Nedre Otta kraftverk

- Konsekvenser av utbyggingsplanene
- erosjon og sedimenttransport

Margrethe Cecilie Elster

Patricia Dawn Kennie

1
2010

OPPDRAGSRAPPORT A

Nedre Otta kraftverk

Konsekvenser av utbyggingsplanene - erosjon og sedimenttransport

Norges vassdrags- og energidirektorat
2010

Oppdragsrapport serie A nr 1 2010

Nedre Otta kraftverk - Konsekvenser av utbyggingsplanene - erosjon og sedimenttransport

Oppdragsgiver: Opplandskraft DA, AS Eidefoss, Glommens og Laagens Brukseierforening

Redaktør:

Forfatter: Margrethe Cecilie Elster, Patricia Dawn Kennie

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 10
Forsidefoto: Patricia Dawn Kennie

Sammendrag: To alternative utbyggingsalternativer i nedre Otta er vurdert, Åsåren og Pillarguri. Begge alternativene vil innebære sterkt redusert vannføring, erosjon og sedimenttransport på elvestrekningen hvor vann fraføres. Dette kan medføre akkumulering av sedimenter og gjengroing på elvebanker, grunne områder og på slake deler av elvestrekningen. Virkningen av de to alternativene blir relativt like, men ved Pillarguri-alternativet påvirkes en lengre elvestrekning.

Emneord: kraftutbygging, erosjon, sedimenttransport

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

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mars 2010

Innhold

Forord **4**

Sammendrag **5**

1 Innledning **6**

1.1 Beskrivelse av prosjektalternativene 6
1.1.1 0-alternativet 6
1.1.2 Alternativ Åsåren 7
1.1.3 Alternativ Pillarguri 7

2 Metode og datagrunnlag **8**

2.1 Løsmasser/sedimentkilder 8
2.1.1 Løsmasseskred 10
2.1.2 Erosjon ved overflateavrenning 12
2.1.3 Løpserosjon 12
2.1.4 Jordartstypers betydning for materialtilførselen 12
2.1.5 Menneskelig påvirkning 13
2.2 Vannføring 15
2.3 Feltobservasjoner 17
2.3.1 Strekning I: Eidefoss kraftverk – Slettmo 17
2.3.2 Strekning II: Veggemområdet 19
2.3.2.1 Beskrivelse av lokaliteter 21
2.3.3 Strekning III: Veggem – Dale 25
2.3.4 Strekning IV: Otta sentrum – Einangen 25

3 Konsekvensvurdering **27**

3.1 Hydrologiske endringer 27
3.1.1 0-alternativet 27
3.1.2 Alternativ Åsåren 27
3.1.3 Alternativ Pillarguri 27
3.2 Sedimenttransport og erosjon 28
3.2.1 0-alternativet 29
3.2.2 Alternativ Åsåren 29
3.2.3 Alternativ Pillarguri 31

4 Konklusjon **32**

5 Referanser **33**

Forord

Tiltakshaver som er Opplandskraft DA og AS Eidefoss planlegger utbygging av nytt vannkraftverk i Ottavassdraget i Sel kommune i Oppland. I den forbindelse har Glommens og Laagens Brukseierforening fått i oppdrag å utføre konsekvensutredninger for alternative utbyggingsløsninger. Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Glommens og Laagens Brukseierforening og skal belyse mulige konsekvenser for erosjon og sedimenttransport ved de foreslåtte utbyggingsløsningene.

NVE, Hydrologisk avdeling har utført hydrologiske undersøkelser i Ottavassdraget i Sel kommune fra Eidefoss kraftverk til Otta sentrum. Undersøkelsene har omfattet erosjon og sedimenttransport i det berørte området.

Arbeidet er blitt utført i perioden 1.september – 15.desember 2009.

Margrethe Elster har vært ansvarlig for oppdraget fra NVEs side, i tillegg har Patricia Dawn Kennie arbeidet på prosjektet.

Oslo, mars 2010

Jim Bogen
seksjonsleder

Margrethe C. Elster
prosjektleder

Sammendrag

Det er i forbindelse med planlagt utbygging av vannkraftverk i nedre del av Ottavassdraget i Sel kommune foretatt en undersøkelse av løsmasser, erosjon og sedimenttransport i de aktuelle nedbørfeltene som inngår i planene. Formålet med undersøkelsen er å vurdere muligheter for erosjon og sedimenttransport som konsekvenser tiltakshavers utbyggingsplaner. Det er gjort en vurdering av de ulike prosjektalternativene Åsåren og Pillarguri samt et 0-alternativ som innebærer ingen ny utbygging.

Området er undersøkt ved en befaring hvor erosjonsforholdene og eventuelle endringer i elveløpene er vurdert i tilknytning til hvert enkelt alternativ. Det er lagt vekt på å beskrive løsmasser i tilknytning til elveløpene og sedimentkilder av alle typer som bringer materiale inn i elveløpene. Det er foretatt en vurdering av sedimenttilførselen fra sidebekkene og endringer i erosjonsforholdene som følge av de forskjellige alternativene. Det er også gjort en vurdering av konsekvensene av en redusert sedimenttransport som følge av redusert vannføring på de berørte strekningene og hvordan de to utbyggingsalternativene vil påvirke forholdene på elvestrekningene.

0-alternativet innebærer ingen ny utbygging, men vassdraget er allerede påvirket av tidligere utbygginger høyere oppe i nedbørfeltet. Magasinering av vann har ført til et endret avrenningsmønster nedstrøms magasinene. Vann blir holdt tilbake slik at flommer blir dempet, mens det i perioder med lavt tilsig blir sluppet mer vann enn tidligere. Det er derfor blitt færre store flommer og lavvannsføringen om vinteren har økt.

