

Utprøving av Hec-Ras til analyse av sedimenttransport i Gudbrandsdalslågen

.....

Per Ludvig Bjerke, Truls Erik Bønsnes, Byman Hamududu



Rapport, bokmål nr 25-2019

Utprøving av Hec-Ras til analyse av sedimenttransport i Gudbrandsdalslågen

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktør: Per Ludvig Bjerke
Forfatter: Per Ludvig Bjerke, Truls Erik Bønsnes, Byman Hamududu

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: Lågen ved Fåvang
ISBN: 978-82-410-1888-6
ISSN: 1501-2832

Sammendrag: Det er utført simuleringer av sedimenttransport i Lågen. De bygger delvis på arbeidet i prosjektet Regionplan Lågen. Arbeidet er en pilotstudie for å teste ut funksjoner ved Hec-Ras. Resultatene viser at det er i parti med stor hastighet det er mest effektivt å sette inn tiltak for å redusere vannstanden. De viser at vannstanden i Losna har stor påvirkning på vannstanden og på erosjonsfaren oppover elva. Modellen trenger mye info om massene som krever mye feltarbeid og gjør slike utprøvinger ressurskrevende. Arbeidet bør utvides til å omfatte lengre tidsserier og inkludere sideelver.

Emneord: Sedimenttransport, Hec-Ras, Gudbrandsdalslågen.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

23.05.2019

Innhold

Innhold	2
Forord	4
Sammendrag	5
1 Innledning	6
2 Forutsetninger	7
2.1 Tiltak for å senke Losna i flomsituasjoner	7
2.2 Utdrag fra beregninger i Blasy og Øverland 2017	10
2.2.1 Beskrivelse av tiltak 15 og tiltak 17 i Blasy og Øverland.....	10
3 Modellberegninger av sedimenttransport	13
3.1 Datagrunnlag.....	15
3.3 Hec-Ras	16
4 Resultater	18
5 Forslag til videre arbeid	24
6 Konklusjon	25
Referanser	26

Forord

Det er som en del av FoU virksomheten ved NVE utført et utprøving av Hec-Ras modellen for å simulere erosjon og sedimentering i Gudbrandsdalslågen.

Prosjektet er utført i 2018 av Hydrologisk avdeling seksjon for vannbalanse HV.

Trondheim, april 2019



Elise Trondsen
Seksjonssjef



Per Ludvig Bjerke
Prosjektleder

Sammendrag

Det er utført en numerisk simulering av erosjon og pålagring av masser. Dette er utført med den hydrauliske modellen Hec-Ras. Prosjektet er en pilotstudie for å teste ut funksjonen ved Hec-Ras for simulering av erosjon og pålagring av sedimenter.

Resultatene viser som ventet at det er i trange parti der det er størst hastighet at det er mest effektivt å sette inn tiltak hvis man ønsker å redusere vannstanden oppstrøms.

Vannstanden i Losna har stor påvirkning på vannstanden og på potensiale for erosjon oppstrøms vatnet. Modellen trenger informasjon om massene. Det er derfor nødvendig med feltarbeid som øker arbeidsmengden og tidsforbruket for bruk av modellen. Videre arbeid bør inkludere lengere tidsserier og med ulike mengder av sediment som øvre grensebetingelse på strekningen. Tilløpselver på strekningen bør også inkluderes i beregningene.

1 Innledning

I de siste årene har hyppigere flommer fra intens nedbør og snøsmelting ført til økt erosjon og sedimenttransport i flere vassdrag. På grunn av høy sedimenttilførsel har det på flere steder vært ønskelig å se på muligheten for masseuttak som flomsenkningstiltak langs vassdraget. Det er ofte uforutsigbart hva som skjer ved slike uttak og det er behov for mer informasjon om effekten av dette.

I forbindelse med flomsonekartleggingen for Fåvang og Ringebru ble det utført vannlinjebergening i Gudbrandsdalslågen på strekningen fra Losna til Hundorp (Naserzadeh, Larsen 2004). Vannføringer og observerte vannstander fra 1995 og 2000 var grunnlaget for kalibrering av den hydrauliske vannlinjemodellen Hec-Ras.

I forbindelse med utarbeiding av fagrapporten «Gudbrandsdalslågen - Sedimentkilder og sedimentbudsjett som bakgrunn for tiltak i forvaltningsplanen» ble det utført tester på effekten av vannstandssenkning i Losna som tiltak mot høy flomvannstand på strekningen mellom Tretten og Ringebru. Det var Hec-Ras modellen fra 2004 som ble lagt til grunn i dette arbeidet.

I arbeidet med regionalplan for Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag ble det utarbeidet et nytt hydraulisk modelloppsett med den 1-dimensjonale Hec-Ras modellen for hele vassdraget fra Mjøsa til Lesja (Blasy og Øverland 2017). Stedvis er det også etablert et 2-dimensjonalt modelloppsett for mer detaljerte undersøkelser. Det geometriske grunnlaget for disse modellene baserer seg på detaljerte oppmålinger som for eksempel med bruk av grønn laser. Modellene ble blant annet etablert med tanke på å teste flomsenkningseffekten på en rekke foreslåtte tiltak langs vassdraget, der flomsenkning av Losna var et av disse tiltakene.

Hypotesen i dette arbeidet er at en senkning av Losna vil øke skjærspenningen særlig på strekningen fra Losna til Ringebru og derved øke sedimenttransporten. Dette kan stedvis føre til senkning av elveløpet.

Det er derfor utført innledende tester ved hjelp av Hec-Ras sin «modul for sediment transport analysis». Det geometriske oppsettet er hentet fra modellen utarbeidet for regionplan for Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag (Blasy og Øverland 2017).

2 Forutsetninger

2.1 Tiltak for å senke Losna i flomsituasjoner

Erosjonsforholdene på strekningen oppstrøms Losna kan sammenlignes med forholdene i Øyerens delta, se fig 2.1. Avsetningen av bunntransportert materiale forflyttes oppstrøms i deltaet når vannstanden i innsjøen stiger. Når vannstand og vannføring synker igjen, forflyttes noe av de finfordelte sandfraksjonene ned mot deltafronten.

Etter de store flommene i 1966 og 1967 ble det gjort tiltak i utløpet av Øyeren ved Mørkfoss for å øke utløpskapasiteten ved flom. Utsprengningen ved Mørkfoss gjorde at vannstanden i Øyeren ble senket med 2 meter under flommen i 1995 (NOU 1996). Etablering av flomtunnel fra Øyeren til Oslofjorden ble også diskutert og utredet som følge av flommene i 1967 og 1995. Dette ble imidlertid ikke aktuelt, blant annet fordi det kunne medføre forsterkning av erosjonen i Øyerens delta.



Figur 1 Illustrasjon fra Øyerens delta.

Økt utløpskapasitet fra Losna vil redusere vannstandsstigningen både i Losna og på elvestrekningen oppstrøms slik at de flomutsatte områder på strekningen Fåvang-Ringebru blir mindre flomutsatt. En senkning av vannstanden i Losna vil gi et økt fall på elvestrekningen oppstrøms, noe som også vil øke transportkapasiteten for sedimenter.

I forbindelse med flomsonekartleggingen for Fåvang og Ringebru ble det utført vannlinjeberginger i Gudbrandsdalslågen på strekningen fra Losna til Hundorp (Naserzadeh, Larsen 2004). Vannføringer og observerte vannstander fra flommene i 1995 og 2000 var grunnlaget for kalibrering av en hydraulisk vannlinjemodell (Hec-Ras) for denne delen av Lågen.

I forbindelse med utarbeiding av fagrapporten «Gudbrandsdalslågen - Sedimentkilder og sedimentbudsjett- bakgrunn for tiltak i forvaltningsplanen» ble det utført tester på effekten av vannstandssenkning i Losna som tiltak mot flom på strekningen mellom Tretten og Ringeby. Det var Hec-Ras modellen fra 2004 som ble lagt til grunn i dette arbeidet (Naserzadeh m.fl 2004).

