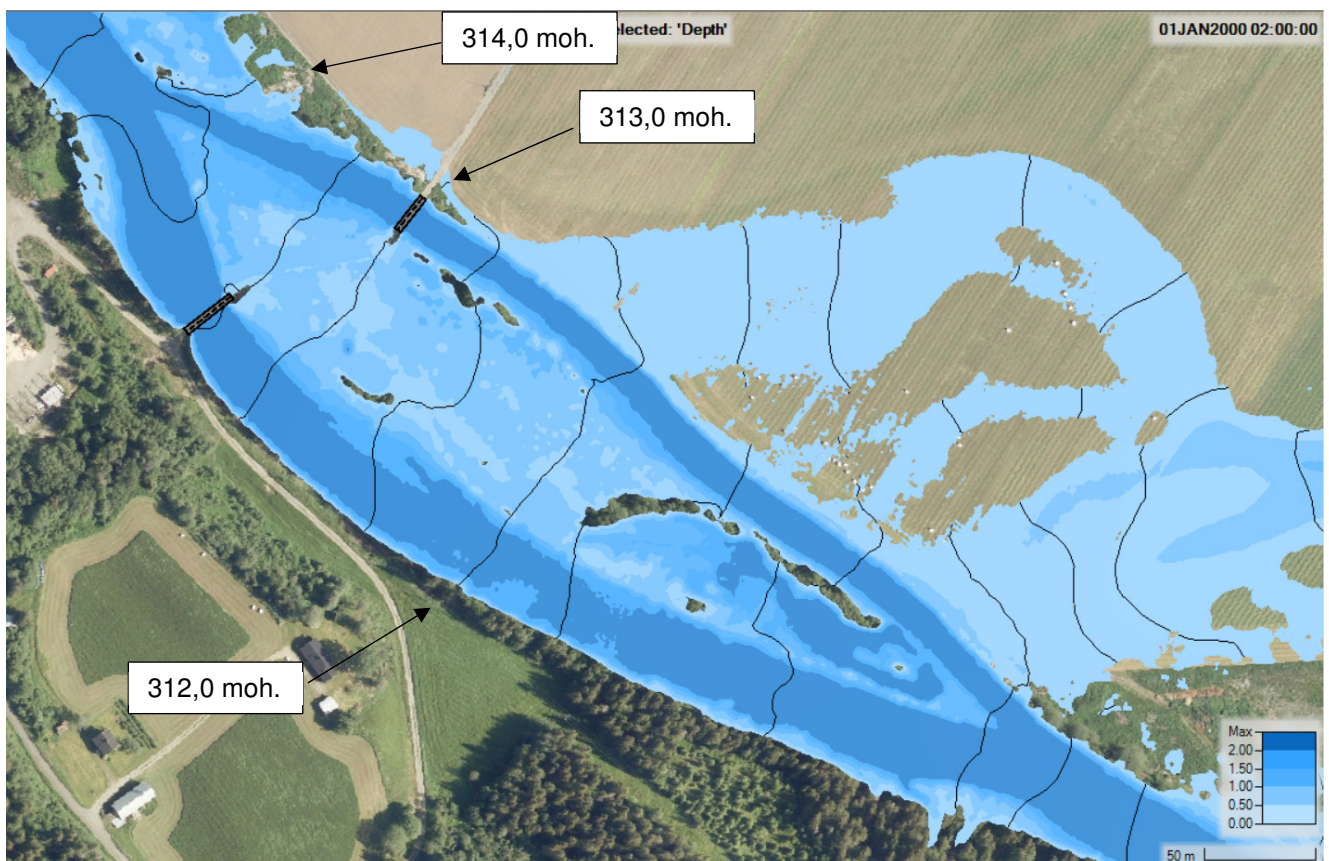
På vestre bro er brodekket på venstre side av broen (sett nedover elva) på ca. 314,0 moh. På høyre side er det 314,4 moh. Høyden på brobjelke pluss brodekke er 0,9 m, slik at underkant av brobjelkene er på hhv. 313,1 moh. og 313,5 moh.

