

Oppdragsgiver: Øyer kommune

Oppdragsnr.: 5177632 Dokumentnr.: N100

Til: Øyer kommune

Fra: Norconsult ved Henrik Opaker

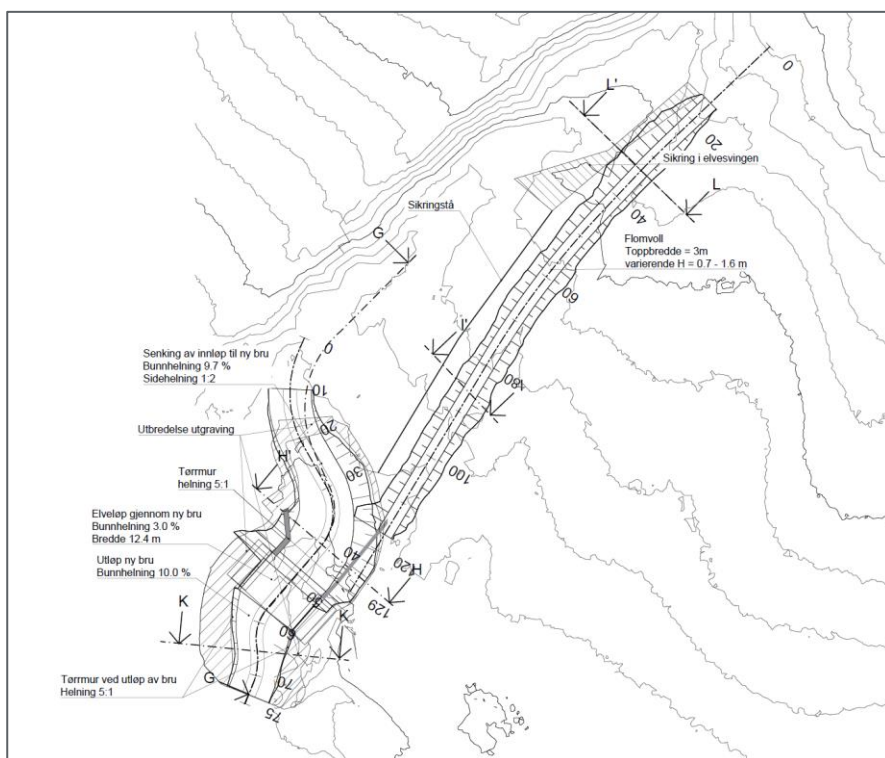
Dato: 2023-07-05

► Vurdering av massetransport i Søre Brynsåa etter ombygging av bru Gamlevegen

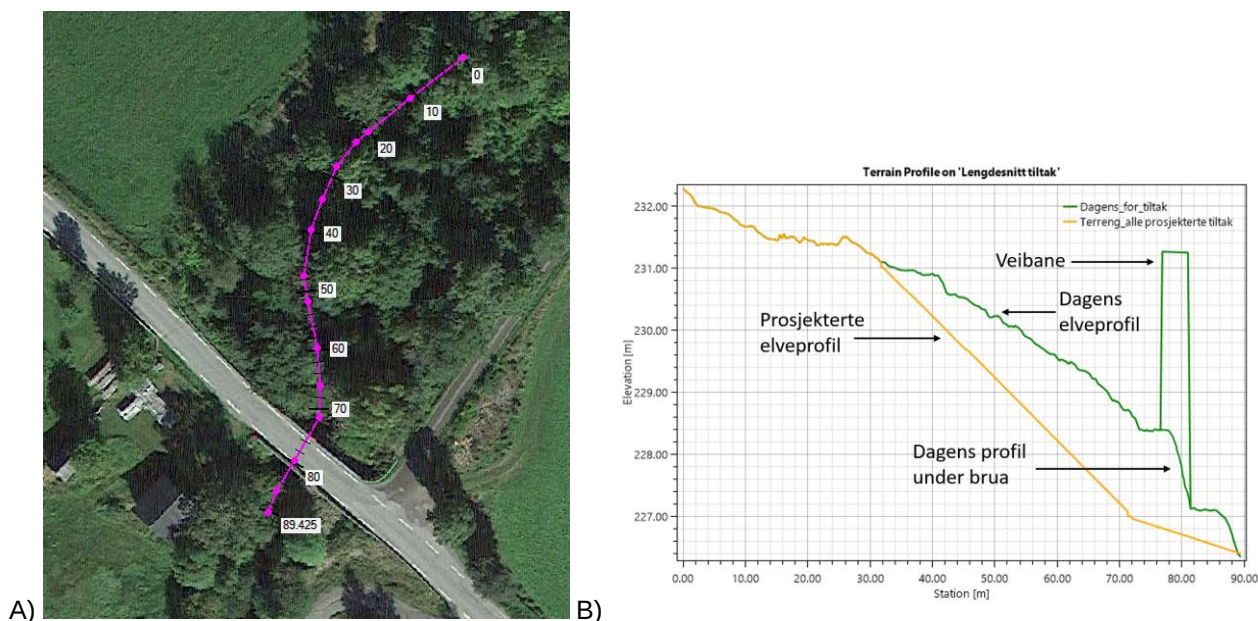
Bakgrunn

Formålet med dette notatet er å vurdere om bygging av ny bru Gamlevegen og tilhørende erosjonssikring i Søre Brynsåa vil medføre økt masseavsetning ved E6. Tiltaket ved bru Gamlevegen ble ferdigprosjektert i april 2023, og det er de nye tiltakene som vurderes i dette notatet.

Eksisterende steinhvelvsbru i Gamlevegen skal skiftes ut med ny bjelkebru for å kunne avlede 200-årsflom med 40 % klimapåslag, som tidligere er estimert av Norconsult til $50 \text{ m}^3/\text{s}$ [1]. Dette vil innebære en betydelig utvidelse av eksisterende gjennomløp gjennom Gamlevegen. Dagens bru har strømningsareal på i overkant av 5 m^2 og fremtidig bru vil ha strømningsareal på ca. 30 m^2 . Prosjektert løsning ved bru Gamlevegen inkluderer senkning og erosjonssikring av elvebunnen inn mot Gamlevegen over en strekning på ca. 45 m. Bunnsenkningen vil gi Søre Brynsåa en helning på ca. 9,7 % inn mot bru Gamlevegen (Figur 1 og Figur 2). Under Gamlevegen vil helningen være ca. 3 % med prosjektert løsning. Helningen til elveløpet inn mot brua er i dag på ca. 6 % på den samme strekningen, og det er et fall under brua samt bunnsenkning nedstrøms brua (Figur 3).