Flomvannføringene i 1995 ble benyttet som inngangsdata, men der nedre grensebetingelse var konstant vannstand på kote 182 moh i Losna, som tilsvarer en senkning av vannstanden med 2,3 m (ned fra 184,3 m). Beregningene viste at en flomsenkning av Losna ga en vannstandssenkning på strekningen Fåvang-Ringeby i størrelsesorden 1 m, se fig 2.2 a. Endring av skjærspenning og vannhastighet for dette senkningsalternativet er vist i fig 2.2 b. Det er senere utført mer detaljerte tester av senkningsalternativet for Losna (Blasy og Øverland 2017). Disse beregningene er i overensstemmelse med resultatene fra den gamle vannlinjemodellen fra 2004, (se nærmere beskrivelse nedenfor).

Elvebunnsmaterialet på strekningen Losna/ Fåvang og opp til Ringeby består i stor grad av materiale i sandfraksjonen (< 2 mm). Høy vannføring i Lågen kombinert med lavere vannstand i Losna øker sannsynligheten for at dette materialet settes i bevegelse og transporteres ut i Losna.

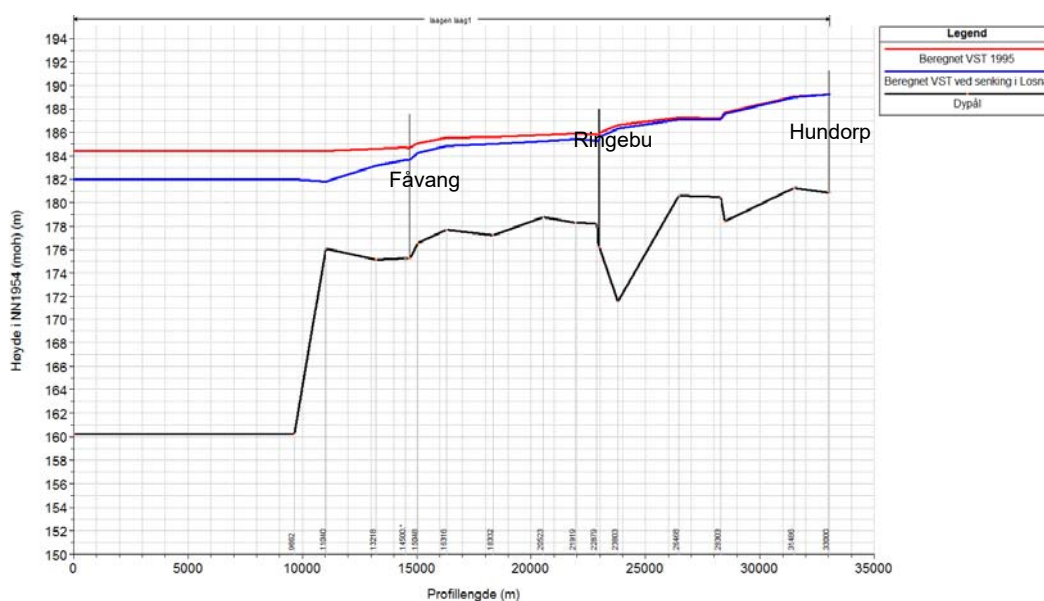


Fig. 2.2a. Stasjonær simulering av vannlinjer i Gudbrandsdalslågen fra Losna til Hundorp. Kulminasjonsverdier fra flommen i 1995 (rød linje) og med 2.3 m senkning av Losna (blå linje). Løsningsforslaget med 2.3 m senkning av Losna viser en senkning i størrelsesorden 1 m på strekningen Fåvang-Ringeby.

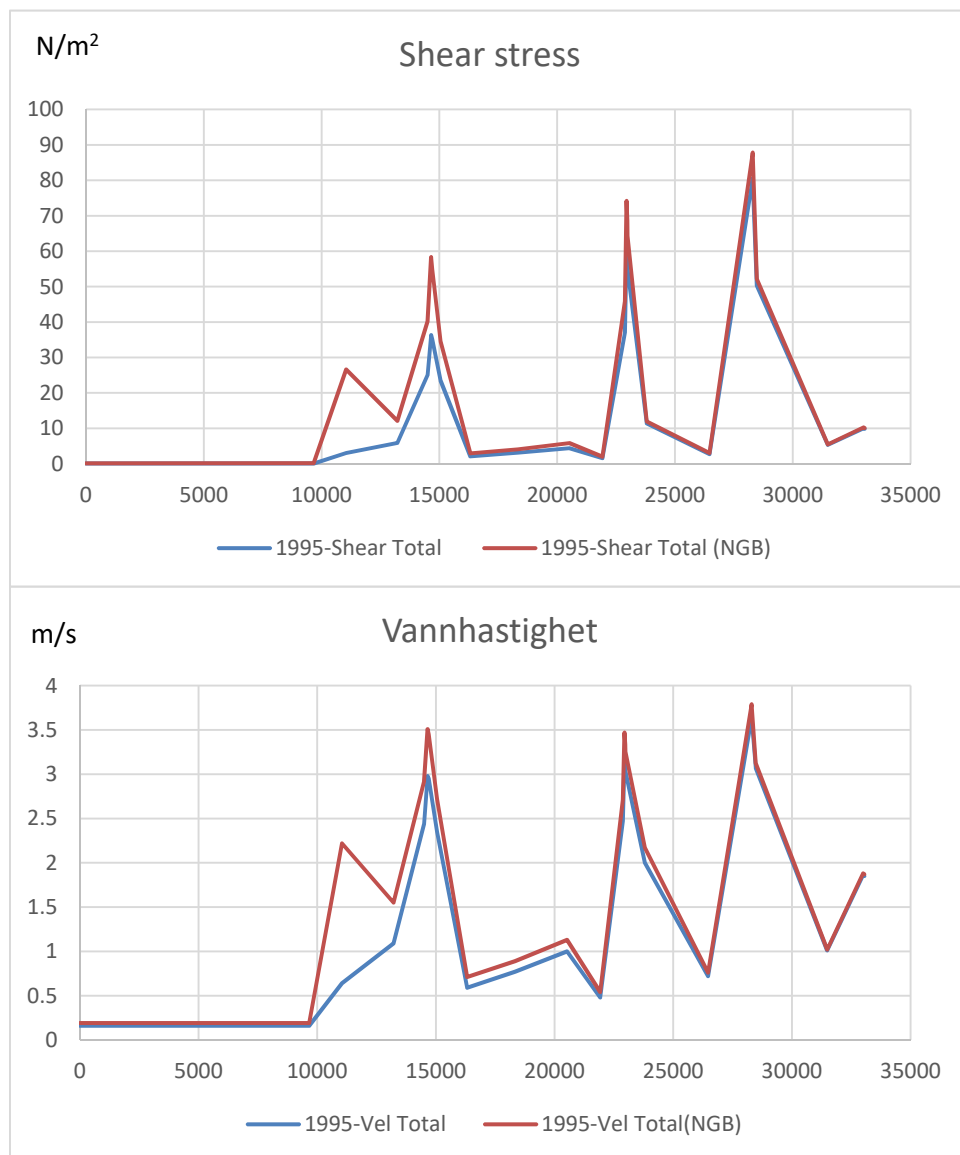


Fig. 2.2b. Simulert skjærspenninger og vannhastigheter med og uten senkning av Losna som vist i fig 2.2a.

2.2 Utdrag fra beregninger i Blasy og Øverland 2017

I forbindelse med for Regionalplan for Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag ble det simulert ulike tiltak for å se på effekten på vannstanden i Gudbrandsdalslågen (Blasy og Øverland 2017). Det ble utført simuleringer av 80 ulike tiltak langs og i vassdraget.

Resultater viser at tiltaket med best effekt med hensyn på å redusere vannstanden ved flom er en flomsenkning av Losna. Lignende tiltak er tidligere gjort i utløpet av Øyeren. En økt hydraulisk kapasitet i Lågen ved Fåvang ved å ta ut masser på en smal strekning vil også ha en viss effekt på vannstanden oppstrøms. En kombinasjon av disse tiltakene vil trolig være den mest effektive tilnærmingen for å senke vannstanden på strekningen oppstrøms i flomsituasjoner.