Brodekket på østre bro er på 313,4 moh. på begge sider. Underkant av brobjelken er også her 0,9 m lavere.

4 Vannlinjeberegning, resultat

4.1 Resultat – 20 års flom

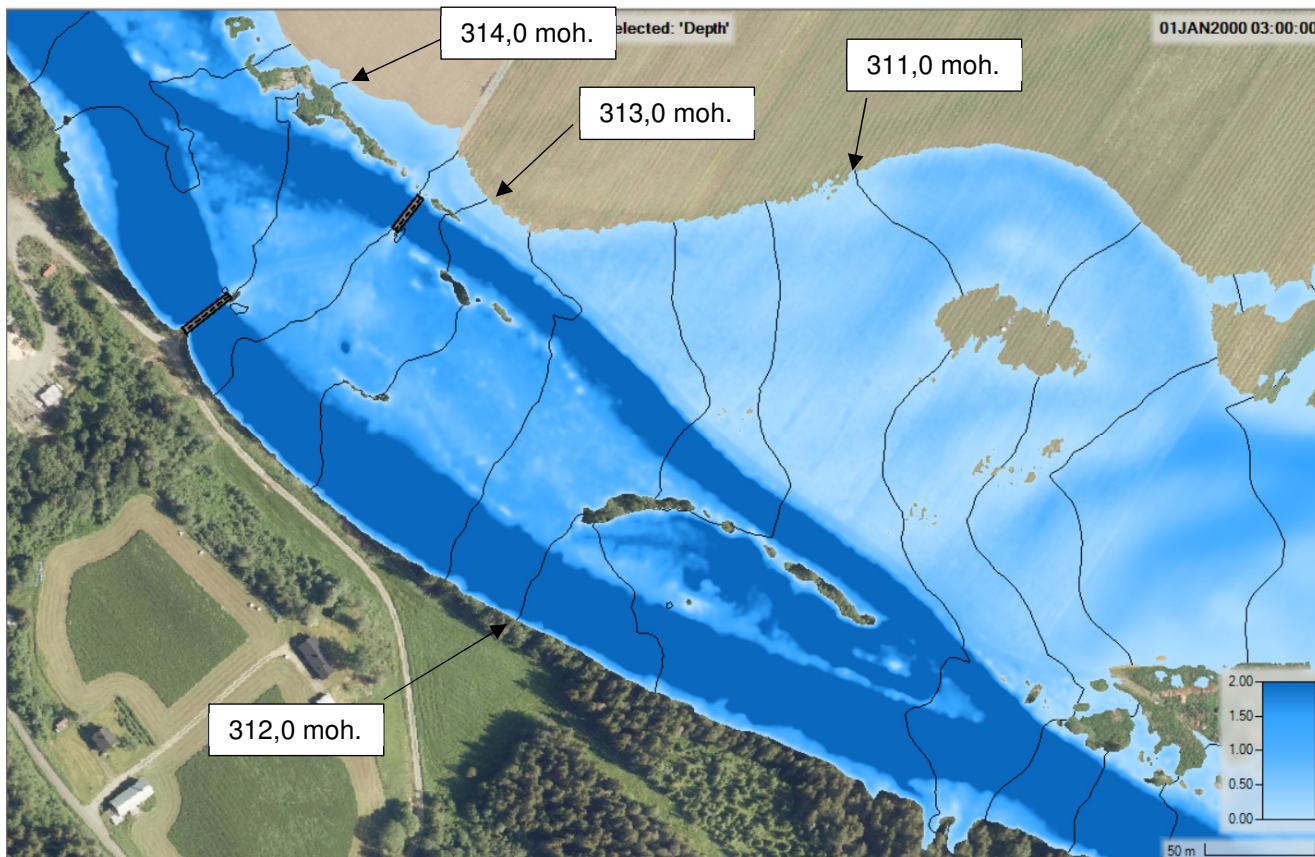
Figur 4-1 viser resultat for 20-års flom (407 m³/s). Fargene indikerer vanddybden. De svarte konturlinjene viser vannivået (0,5 m intervall).