Figur 1: Prosjekterte tiltak ved bru Gamlevegen (utsnitt fra tegning J004).



Figur 2: A) Lengdeprofil. B) Terreng i elveløpet før- og etter tiltak ved bru Gamlevegen.



Figur 3: Forhold under dagens bru med lav vannføring. Til venstre: Utsikt fra oppstrøms brua. Til høyre: Utsikt fra nedstrøms brua. Foto: Norconsult, 2018.08.05.

Helningen til Søre Brynsåa mellom Kongsvegen og E6 varierer fra ca. 2,5 til 3,5 %. I vedlegget ligger et lengdeprofil for Søre Brynsåa, slik elva er i dag. Det finnes tre strekninger mellom Gamlevegen og Kongsvegen som hver er ca. 10-15 m lange som har lik eller slakere helning enn helningen mellom Kongsvegen og E6 (profilnummer viser til lengdesnittet i vedlegget):

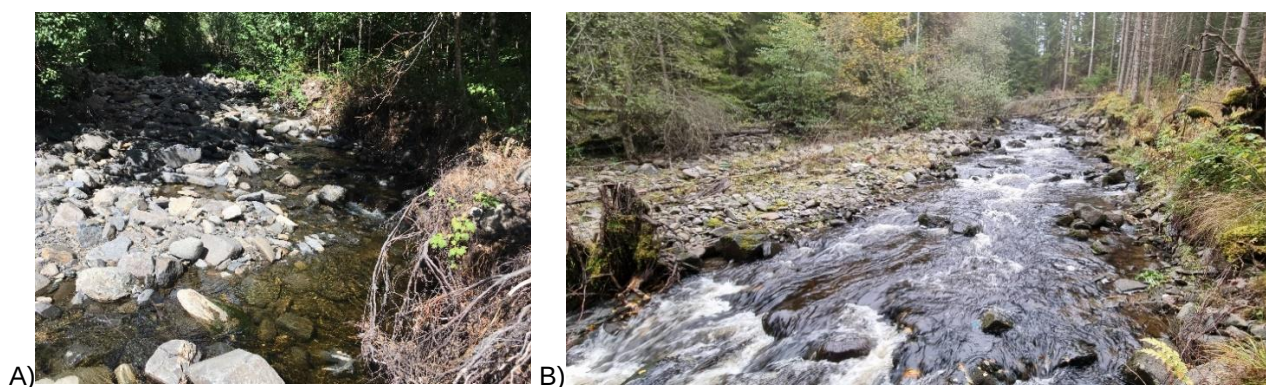
- Profil 140-155 m har helning ca. 1,4 %
- Profil 190-205 m har helning ca. 3,5 %
- Profil 400-410 m har helning ca. 2,5 %

I tillegg er det flere strekninger med helning på ca. 4,5 %.

Det er kjent at Søre Brynsåa er masseførende i flom. Volum med sedimenter som avsettes og transporteres på den aktuelle strekningen er ukjent. Kornfordelingskurven til sedimentene er også ukjent. Statens vegvesen har stilt spørsmål om tiltakene ved bru Gamlevegen vil medføre økning i masseavsetning ved E6 hvis det ikke bygges et massebasseng mellom Gamlevegen og E6. Statens vegvesen har oppgitt at de ved behov etter en normal flom, tar ut et sted mellom 1000-1500 m³ masser fra Søre Brynsåa under/ved E6. Statens vegvesen har anbefalt at massebasseng i Søre Brynsåa bør ha et volum på minst 1000 m³ [2].

Søre Brynsåa renner under E6 i en kulvert som tidligere er beregnet å ha kapasitet lik ca. 35 m³/s [3], det vil si ca. 15 m³/s mindre enn 200-årsflom med klimapåslag.

Figur 4, Figur 5 og Figur 6 viser bilder av dagens forhold ved tidligere planlagt massebasseng, ved Kongsvegen og E6.



Figur 4: A) Dagens forhold nedstrøms brua under lav vannføring (Norconsult 2018.08.05). B) Dagens forhold ved tidligere prosjektert massebasseng midt mellom Gamlevegen og Kongsvegen (Norconsult 2022.10.04).



Figur 5: Dagens forhold A) oppstrøms Kongsvegen og B) oppstrøms E6. Foto: Norconsult 2022.10.04.



Figur 6: Masseavsetning i E6 kulvert under dagens forhold. Foto: Norconsult 2022.10.04.