2.2.1 Beskrivelse av tiltak 15 og tiltak 17 i Blasy og Øverland

Tiltak 15, beskrivelse

I tiltak 15a og 15b gjøres det ulike modifiseringer av bunnprofilen mellom utløpstorskelen i Losna og Tretten bru.

Tiltak 15c undersøker virkningen av en flomtunnel. I modellen defineres det et tunnellinnløp ved profil 33,604 (se fig 2.3) og at vannføringen derved reduseres på dette stedet. Det defineres utløp til Lågen igjen i profilet ved profil 31,090 ved at vannføringen økes med samme verdi. Effekten analyseres for tre ulike vannmengder som avledes gjennom flomtunnel: 500, 1000 og 1500 m³/s.

Området ved Tretten omfatter søre enden av Losnavatnet som er et smalt område. Derfor vil tiltak i dette området kunne senke vannstanden i hele vannet og virkningen vil også kunne fortsette oppstrøms.

Tiltak 15, effekt

Inngrepene i tiltak 15a med senkning av terskelen gir en senkning av vannstanden i Losnavatnet med ca. 6 - 8 cm. Senkning og utvidelse av vassdraget i tiltak 15b vil medføre en senkning av vannstanden på 60 cm i versjon 00 og 80 cm i versjon 01.

Siden virkningen fortsetter oppstrøms, vil det ved Fåvang oppnås en senkning av vannstanden ved Q₂₀₀ på større enn 40 cm for versjon 00 og større enn 50 cm for versjon 01. En lignende virkning som tiltak 15b versjon 00 fås fra tiltak 15c som er flomtunnel og bortledning av 500 m³/s vann. Ved bortledningsmengder på 1000 m³/s og 1500 m³/s er det beregnet en senkning av Losnavatnet på henholdsvis 1,0 m og 1,5 m. Oppstrøms blir det ved Fåvang påvist en reduksjon av vannstanden på henholdsvis 60-70 cm og 70 – 90 cm, alt avhengig av gjentakintervall. Imidlertid er det tvilsomt om det er mulig å realisere en flomtunnel større enn 1000 m³/s.

Ved en eventuell iverksetting av dette tiltaket må det i tillegg til tunnelen også installeres en reguleringskonstruksjon som for eksempel en luke for å regulere effekten på flomavløpet.

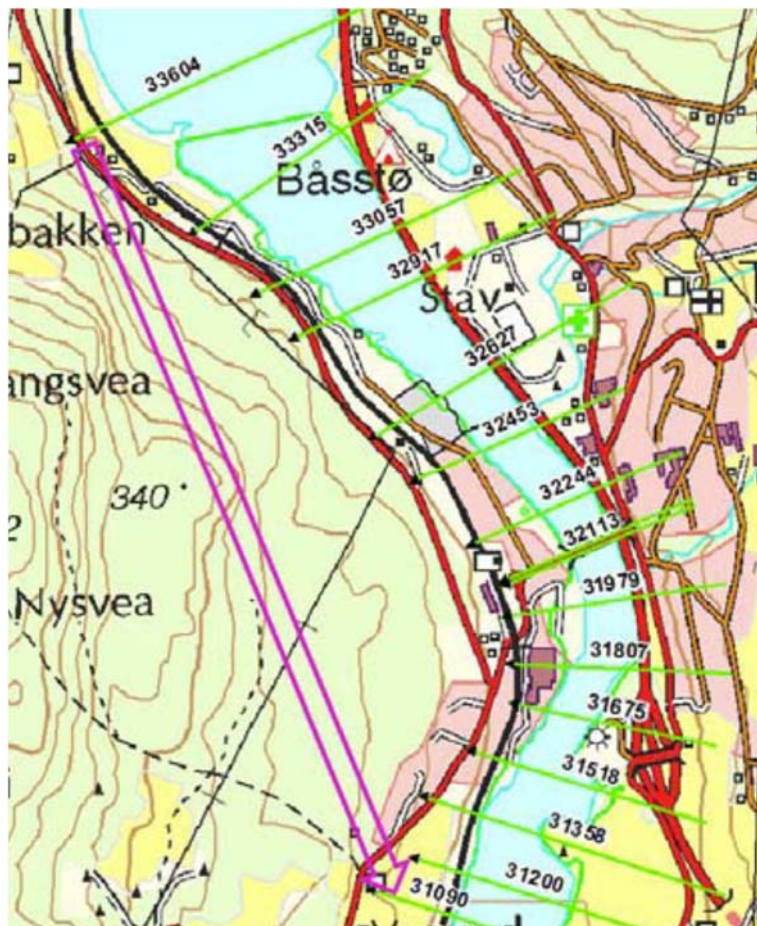


Fig 2.3 Oversikt over tiltak nr 15 c flomtunnel ved utløpet av Losna ved Tretten.

Tiltak 17, beskrivelse

Tiltak 17 undersøker virkningene av tre ulike masseuttak fra Fåvang og nedover. Ved hjelp av en digital høydemodell kartlegges grunne og oppørede områder i elveløpet. Deretter fjerner man masse til et bestemt nivå er nådd. De nye høydene legges inn i tverrprofilene til HEC-RAS. Uttaksstedene fremgår av fig 2.4. Utgravningsdybder og -arealer er sammen med tilhørende volum angitt i tabell 2.1. Til sammen gjennomføres det tre forskjellige kombinasjoner av masseuttak. Tiltak 17a begrenser seg til masseuttak på det smale stedet ved brua (I). Ved tiltak 17b graves det også ut på venstre bredd (I+II). Ved tiltak 17c kombineres alle uttaksområdene (I+II+II_1+III_2).

Tiltak 17, effekt

Masseuttaket ved Fåvang i tiltak 17 medfører en maksimal senkning av vannstanden på 17 cm for tiltak 17 a, 18 cm for tiltak 17 b og 21 cm for a og b tilsammen. Tiltak 17 a anses da som den mest effektive varianten. Sammenlignet med tiltak 17 b er det bare halvparten og med sammenlignet med 17 c bare en tidel med masse som må tas ut av vassdraget. Grunnen er at uttaksstedet befinner seg i det smale området, som får en effektiv utvidelse av løpet. Ved uttaksstedene nedstrøms er elva betydelig bredere, og dermed vil betydelig større uttaksmengder være nødvendig for å senke vannstanden.

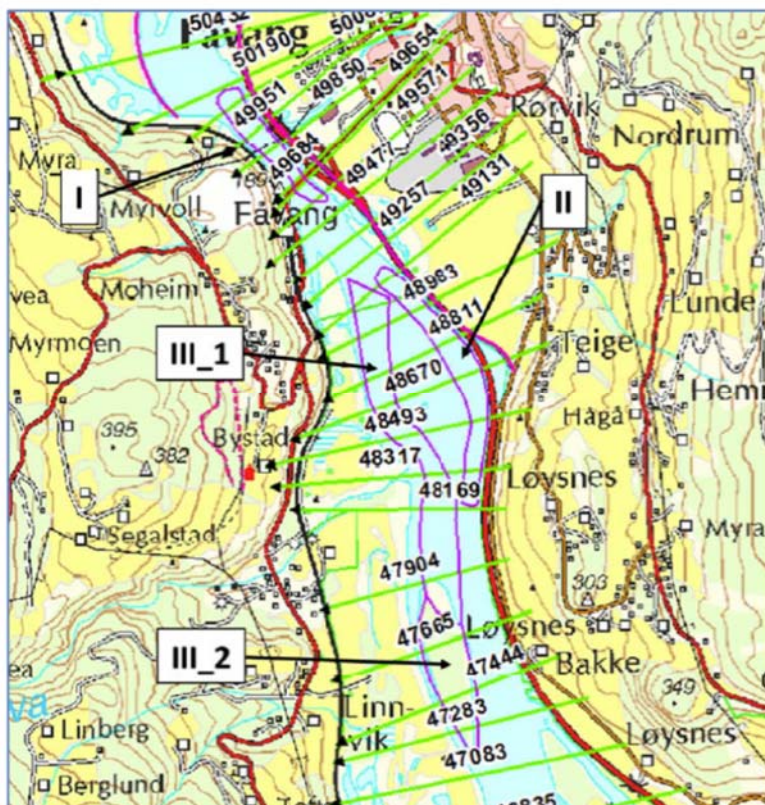


Fig 2.4 Oversikt over områder med masseuttak i Lågen, tiltak nr 17.