Figur 4-1 Vanddybde og vannivå ved 20-års flom med klimatillegg (407 m³/s)

4.2 Resultat – 200 års flom

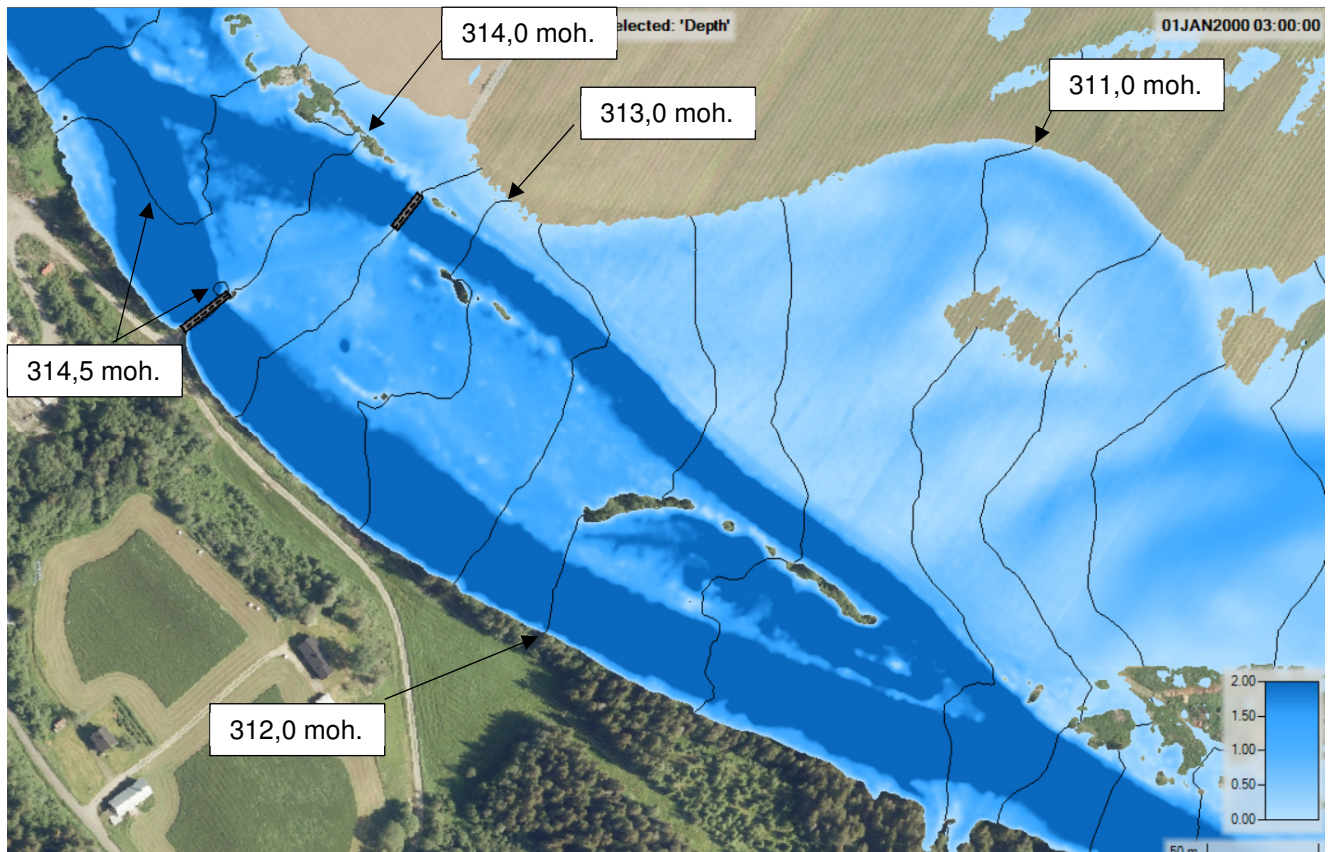
Figur 4-2 viser resultat for 200-års flom (553 m³/s). Fargene indikerer vanndybden. De svarte konturlinjene viser vannivået (0,5 m intervall).