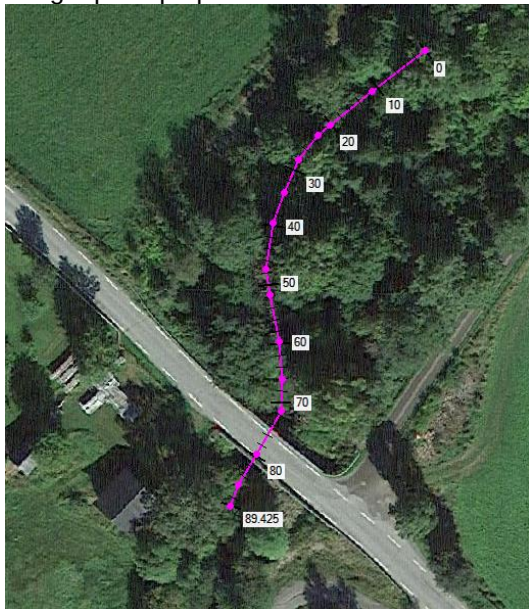
Beregninger

Det er gjort hydrauliske 2D-beregninger i programmet Hec-Ras 6.3 av eksisterende situasjon og fremtidig situasjon med ny bru Gamlevegen. Det er benyttet et beregningsgrid med celledimensjon 2 x 2 m. Beregningstidssteget er satt lik 0,1 s, og vannføringene er alle kjørt over 45 minutter for å få stabile resultater. Courantallet er mindre enn 1 for beregningene, noe som er anbefalt av programutvikler for å få nøyaktige resultater. Benyttet ligningssett er SWE-ELM. Oppstrøms grensebetingelse er satt lik vannføring inn i modellen, mens nedstrøms grense er en konstant vannstand i Lågen (kote 174,2) som tilsvarer omtrentlig middelflom [4]. Det er lite sannsynlig med sammenfallende gjentakintervall på flommer i Søre Brynsåa og Lågen, på grunn av den store forskjellen i feltareal for de to nedbørfeltene samt reguleringsgraden til Lågen. Vannstanden i Lågen påvirker hastigheten til vannet gjennom kulverten under E6. Det vil si at når vannstanden i Lågen er høy, blir hastigheten redusert gjennom kulverten under E6.

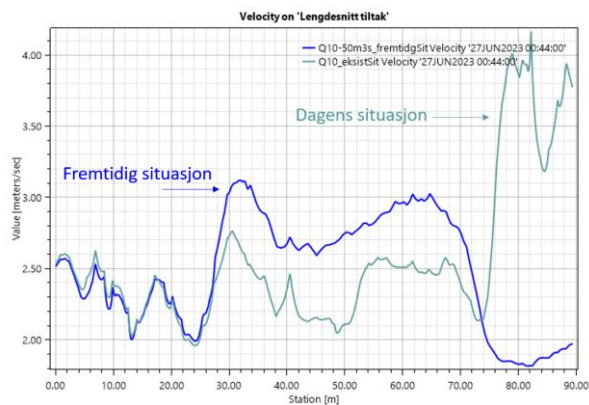
Det er uvisst ved hvilken vannføring massetransporten i Søre Brynsåa starter, og når den er på sitt største. Det er sannsynlig at massetransporten er betydelig ved vannføringer som er vesentlig mindre enn 200-årsflom med klimapåslag, som ny bru Gamlevegen dimensjoneres for. Beregningene er derfor gjort for vannføringer på 10, 20, 30, 40 og 50 m³/s. For disse beregningene er det gjort sammenligninger av vannhastigheter langs elveløpet oppstrøms Gamlevegen. Figur 7A viser beliggenheten til lengdesnittet ved Gamlevegen som er benyttet for å hente ut hastigheter (samme lengdesnitt som er vist i Figur 2A). Lengdesnittet er lagt til senterlinjen for eksisterende elveløp. Figur 7B viser beregning av dagens situasjon med vannføring lik 10 m³/s.

Beregningene gir økt hastighet for fremtidig situasjon (blå linje i Figur 7B), sammenlignet med dagens situasjon (turkis linje i Figur 7B) på en ca. 45 m lang strekning oppstrøms Gamlevegen. Dette samsvarer med strekningen hvor man vil senke elvebunnen inn mot Gamlevegen. Økningen i hastighet er på ca. 0,3-0,5 m/s. Gjennom selve Gamlevegen vil hastigheten i fremtiden avta ved vannføring lik 10 m³/s, på grunn av økt areal gjennom brua.

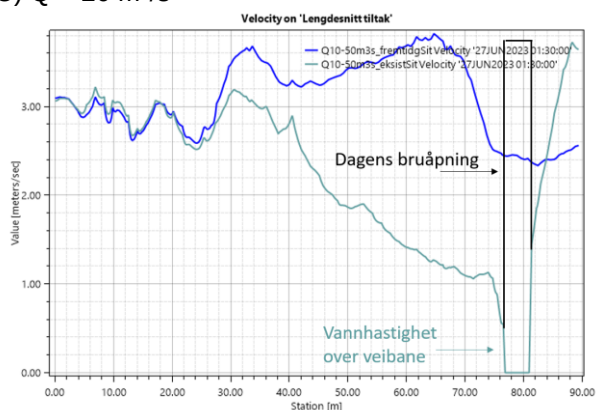
A) Lengdeprofil på plankart



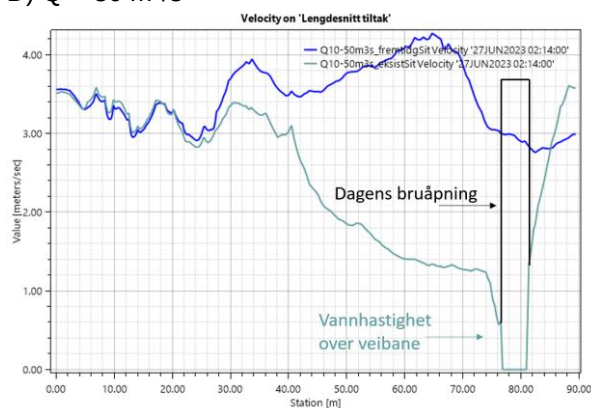
B) $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$



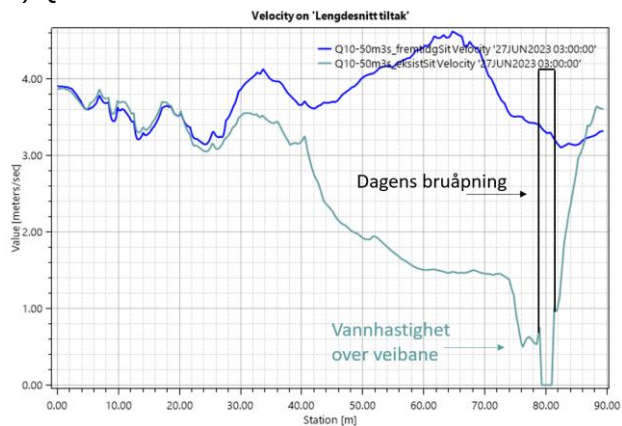
C) $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$