Tabell 2.1. Masseuttak, volum og areal ved tiltak 17.

	Høyde [moh.]	Areal [m ²]	Volum [m ³]	Profil [km]
I	176,0	48 000	84 000	
II	176,0	76 000	105 000	
III_1	178,0 - 177,0	155 000	335 000	
III_2	177,0	110 000	405 000	
17a (I)		48 000	84 000	50,087 – 49,571
17b (I+II)		124 000	189 000	50,087 – 48,316
17c (I+II+III_1+III_2)		389 000	929 000	50,087 – 47,282

3 Modellberegninger av sedimenttransport

Det er utført innledende tester med Hec-Ras for å undersøke virkningen på elveløpet mellom Losna og Harpefoss ved senkning av vannstanden i Losna i flomsituasjoner. Det er valgt å legge mest vekt på den nederste strekningen mellom Ringebu og Losna i disse testene. Tidligere beregninger viser at slike endringer i grensebetingelsene gir noe økt skjærspenning og vannhastighet på strekningen oppstrøms. Hypotesen er at dette vil føre til en økning i sedimenttransporten, redusere pålagringen og stedvis føre til senkning av elveløpet på strekningen oppstrøms.

Det hydrauliske modelleringsverktøyet HEC-RAS (versjon 5.0.5) er benyttet til beregningene. Modellen er utviklet av U.S.A.C.E og har en egen modul for sedimentanalyse som er benyttet i prosjektet. Til testene benyttes deler av det geometriske grunnlaget fra den 1-dimensjonal modellen utviklet for Regional plan for Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag (Blasy og Øverland). Den har langt flere tverrprofil og bedre oppløsning enn den opprinnelige modellen brukt i flomsnearbeidet i 2004 (Naserzadeh m.fl, 2004) Den aktuelle strekningen er fra Losna til Harpefoss (ca 31 km), se fig 3.1. Med sedimentmodulen aktivisert vil geometrien oppdateres for hvert tidskritt og kvantifiserer sedimentasjonen eller bunnsenkingen på strekningen.

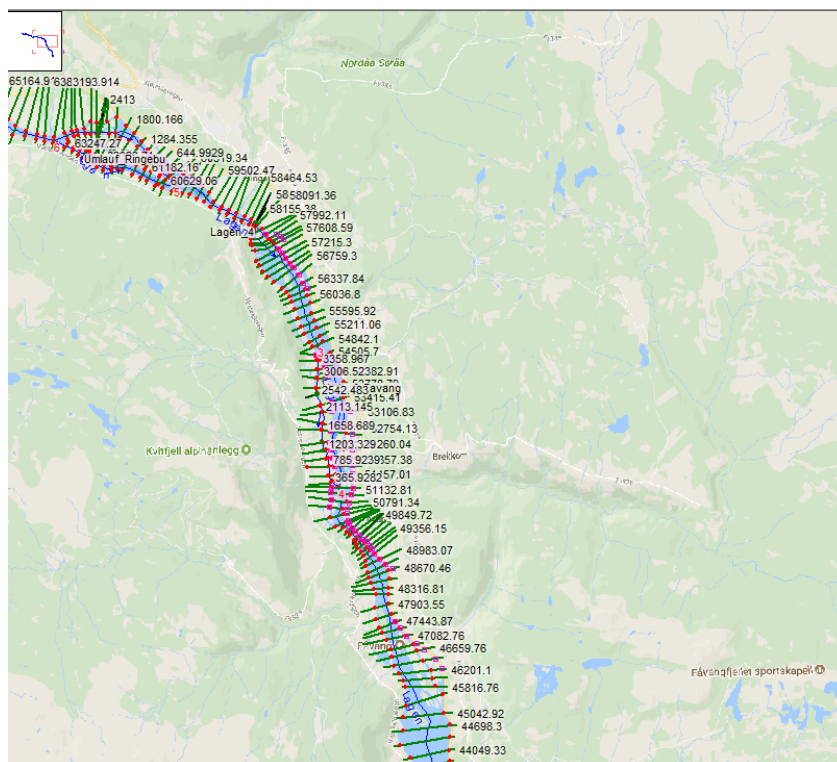


Fig 3.1 Analysestrekningen Losna – Harpefoss med plassering av tverrprofiler.

Det er så langt gjennomført innledende tester på korte tidsserier med flomvannføring og kombinert med høy og lav vannstand i Losna. Det er den observerte tilløpsvannføringen fra flomepisoden i juni 2011 som er benyttet i beregningene. Høy vannstand i Losna tilsvarer den observerte situasjonen i 2011 med kulminasjon på vannstand lik 184.3 moh. For scenariet med lav vannstand i Losna er det konstruert en tidsserie der vannstanden ikke overstiger 182 m, se fig 3.2. Vannføring og total last (sedimentmengde) inn i modellen er brukt som øvre grensebetingelse og nedre grensebetingelse defineres av vannstand i Losna. I begge situasjonene er det kjørt med kombinasjoner av henholdsvis høy og lav sedimenttilførsel inn på elvestrekningen. Sedimenttransport modulen bruker delvis ikke-stasjonære strømningsdata. Den har vannføringsserie som oppstrøms grensebetingelse og vannstand som nedstrøms grensebetingelse. Nedstrøms grensebetingelse kan også defineres som en relasjon mellom vannføring og vannstand.

Verdien av sedimentmengder som er benyttet i modellen er basert på målinger av sedimenttransport ved Harpefoss i perioden 1996-2016 og tilførsel til Harpefoss magasinet i perioden 1964 til 2016.

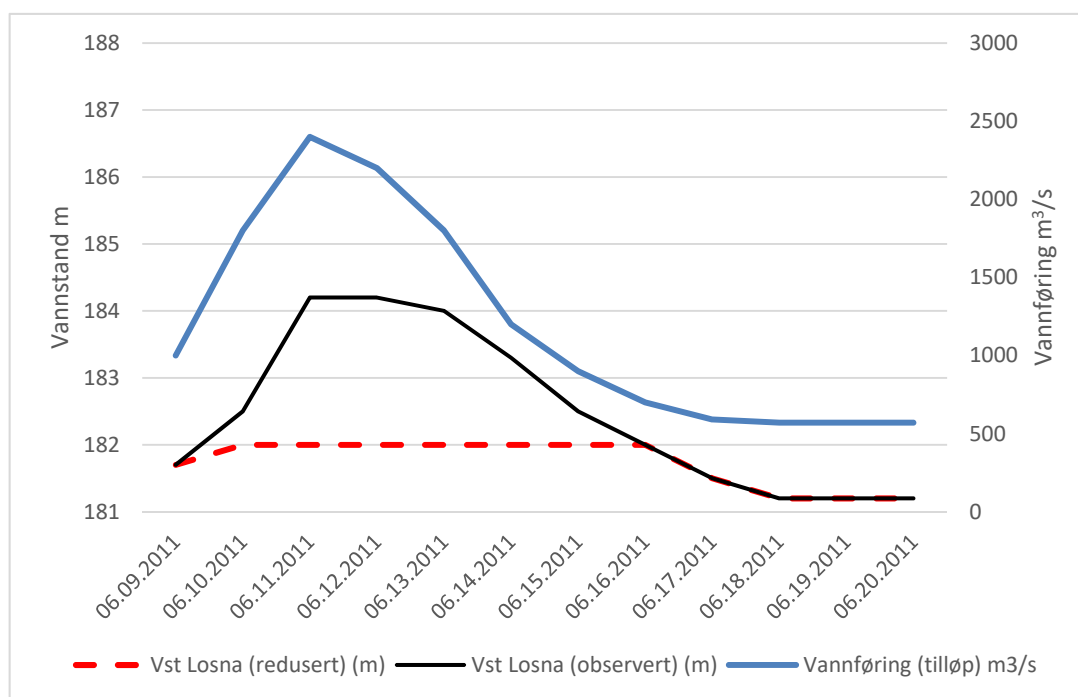


Fig 3.2 Grensebetingelser øvre: Observert tilløpsvannføring GDL juni 2011

Grensebetingelser nedre: (1) Observert vannstandsforløp Losna juni 2011 (maks 184,3 m)

Grensebetingelser nedre: (2) Redusert vannstandsforløp Losna (senket vst til 182 m).