Figur 4-2 Vanndybde og vannivå ved 200-års flom med klimatillegg (553 m³/s)

4.3 Resultat – 1000 års flom

Figur 4-3 viser resultat for 1000-års flom ($630 \text{ m}^3/\text{s}$). Fargene indikerer vanndybden. De svarte konturlinjene viser vannivået (0,5 m intervall).



Figur 4-3 Vanndybde og vannivå ved 1000-års flom med klimatillegg ($630 \text{ m}^3/\text{s}$)

4.4 Resultat – 1000 års flom med oppfylling rundt brønnfelt

For å sikre mot flom vil det bli fylt til flomsikkert nivå rundt brønnene. Oppfyllingen vil redusere strømningsarealet og øke vannstanden lokalt. Det er derfor gjort en beregning for 1000-års flom (med klimatillegg) der oppfylling rundt brønnene er langt inn i modellen.

Figur 4-4 viser oppfylling rundt brønnene. Det er fylt ca. 6 m rundt / ut til siden for brønnene. I modellen har fyllingene vertikale sider. I praksis vil det bli fylt ca. 5 m ut fra brønnene, og avsluttet med sideskråning ca. 1:1,5. Forskjellen i vannstand vil bli ubetydelig. Det er fylt til nivå 315 moh., som ikke oversvømmes.

Resulterende vannstand er vist i figur 4-5. Fargene indikerer vanndybden. De svarte konturlinjene viser vannivået (0,5 m intervall).