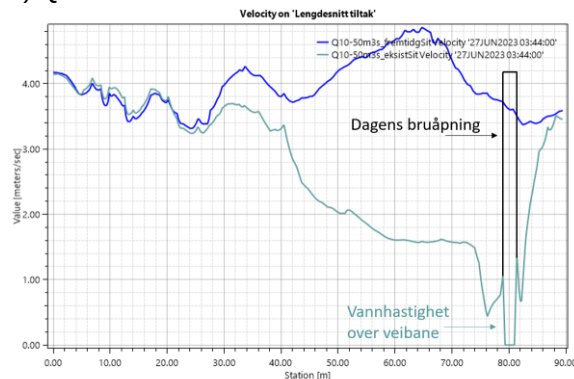
D) $Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$



E) $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$



F) $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 7: A) Lengdeprofil Sør Brynsåa. Vannhastighet før- og etter prosjekterte tiltak (hhv. turkis og blå linje) for B) $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$; C) $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$; D) $Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$; E) $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ og F) $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ved en vannføring på 20 m³/s (Figur 7C) blir forskjellen i hastighet oppstrøms Gamlevegen i dagens og fremtidig situasjon mellom 0,5-2 m/s, noe som er en betydelig større forskjell enn ved vannføring på 10 m³/s. Årsaken til dette er at ved 20 m³/s går dagens bru full, og man får oppstuvning fra vegfyllingen. Med fremtidig bru får man friskeilstrømning gjennom brua, og tilløpshastigheten bevares gjennom brua.

Figur 7D, E og F viser vannhastighet oppstrøms Gamlevegen ved vannføring på hhv. 30, 40 og 50 m³/s. For alle disse vannføringene får man en forskjell i vannhastighet mellom dagens og fremtidig situasjon. Årsaken er den samme som for vannføring på 20 m³/s, nemlig at man i dag får oppstuvning fra vegfyllingen mens i fremtiden får man friskeilstrømning gjennom veggen. Senkningen av elvebunnen, som er nødvendig for å få fribord under brua ved 200-årsflom med klimapåslag uten å heve vegbanen, bidrar også til økte hastigheter i fremtiden. Samtidig er vannhastighet gjennom bruene redusert i en fremtidig flom på grunn av økt tverrsnittsareal.

På nedstrøms side av Gamlevegen viser beregningene at vannhastigheten er påvirket av tiltak for bru Gamlevegen på en strekning på ca. 100 m. Videre nedstrøms er hastighetene uforandret. Ved vannføring 20 m³/s og større, vil man i dagens situasjon få vann som renner over Gamlevegen. Sannsynligvis er det kun sedimenter i suspensjon som vil transporteres over vegbanen. De fineste sedimentene som går over vegbanen vil avsettes først i Lågen, mens grusfraksjonen vil kunne avsettes ved E6. I fremtiden vil ikke disse finere sedimentene gå over vegbanen, men gjennom bru Gamlevegen. Vannet som renner utenfor elveløpet, vil muligens erodere noe i løsmasser før det renner tilbake til Søre Brynsåa. Denne erosjonen vil ikke forekomme etter bygging av ny bru i Gamlevegen.

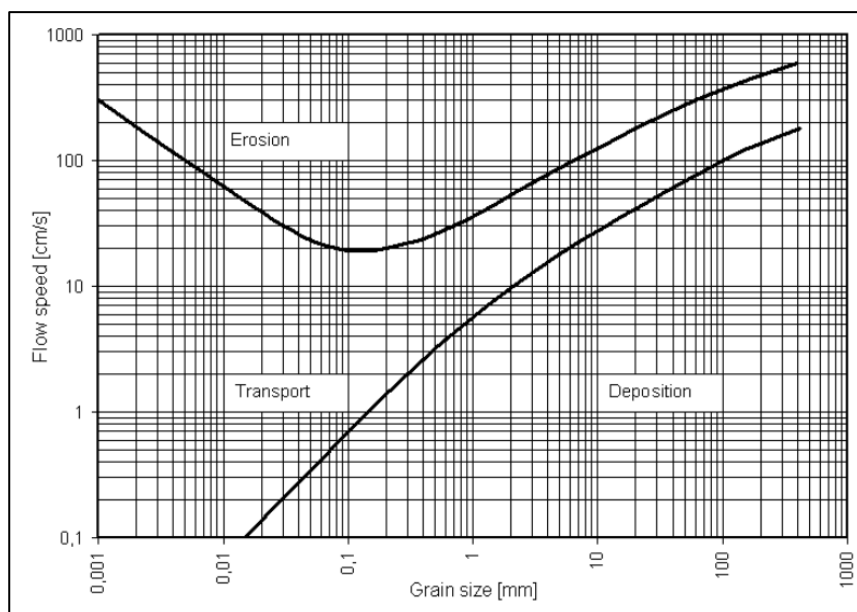
Nedstrøms Gamlevegen vil Søre Brynsåa krysse gjennom Kongsvegen før elva krysser gjennom E6. Vannhastigheten til elva oppstrøms Kongsvegen vil være betydelig lavere enn oppstrøms Gamlevegen. Tabell 1 viser representative vannhastigheter oppstrøms bruene for de beregnede vannføringene. For alle bruene er hastigheten hentet ut på en strekning 50 m oppstrøms bruene. Vannhastigheten varierer relativt mye på strekningen inn mot bruene. Dette skyldes delvis at terrenget blir slakere inn mot bruene, oppstuvning fra bruene og muligens også hvordan Hec-Ras beregner strømning gjennom bruene.

Tabell 1: Representative vannhastigheter på strekning 50 m oppstrøms bruene (m/s)

Vannføring (m ³ /s)	Gamlevegen		Kongsvegen	E6
	Dagens bru	Fremtidig bru		
10	2,2-2,6	2,6-3,0	1,4-2,6	1,3-3,3
20	1,0-3,7	2,6-3,8	1,6-3,3	1,6-3,4
30	1,2-4,0	3,2-4,2	1,7-3,8	1,7-3,4
40	1,4-4,1	3,6-4,6	1,7-4,2	1,9-3,5
50	1,6-4,3	3,8-4,8	2,0-4,6	2,0-3,6

Beregningene gir betydelig lavere hastigheter oppstrøms Kongsvegen og E6 sammenlignet med oppstrøms Gamlevegen etter ombygging. Det betyr at de største sedimentene som Søre Brynsåa klarer å transportere gjennom Gamlevegen, vil bli avsatt før elva kommer til E6. Det er imidlertid liten forskjell i vannhastighet oppstrøms Kongsvegen og E6. Det betyr at det mest sannsynlig er oppstrøms Kongsvegen at man vil få avsatt mest sedimenter. Det bemerkes dog at vannhastigheten gjennom E6 påvirkes av vannstanden i Lågen, slik at det er en usikkerhet i beregningene knyttet til vannstand i Lågen.