3.1 Datagrunnlag

I tillegg til de vanlige input data til Hec-Ras krever bruken av sedimentmodulen også at det legges inn kornfordelingskurve for elvebunnen ved hvert profil og dybde for maksimal erosjon (bunnsenking). Dette kreves for alle tverrprofil. I de profil hvor dette ikke finnes vil modellen interpolere fra de nærmeste profil som har data, se fig 3.3.

For å simulere bevegelsen av massene er det åtte tilgjengelige transportfunksjoner i modellen. Modellen har Ackers and White metode som standard default-funksjon og er benyttet i denne beregningen. Sedimenttransportdata kan legges inn som tidsserie eller som relasjon mellom vannføring og sedimenttransport (rating curve).

Data om kornfordeling er hentet fra bunnprøvetaking i Gudbrandsdalslågen ved 30 lokaliteter mellom Losna og Vinstra i 2016, se fig 3.4.

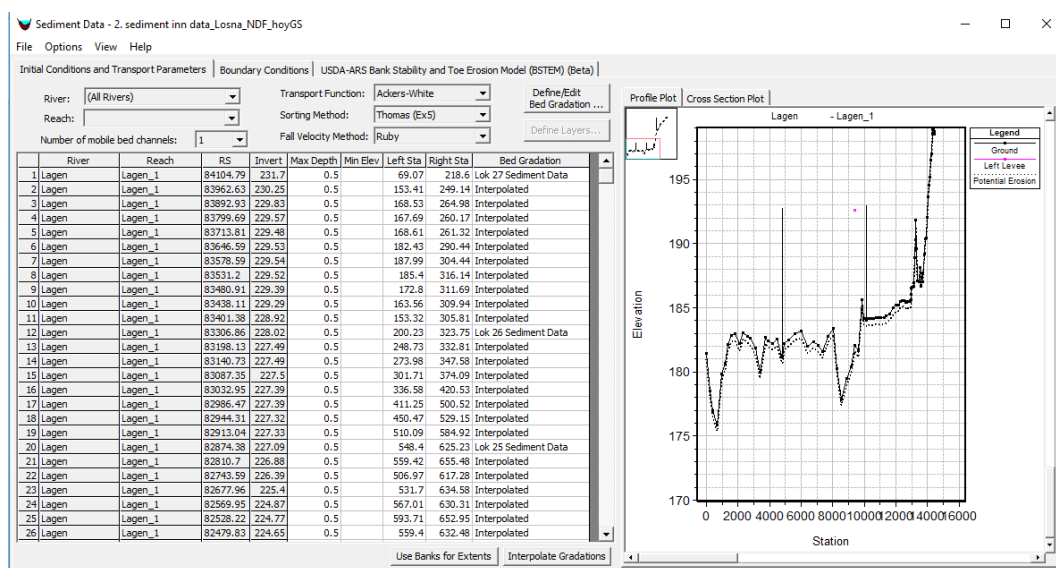


Fig 3.3 Sediment data editor.

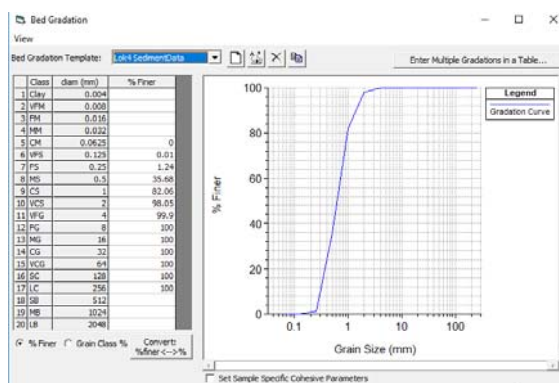


Fig 3.4 Editor for innlesning av kornfordelingsverdier. Kornfordeling bunnssedimenter ved Fåvang ved profil 49257.

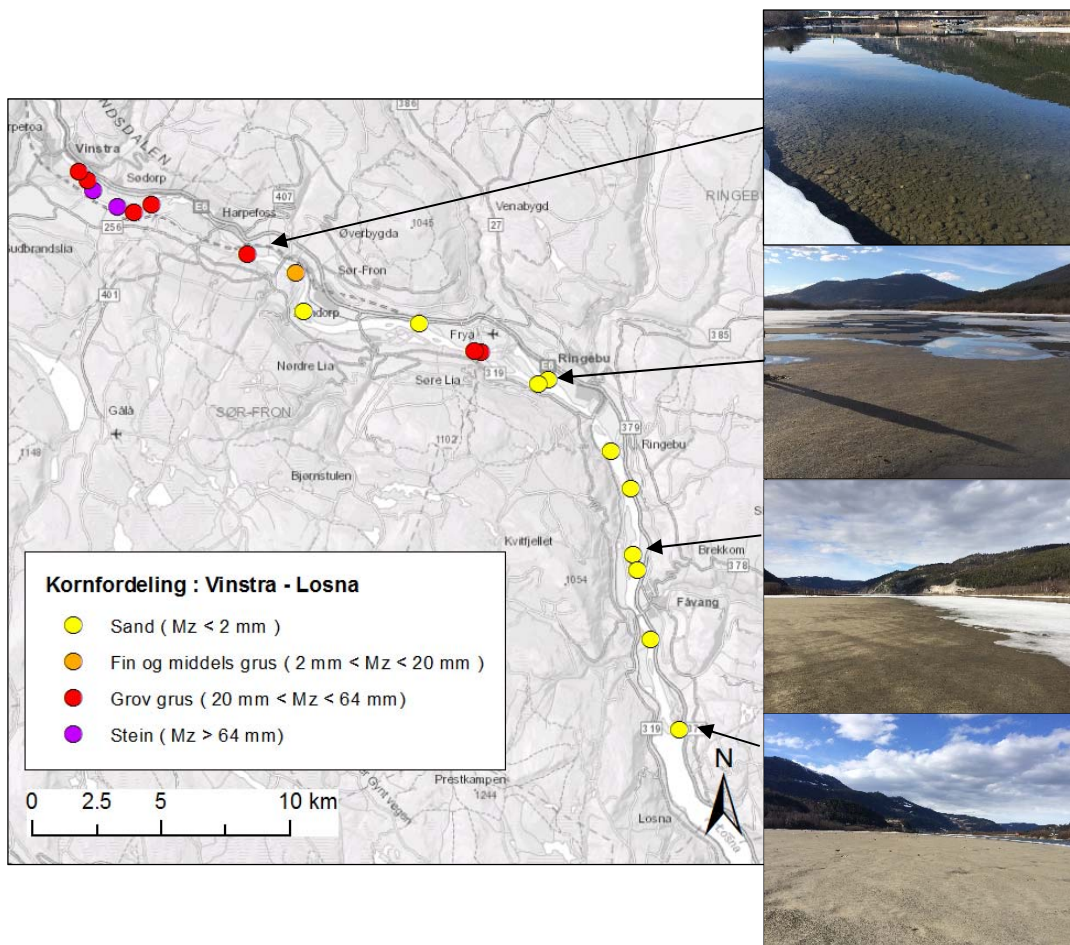


Fig. 3.5. Bunnmateriale, prøvelokaliteter på strekningen Vinstra til innløpet i Losna. Analyseresultater fra lokaliteter som er benyttet i modellen.

3.3 Hec-Ras

Hec-Ras er et dataprogram som er utviklet av U.S. Army Corps of Engineering og simulerer både 1-dimensjonal og 2-dimensjonal elvestrømming. Løsningen finnes gjennom en iterasjon av kontinuitet- og bevegelsesligningene. Energitalpet beregnes ved hjelp av friksjons- og kontraksjons/ekspansjons koeffisienter multiplisert med hastighetshøyden. Ved raske endringer i vannstanden anvendes bevegelsesligningen.