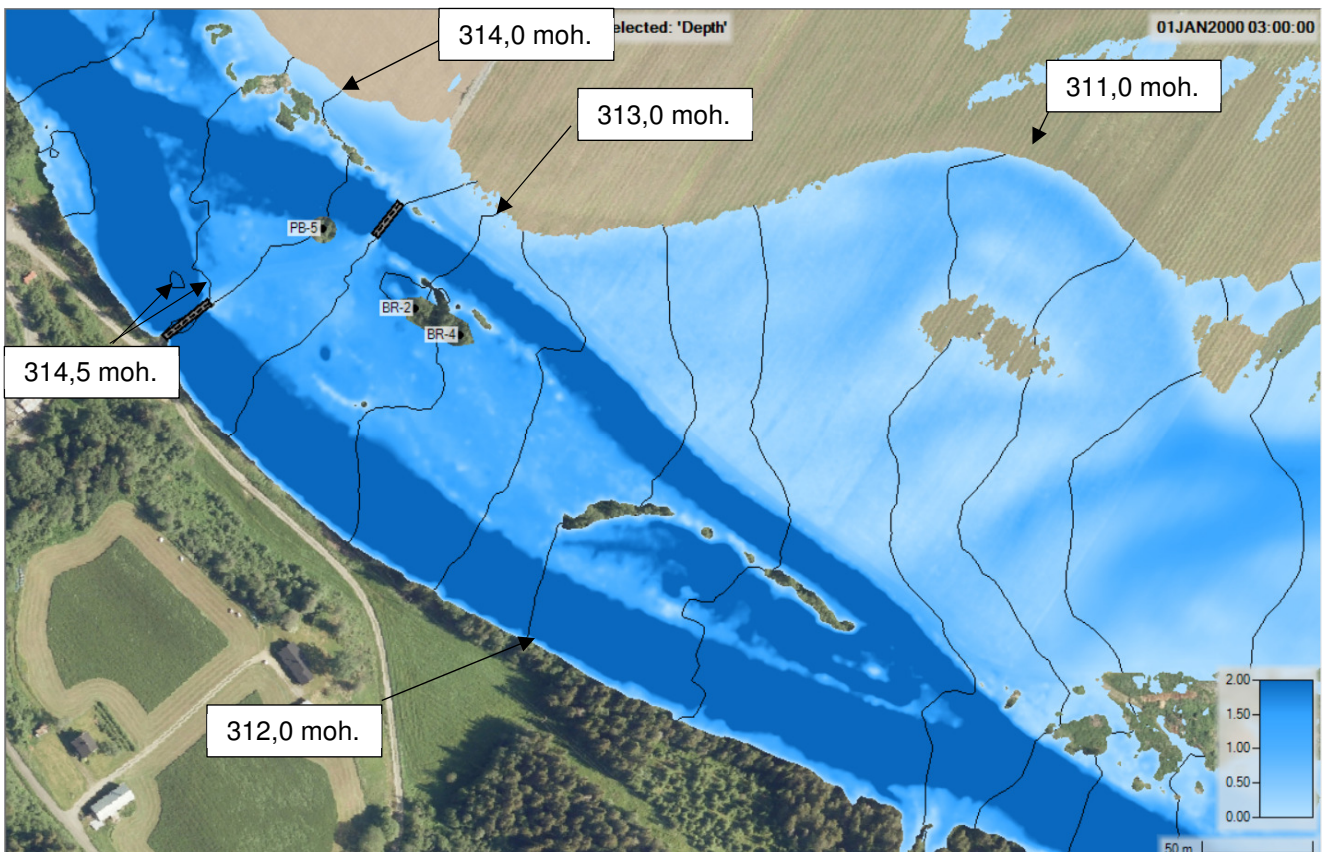
Figur 4-6 viser beregnet vannhastighet. Det er konturlinjer for hver hele m/s.

Notat

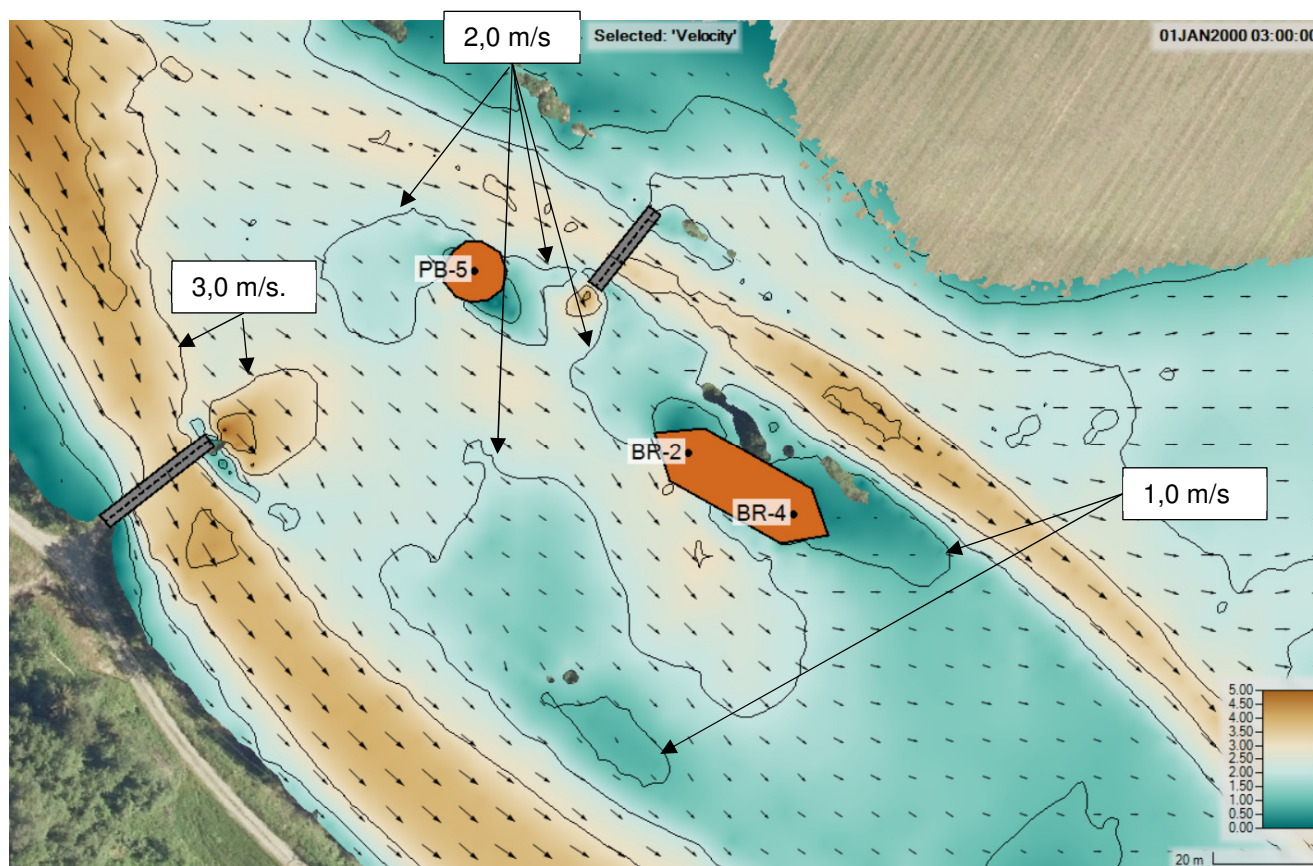
Oppdragsgiver: **Gausdal kommune**
Oppdragsnr.: **5188628** Dokumentnr.: **N-04-J01**