Hjulstrøms diagram (Figur 8) viser sammenhengen mellom vannhastighet og erosjon, transport og avsetning for ulike sedimentstørrelser.



Figur 8: Hjulstrøms diagram

Hjulstrøms diagram, og beregnede vannhastigheter ved vannføring 10 m³/s i Søre Brynsåa, gir at:

- Sedimenter som i dag avsettes oppstrøms Gamlevegen er av størrelse $d > 0,4$ m
- Sedimenter som avsettes oppstrøms Kongsvegen er av størrelse $0,4 > d > 0,2$ m

Sedimentene som avsettes ved Kongsvegen har sannsynligvis størrelse mellom 0,2-0,4 m, da større sedimenter enn dette i hovedsak avsettes oppstrøms Gamlevegen. Erosjonsutsatte skråninger mellom Gamlevegen og Kongsvegen kan likevel medføre at det tilføres noen sedimenter med størrelse $d > 0,4$ m nedstrøms Gamlevegen.

Ved de aller største flommene, ved vannføringen ca. 20 m³/s og større, kan man få avsatt masser med dimensjon mindre enn 0,4 m oppstrøms Gamlevegen. På nedadgående vannføring vil imidlertid sannsynligvis mye av disse massene med dimensjon mindre enn 0,4 m bli erodert bort, i det vannhastigheten oppstrøms Gamlevegen øker når det blir friskeilstrømning gjennom Gamlevegen.

Sedimentene som avsettes ved E6 har sannsynligvis dimensjon inntil ca. 0,2 m. Hvor liten steinstørrelse som avsettes er avhengig av vannstanden i Lågen.

Vurderinger

Det er de mindre vannføringene som er simulert på 10 og 20 m³/s som virker mest aktuelle å vurdere opp mot massetransport i Søre Brynsåa. Det er sannsynligvis vannføringer innenfor dette intervallet som Statens vegvesen omtaler som vanlige flommer, og som har medført at Statens vegvesen har tatt ut masser fra Søre Brynsåa. Ved vesentlig større flommer enn dette, slik som en 200-årsflom med klimapåslag, er sannsynligvis massetransporten vesentlig større enn det som er observert de siste årene. Da vil massetransporten uavhengig av utforming bru Gamlevegen medføre store utfordringer med masseavsetning ved Kongsvegen og E6

Ombygging av bru Gamlevegen vil føre til økt hastighet oppstrøms brua, i et område det i dag blir avsatt sedimenter. Bunnsenkning og plastring oppstrøms Gamlevegen, samt økt strømningsareal gjennom

Gamlevegen, vil medføre at det sannsynligvis blir avsatt mindre volum masser på strekningen 40 m oppstrøms Gamlevegen i fremtiden [2]. En del masser som i førsituasjon ville blitt avsatt oppstrøms Gamlevegen, vil i fremtiden passere gjennom Gamlevegen.

Det er tre korte strekninger på 10-15 m hvor noen sedimenter av stor størrelse (blokk), kan bli avsatt. Det meste av sedimenter vil imidlertid sannsynligvis passere disse tre korte strekningene [2].

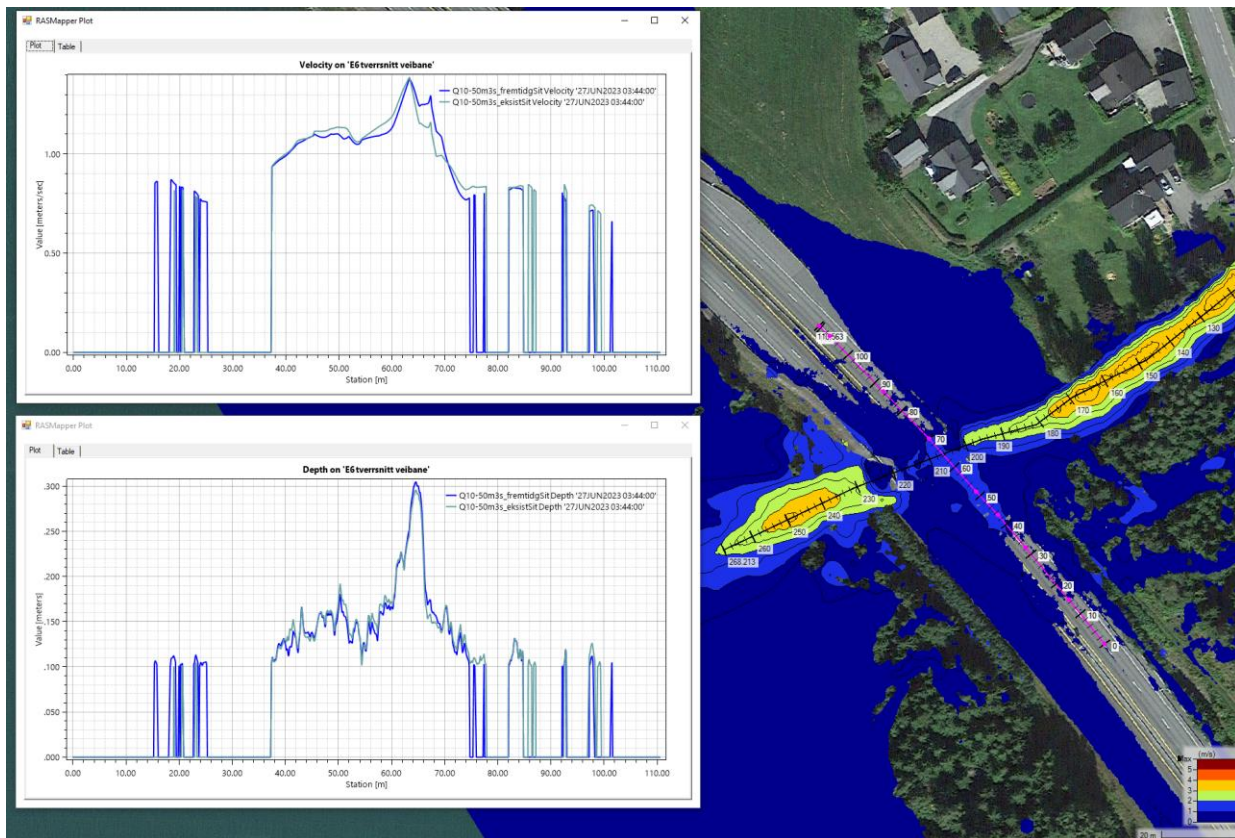
Man bør derfor i fremtiden forvente økt masseavsetning ved Kongsvegen, hvor helningen til Søre Brynsåa avtar. Ved Kongsvegen er helningen til Søre Brynsåa ca. 2,6 % over ca. 35 m. Dette er slakere enn helningen oppstrøms Gamlevegen i dag. Sedimenter av størrelse som i dagens situasjon avsettes ved Gamlevegen (dvs. $d > 0,4$ m) vil dermed i fremtiden avsettes ved Kongsvegen.