Input til modellen er tverrprofil som beskriver geometrien, vannføring øverst i elva og verdier for friksjonstapet langs elva (ruheten) i form av Mannings n . I tillegg kreves grenseverdier i form av vannstand eller helning av elva i nederste profil. For spesielt bratte elver med overkritisk hastighet kreves også en grensebetingelse i øverste profil. Flomhendelser medfører kontinuerlig sedimentering og endring av tverrprofilene.

I forbindelse med prosjektet er det utført oppmåling av terreng og elvebunn. Dette for å ha grunnlag for å tilpasse modellen til de estimerte vannføringer.

Modelloppsett

Hec-Ras har mange muligheter for å simulere en vannstrømning. I denne simuleringen er det simulert med 1-D modellen og algoritmen for sedimenttransport.

Dr. Blasy og Dr. Overland satte opp modellen for hele strekningen fra Mjøsa til Lesja. Modellen ble endret for å fokusere på strekningen Harpefoss til Losna. De øvrige strekningene oppstrøms og nedstrøms og sideelvene ble slettet.

Elverouting

Simulering av strømmingen ut av et magasin og/eller nedover et vassdrag kalles routing. Det er to hovedmetoder for routing: Hydraulisk og hydrologisk routing. Hydrologisk routing kan beskrives som å ta bort en vegg i et badekar slik at vannet bare velter ut, mens hydraulisk routing tar hensyn til forholdene i magasinet som ruhet og som derfor krever profil for å beskrive forholdene.

Grensebetingelser.

I modellen må det være grensebetingelser som definerer de øvre og nedre startverdier for modellen. Som øvre grensebetingelse settes vannføringen og som nedre grensebetingelse settes vannstanden i Losna.

Sedimentavsetning i elva

Elva vil ved flom erodere og transportere sand og grus. Hvor det vil eroderes og hvor det vil avsettes masser er avhengig av vannhastighet, helning av elva, massestørrelse og hvordan elva svinger. Der elva flater ut vil vannhastigheten avta betydelig og selv de minste partiklene vil falle mot bunnen. Dette vil medføre at store mengder avsettes på de flate partier for eksempel ofte ved munningen av elva og bygge på det allerede eksisterende deltaet.

Bruer

Til modellering av bruene brukes byggetegninger. Ved implementeringen av bruene i modellen er det tatt hensyn til de ulike referansenivåene i de forskjellige datakildene. Brutegningene har som regel referanse NN1954 og blir overført til NN2000 for bruk i modellen. Oppmålingsdataene for bruene i NN2000-format overføres direkte til modellen.

4 Resultater

Foreløpige tester viser at i flomsituasjoner vil elveløpet oppstrøms Losna stedvis senkes på grunn av økende erosjon når vannstanden i Losna senkes.

Testene er foretatt med data fra flomepisoden i Gudbrandsdalslågen i juni 2011. Det er gitt inn vannføring som øvre grensebetingelse og høy og lav vannstand i Losna som nedre grensebetingelse, se figur 3.2. De beregnede vannlinjene (maksverdier) fra disse simuleringene er vist i figur 4.1. Modellen har en bedre oppløsning av geometrien enn modellen som ble benyttet i tidligere tilsvarende tester (se figur 2.2a). Beregningene viser at en flomsenkning av Losna gir en vannstandssenkning på strekningen Fåvang-Ringebu i størrelsesorden -1 m. Endring av skjærspenning og vannhastighet for dette senkningsalternativet er vist i figur 4.2. Resultatene samsvarer med tidligere tilsvarende tester (figur 2.2a). Beregningene viser at det er det smale området ved Fåvang bru som har den laveste kapasiteten på strekningen. Det er også på denne strekningen og i området litt lenger ned at skjærspenning og vannhastighet øker mest ved senkning av vannstanden i Losna.

Det har i prosjektet ikke vært tid til å foreta tester der tiltak 17 med uttak av sedimenter på den smale strekningen ved Fåvang bru er inkludert i de geometriske forutsetningene.

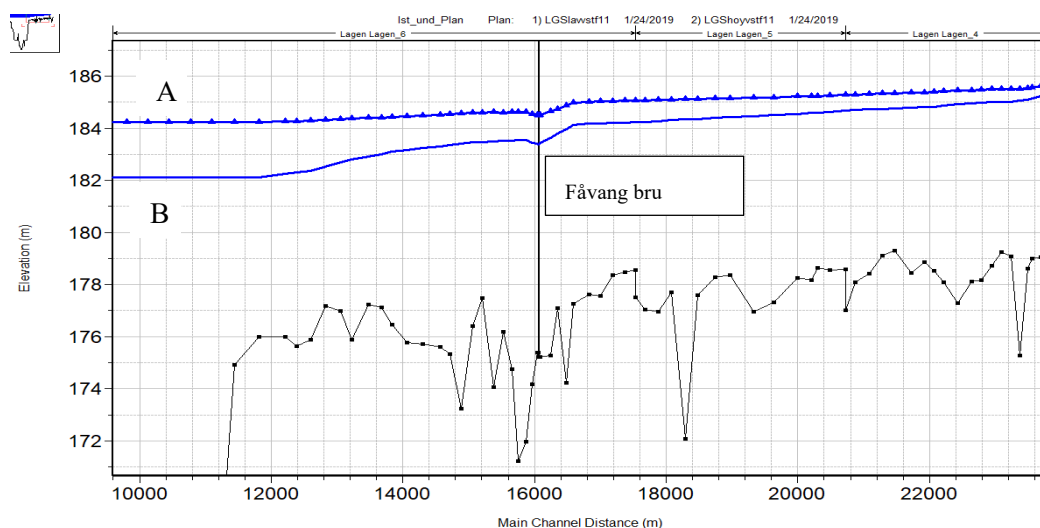


Fig 4.1 Vannlinjer i Lågen mellom Losna og Ringebu ved forskjellig vannstander i Losna. I A er nedre grensebetingelse observerte vannstander i Losna for juni 2011 der maksimum vannstand er 184,3m. I B vises vannlinjen og der vannstanden i Losna som er den nedre grensebetingelsen senket til 182 m.