Figur 4-4 Oppfylling rundt brønner



Figur 4-5 Vanndybde og vannivå ved 1000-års flom (med klimatillegg) med oppfylling rundt brønnene (630 m³/s)



Figur 4-6 Vannhastighet (m/s) ved 1000-års flom (med klimatillegg) med oppfylling rundt brønnene ($630 \text{ m}^3/\text{s}$)

5 Sammendrag og vurdering

Vi har gjort en ny flomberegning der den viktigste forandringen er at kulminasjonsfaktoren ble redusert. Det gir ca. 20 % mindre flomtopp.

Vi har gjort en ny, todimensjonal, vannlinjeberegning som er mer detaljert enn den opprinnelige, endimensjonale. Ny beregning brukte innmålt bunnivå ved broene, som gir lavere bunnivå og større strømningsareal, særlig under den vestre broen.

Vi har beregnet vannstand og vannhastighet for 1000-års flom med oppfylling rundt brønnene. Oppfylling gir noe høyere vannstand.

Vi anbefaler oppfylling til 314,5 moh. for PB-5 og 313,5 moh. for BR-2 og BR-4. Det gir 0,5 m fribord over beregnet vannstand (figur 4-5). Vannhastigheten i figur 4-6 kan brukes for dimensjonering av erosjonssikring rundt fyllingen.

Broene er utsatt for skade ved store flommer. Høy vannhastighet i gjennomløpet gir fare for erosjon og undergraving av brofundamentene. På befaringen så vi tegn til undergraving av vestre landkar på den vestre broen.

Under store flommer er det også fare for at drivgods pakker seg mot broene, det reduserer kapasiteten og øker sidekreftene mot broen. Det er også sannsynlig at veifyllingene på siden av broene graves bort.

Notat

Oppdragsgiver: **Gausdal kommune**

Oppdragsnr.: **5188628** Dokumentnr.: **N-04-J01**

J01	2022-09-26	For bruk	Lars Jenssen	Henrik Opaker	Tore Fossum
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.