Sedimenter som passer den flater strekningen ved Kongsvegen vil komme ned til E6. Det avsettes sedimenter ved E6 i dag, og det vil det også gjøre i fremtiden.

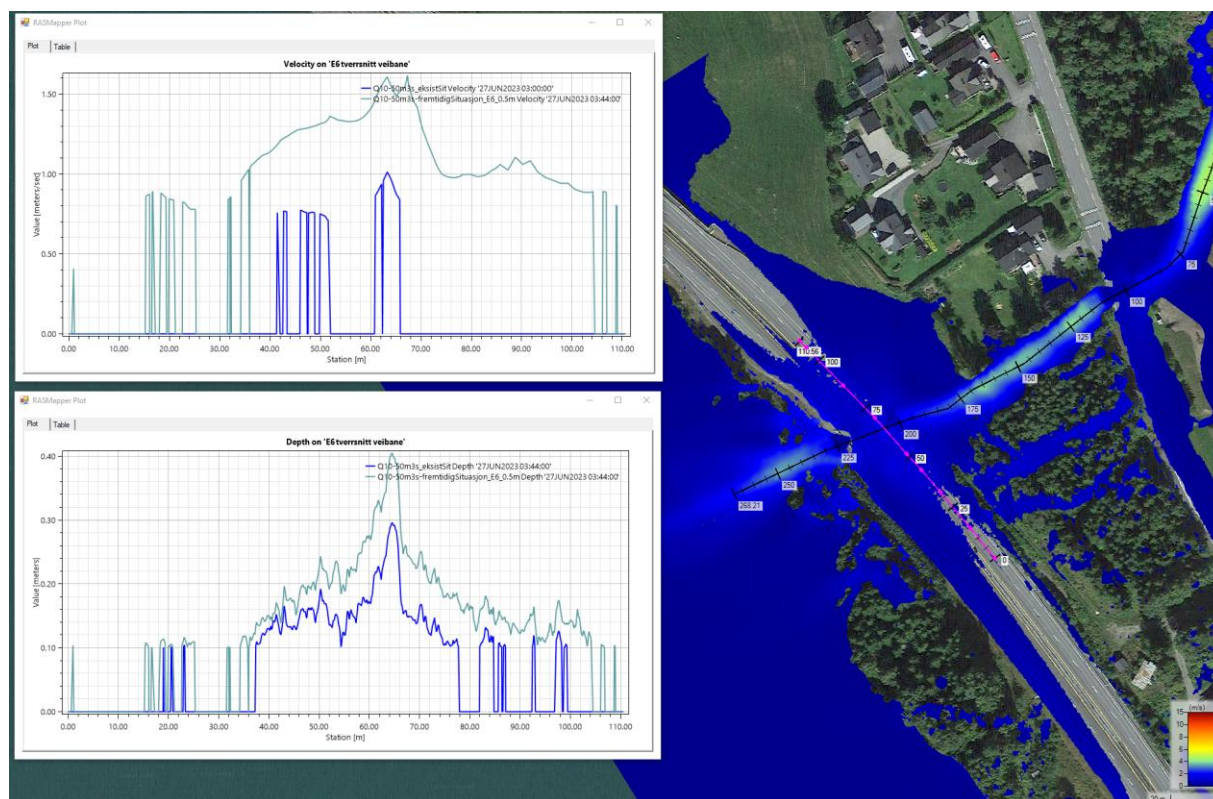
Tilgjengelig volum for masseavsetning i Søre Brynsåa vil reduseres som følge av tiltaket ved Gamlevegen. Om dette medfører et problem for E6 er avhengig av volumet sedimenter av størrelse $< 0,2$ m som kommer i flom, og volumet for masselagring ved Kongsvegen. Dersom volumet ved Kongsvegen fylles opp tilstrekkelig, så kan det medføre at det avsettes mer masse ved E6. Totalvolumet sedimenter i Søre Brynsåa i flom er ukjent, og det samme er kornfordelingen til sedimentene.

I en verst tenkelig situasjon der man får så stor masselagring oppstrøms E6 at kapasiteten til kulverten under E6 blir for liten for flommen, så vil vann renne over E6 over en relativt lang strekning. Vanndybden over vegbanen vil bli lav ($< 0,3$ m ved $Q_{200} + 40\%$ klimapåslag) og vannhastigheten vil også være lav over veibanen (Figur 9). Det vil dermed neppe være fare for liv og helse. En slik situasjon vil heller ikke påvirke øvrige 3. parter i området.