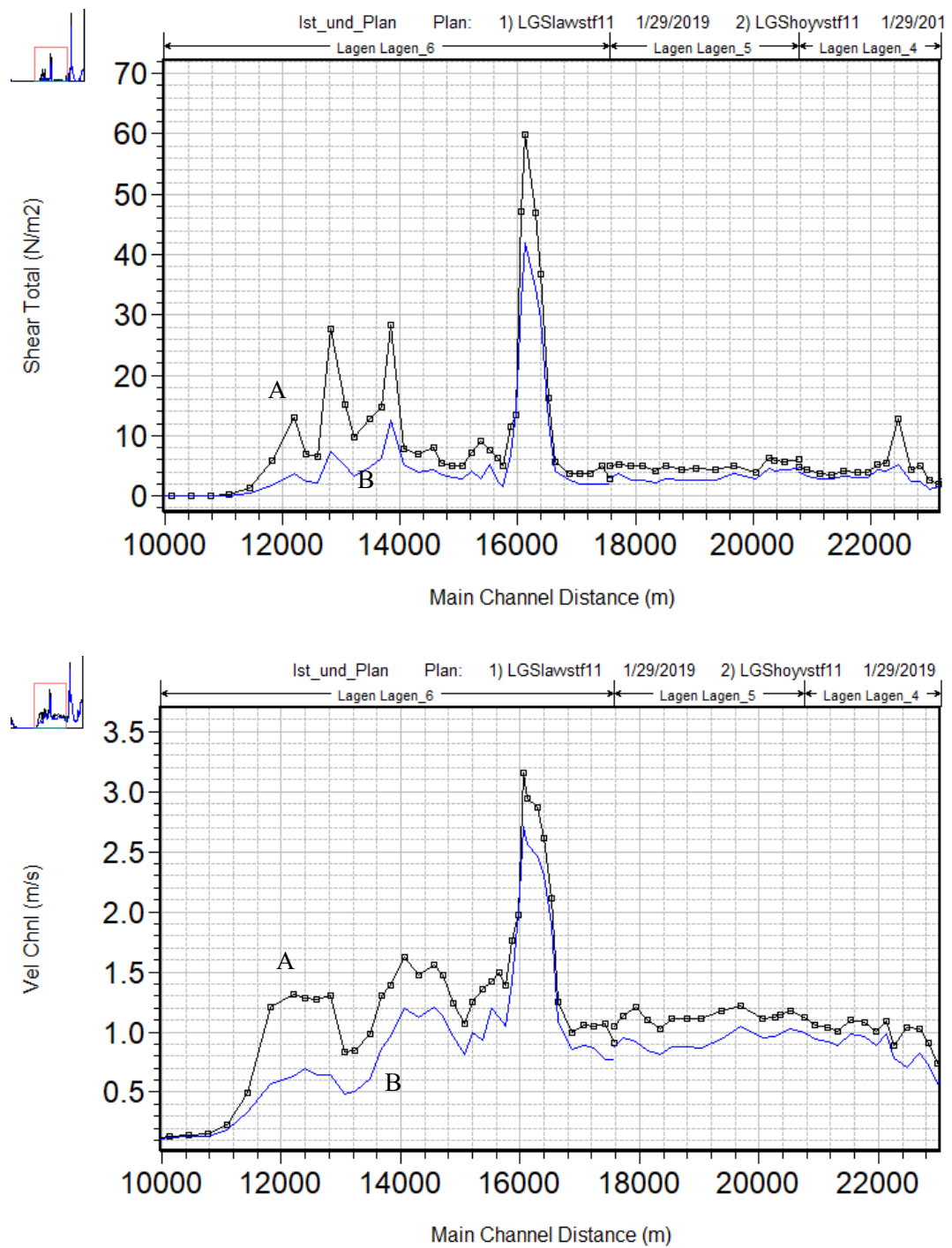


Fig. 4.2

Simulerte skjærspenninger og vannhastigheter for alternativene A uten senkning og B med senkning av vannstanden i Losna. Både vannhastigheter og skjærspenninger øker på strekningen oppstrøms ved å senke vannstanden i Losna.

Senket vannstand i Losna gir økte vannhastigheter og skjærspenninger i den nedre delen av strekningen mellom Ringebru og Fåvang/Losna, se figur 4.2.

Simuleringer viser en viss senkning av elveløpet på denne strekningen, særlig ved redusert vannstand i Losna, men også med normalt vannstand i Losna, se figur 4.3, 4.4 og figur 4.5. Stedvis vil det også være en viss pålagring, men det er et større volum som eroderes fra elvebunnen enn det som pålagres. Sammenlignet med normalsituasjonen uten senkning av vannstanden i Losna, vil bunnsedimentene i større grad settes i bevegelse ved høyere strømhastighet og lav vannstand.

Beregningene viser at en lavere vannstand i Losna under flom gir en økt sedimenttransport med stedvis mer graving i elveløpet sammenlignet med normalt vannstandsforløp i Losna. Dette gir et noe lavere nivå av elveløpet på den nederste strekningen mot innløpet til Losna enn det vil være i en normalsituasjon.

Det blir en større pålagring på deltakanten ved lav vannstand sammenlignet med en normalsituasjon uten senkning av vannstanden, se figur 4.4 b og figur 4.5 b Dette kan tolkes som at bunntransporten føres lenger ut i bassenget ved høyere strømhastighet og som derved gir mindre oppstuvning.

Disse beregningene er foretatt på en relativt kort tidsserie på 11 døgn. Det bør inkluderes lengre tidsserier for å sjekke om effekten også vil være tilstede da.

Det bør gjøres videre beregninger med forskjellige mengder av sediment som øvre grensebetingelse på strekningen. Tilløpselver på strekningen bør også inkluderes i beregningene.

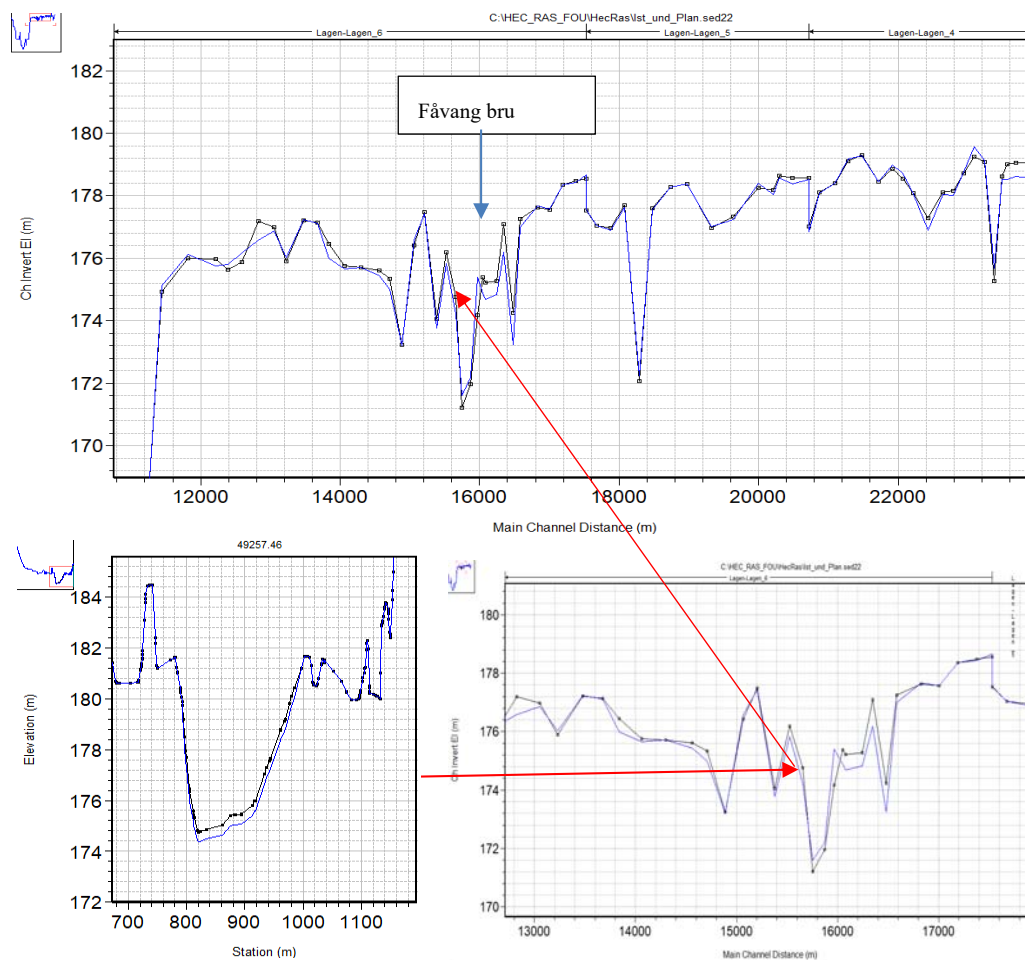


Fig 4.3 Endring av tverrprofil (40257) i løpet analyseperioden 9-20 juni. Nedre grensebetingelse (2) er senket vannstand i Losna. Strekningen er fra Ringebru til innløp Losna.



Fig 4.4a Bunnendring i m for strekningen Ringebru til innløp Losna. Øvre grensebetingelsen er tilløpsflom juni 2011. Nedre grensebetingelse er senket vannstand til 182 m i Losna.