Det er utført en simulering med 0,5 m avsetting av masse i kulverten under E6 med prosjekterte tiltak ved Gamlevegen sammenlignet med ingen avsetting av masse og dagens situasjon (Figur 10). Maks. vanndybde øker fra ca. 0,3 m til ca. 0,4 m, og maksimal vannhastighet er fortsatt under ca. 1,5 m/s.



Figur 9: Vannhastighet og vanddybde over E6 ved profilen vist på kartet for før- og etter prosjekterte tiltak ved Gamlevegen (hhv. turkis og blå linje). Oversvømmelseskart er vist for Q200+40% klimapåslag for scenarioet med prosjekterte tiltak.



Figur 10: Resultater fra et scenario med 0,5 m tilstopping (avsetning av masse) på bunnen av kulverten under E6.

Konklusjon

Beregningene og vurderingene som er gjort gir ikke grunnlag for å si sikkert at tiltaket ved Gamlevegen medfører økt masseavsetning ved E6.

Ukjent total mengde sedimenter i flom, ukjent kornfordeling til sedimentene og det at påvirkningen Lågen har på vannhastigheten ved E6 vil variere fra en flom til den neste, gjør at beregningene har en usikkerhet. Det kan muligens oppstå flomsituasjoner der mengden masser som avsettes ved Kongsvegen overstiger tilgjengelig volum, med påfølgende økning i masseavsetning ved E6.

Det virker sannsynlig at ved de hyppigst forekommende flommene, så vil tiltaket ved Gamlevegen medføre at man ved Kongsvegen kan få økt masseavsetning og i mindre grad ved E6.

I ekstremflommer som 200-årsflom med klimapåslag vil antageligvis massetransporten i Søre Brynsåa være så stor at det ikke utgjør noen vesentlig forskjell for E6 om mulighet for masseavsetning oppstrøms Gamlevegen fjernes.

Referanser

1. Norconsult (2018), Flomberegning for Søre Brynsåa. Notat 5177632-B01
2. Norconsult (2023), Prosjekterte masseavlagringsbasseng, Notat N10 5176887
3. Skred (2020), Uavhengige vurderinger relatert til flom og overvann for Trodal Boligfelt. Rapport 20173-01-3. 19.10.2020.
4. Norconsult (2019), Flomsikring Søre Brynsåa, Notat 5177632-D02

Vedlegg

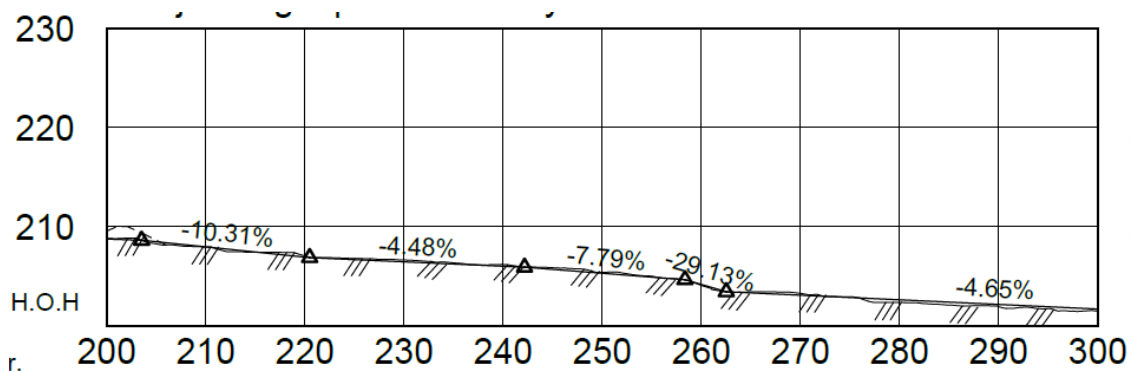
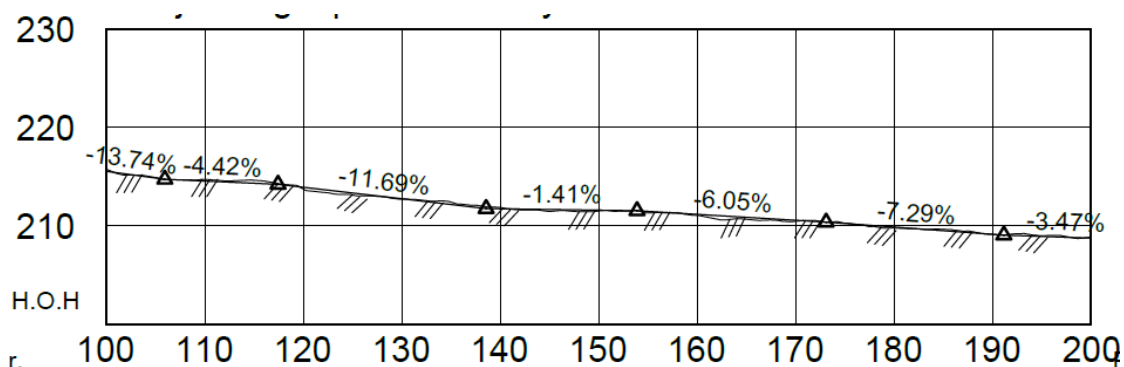
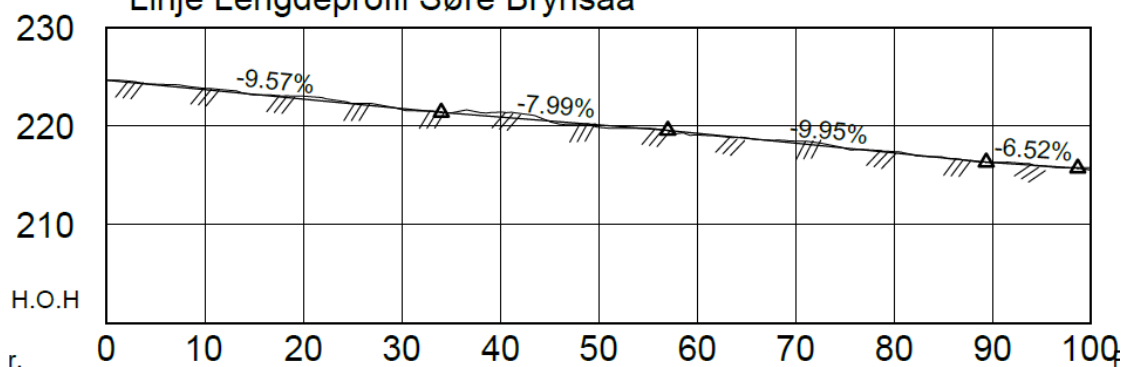
Dagens lengdeprofil langs Søre Brynsåa.

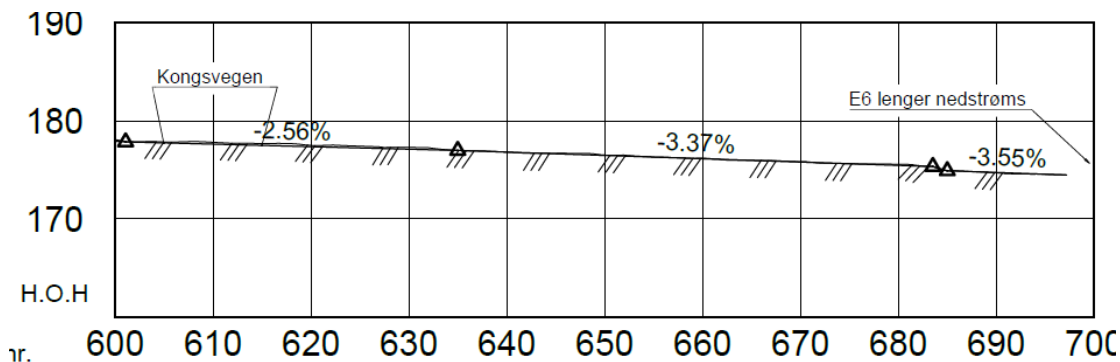
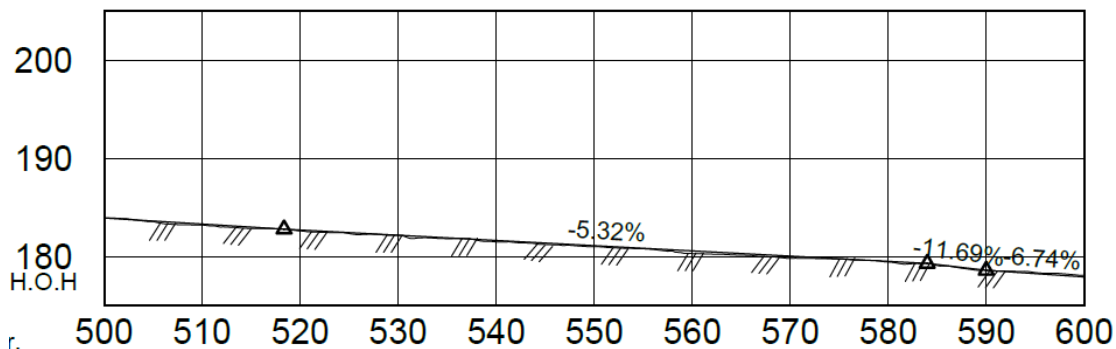
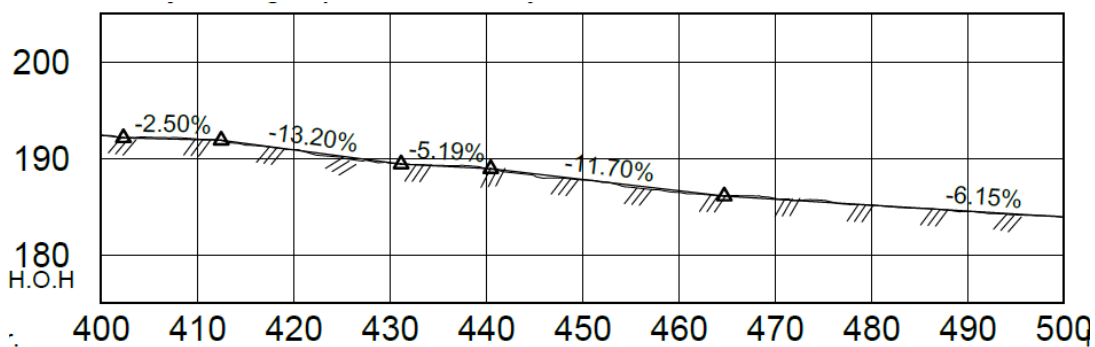
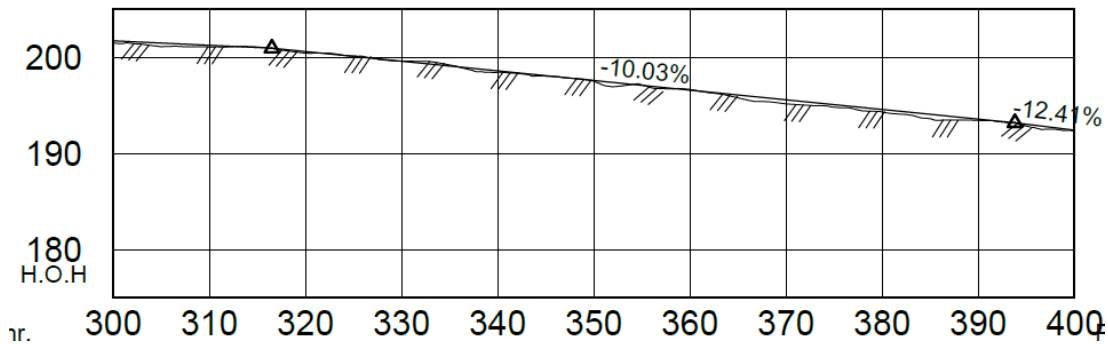


X-akse er tverrprofilnummer (avstand målt i meter langs senterlinje elv)

Y-akse er høyde (moh.)

Linje Lengdeprofil Søre Brynsåa





Oppdragsgiver: Øyer kommune

Oppdragsnr.: 5177632 Dokumentnr.: N100

B01	2023-07-05	For gjennomgang	Henrik Opaker	Katherine Aurand	Ole Bjørn Bringa
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.