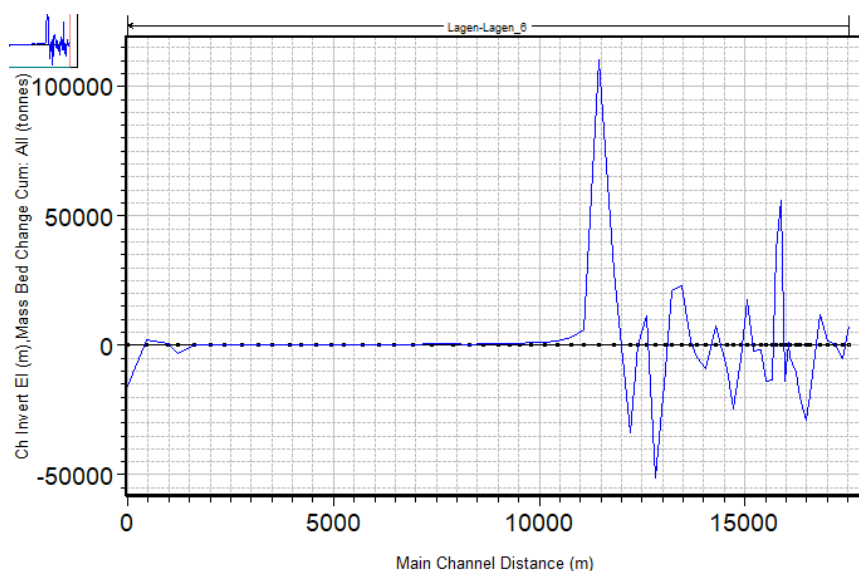


Fig 4.4b Bunnendring målt i volum for strekningen Ringebru til innløp Losna. Øvre grensebetingelse er tilløpsflom juni 2011. Nedre grensebetingelse er redusert vannstand i Losna. Den er senket til 182 m.

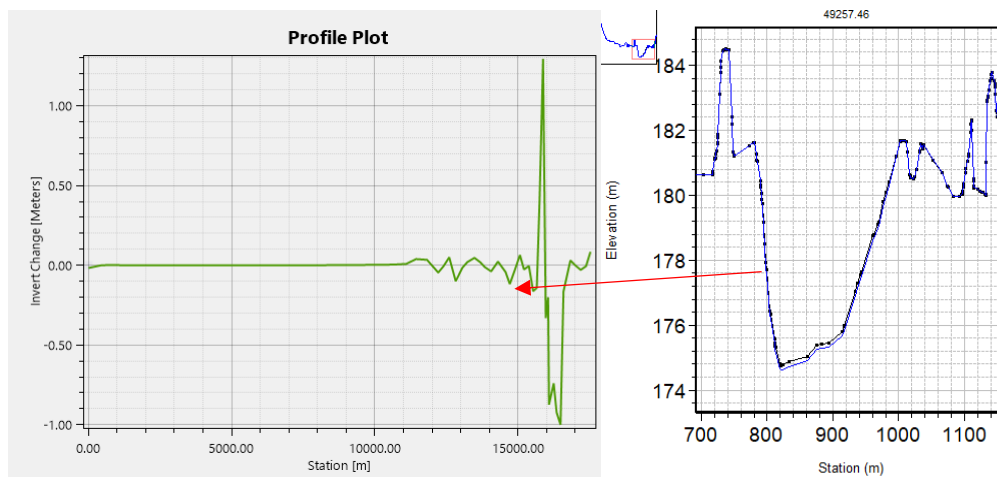


Fig 4.5a Bunnendring av strekningen fra Ringebu til innløp Losna. Øvre grensebetingelse er flom juni 2011. Nedre grensebetingelse er observert vannstand i Losna juni 2011 der maksimum var 184,3 moh.

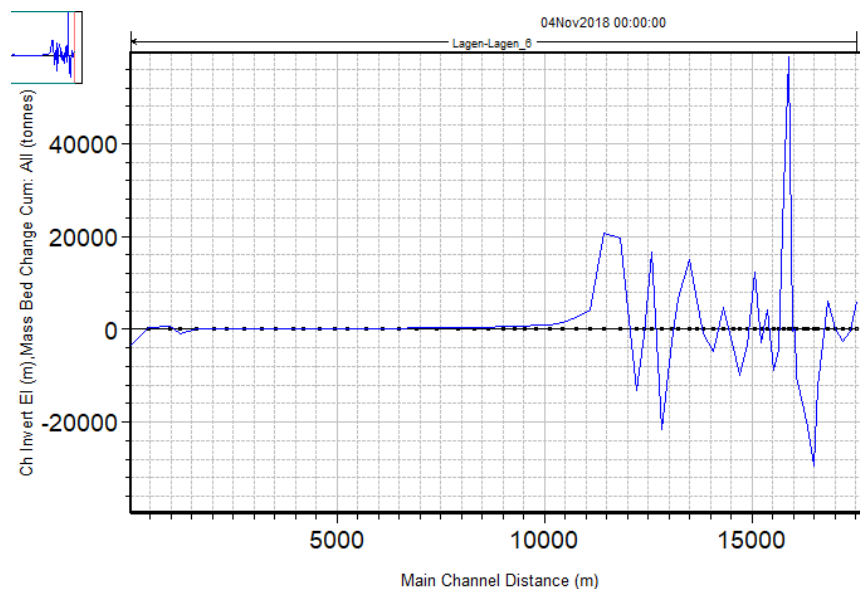


Fig 4.5b Bunnendring i volum for strekningen Ringebu til innløp Losna. Øvre grensebetingelse er tilløpsflom juni 2011 og nedre grensebetingelse er senket vannstand i Losna der maks er 184,3.

5 Forslag til videre arbeid

For å få et bedre og tryggere grunnlag for å spesifisere flomdempende tiltak er det ønskelig å arbeide videre med å utvikle oppsettet og modellen for Lågen. En utvidelse er å koble inn sideelver som Frya og Tromsa og ta hensyn til massetilførselen fra disse. Det er også ønskelig å se nærmere på flere av tiltakene som er foreslått av Øverland i Regionplan for Lågen, blant annet økt kapasitet på strekningen ved Fåvang (ref kap 3.1). Det bør også simuleres med flere ulike vannstandsforløp i Losna for å se på effekten på vannstand og hastighet oppstrøms. På grunn av lang beregningstid i modellen har det vært begrenset hvor mange scenarier vi har kunnet kjøre i dette prosjektet. En mer detaljert kartlegging av elveløpsgeometrien i framtiden åpner også for utvidet bruk av 2 og kanskje 3-dimensjonale modellverktøy i slike undersøkelser.

6 Konklusjon

Det er utført en numerisk simulering av erosjon og pålagring av masse i deler av Gudbrandsdalslågen. Dette er utført med hydrauliske modellen Hec-Ras og bygger delvis på simuleringer utført i prosjektet Regionplan Lågen. Prosjektet er en pilotstudie for å teste ut funksjoner ved Hec-Ras som tar hensyn til erosjon og pålagring av sedimenter. Den utprøvde strekningen er fra Harpefoss til Losna, med spesielt fokus på den nederste strekningen mellom Ringeby og Losna.

Resultatene viser som forventet at det er i trange parti med størst hastighet det er mest effektivt å sette inn tiltak. De viser også at vannstanden i Losna har stor betydning for vannstand og potensiale for erosjon oppstrøms vatnet.

Som en del av informasjonen modellen bruker i simuleringen er informasjon om massene. Det er derfor nødvendig med feltarbeid på forhånd. Dette øker arbeidsmengden og tidsforbruket for prosjekt der modellen ønskes brukt.

Disse beregningene er foretatt på en relativt kort tidsserie på 11 døgn, men bør også inkludere lengere tidsserier.

Det bør gjøres videre beregninger med forskjellige mengder av sediment som øvre grensebetingelse på strekningen. Tilløpselver på strekningen bør også inkluderes i beregningene.

Referanser

Bogen m.fl, 2016. Gudbrandsdalslågen Sedimentkilder og sedimenttransport. Som bakgrunn for tiltak i forvaltningsplanen. NVE rapp 89 rev 2016.

Dr Blasy – Dr Øverland, 2017. Hydrauliske beregninger Gudbrandsdalslågen. Rapport 18.05.2017 ea-NVE-010.01/he.

HEC-USACE, 2002. HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, U.S. Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC), Davis, CA, USA.

Naserzadeh A. R. og Larsen C. K., 2004. Flomsonekart, Delprosjekt Ringeby/Fåvang. NVE flomsonekartserie nr 15 2004. 42s

NVE (2010): Vassdragshåndboka.



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

.....

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no