Reduksjon i flomvannføringene og kortere varighet av de høye vannføringene har trolig ført til at bankene på nedstrøms i vassdraget har blitt mer stabile. Under dagens forhold er flere av bankene til dels dekket med trær og høy vegetasjon. Forbygninger av elvekantene har også stabilisert sedimentkilder langs elveløpet. Dette har bidratt til en redusert sedimenttransport i nedre Otta.

Virkningen av de to alternativene blir relativt like, men ved Pillarguri-alternativet påvirkes en lengre elvestrekning.

Alternativ Åsåren innebærer redusert vannføring på strekningen Eidsfossen til Åsåren i Ottaelva. Alternativ Pillarguri innebærer at elvestrekningen mellom Eidsfossen i Ottaelva og Einangen i Lågen vil få redusert vannføring.

På strekningen med redusert vannføring vil det bli redusert mobilitet av sedimentpartikler som medfører redusert sedimenttransport.

Lavere vannføring medfører at finere partikler enn tidligere sedimenterer (silt, finsand). Det vil kunne medføre bli endring av bunnsubstratet på enkelte strekninger og begroing både langs elveløp, på banker og på grunne områder i selve elveløpet, fortrinnsvis der det er rolige strømningsforhold.

Ved Veggem vil flomløp trolig gro igjen og de delene av elvebankene som i dag oversvømmes relativt hyppig, vil sjelden bli satt under vann.

Kanterosjon/skråningserosjon langs elveløpet vil trolig reduseres når vannføringen reduseres, slik at elva vil få mindre tilførsel av sedimenter. Sidebekkene er overveiende

små og vil bare bidra med sedimenttilførsel av betydning undre flommer. Ved svært mye nedbør eller snøsmelting kan sedimenter tilføres til elva ved overflateavrenning og kanterosjon.

Alternativ Pillarguri vil kunne redusere faren for oversvømmelse ved flom og erosjon/sedimentasjon i forbindelse med dette, i nedre del av Otta og ved samløpet med Lågen.

Bankene nedstrøms Otta sentrum vil bli mer stabile. Flomløpene på denne siden vil trolig delvis gro igjen pga lavere vannføringer og særlig lavere flomvannføringer. Bankene er dannet under en periode med langt høyere erosjonsintensitet. Det var mer aktive sedimentkilder før vassdraget ble påvirket av menneskelig aktivitet.

1 Innledning

Denne rapporten er utarbeidet etter oppdrag fra GLB i forbindelse med Eidefoss AS og Opplandskrafts utbyggingsplaner om et nytt Nedre Otta kraftverk. Rapporten omfatter en konsekvensvurdering av virkninger på erosjon og sedimenttransport i det berørte området. Konsekvensene vurderes for prosjektets to alternativer, Åsåren og Pillarguri (fig. 1.1). Vurderingene er basert på befaring av området som vil bli berørt av prosjektet og mottatt tilleggsinformasjon. Prosjektet omfatter ingen reguleringer.

1.1 Beskrivelse av prosjektalternativene

Det er skissert to utbyggingsalternativer kalt Åsåren og Pillarguri. Eksisterende inntaksdam ved Eidefossen benyttes ved begge alternativene. Også 0-alternativ blir vurdert, dvs utviklingen i området uten gjennomføring av tiltakene.

1.1.1 0-alternativet

Dette innebærer ingen ny utbygging i området. 0-alternativet representerer imidlertid ikke naturtilstand for vassdraget. Hydrologien i vassdraget er påvirket av de utbyggingene som allerede er foretatt høyere oppe i vassdraget. Reguleringen av Tesse og reguleringen av Breidalsvatn og Raudalsvatn ble startet opp på 1940-tallet. Skjåk I kom i 1965 og de seneste årene har det kommet ytterligere utbygginger i nedbørfeltet. Magasinering av vann medfører et endret avrenningsmønster nedstrøms magasinet. Vann blir holdt tilbake slik at flommer blir dempet, mens det i perioder med lavt tilsig blir sluppet mer vann enn tidligere. Dette har medført at det har blitt færre store flommer og at lavvannsføringen om vinteren har økt.

Reduksjon i flomvannføringene og kortere varighet av de høye vannføringene har trolig ført til at bankene på strekningen har blitt mer stabile. Under dagens forhold er flere av bankene til dels dekket med trær og høy vegetasjon. Forbygninger av elvekantene har også stabilisert sedimentkilder langs elveløpet. Dette er faktorer som har bidratt til en redusert sedimenttransport på strekningen slik situasjonen er i dag.

1.1.2 Alternativ Åsåren

Alternativet er planlagt på nordsiden av Ottaelva. Inntaket til tilløpstunnelen plasseres ved Eidefossen, mellom riksvei 15 og en nedlagt tappetunnel. Derfra er det planlagt en 4,2 km tilløpstunnel til kraftverket. Kraftverket skal bygges i fjell. Det vil bli en 5,1 km lang utløpstunnel med utslag under vann og utløp i Otta ved Brue (fig. 1.1). Fallhøyden er målt til 55,5 m. Største slukeevne er 200 m^3/s og minste slukeevne er 18,9 m^3/s.

Planlagt minstevannføring i perioden oktober – april er 5 m^3/s og i mai – september, 20 m^3/s. Dette gjelder for begge utbyggingsalternativene.

Kraftverket skal etter planene ha årlig en gjennomsnittlig kraftproduksjon på 316 GWh

1.1.3 Alternativ Pillarguri

Dette alternativet er planlagt på sørsiden av Ottaelva. Inntaket plasseres noe ovenfor dagens inntak til Eidefoss kraftverk. Det er planlagt en 5,3 km lang tilløpstunnel til kraftverket. Kraftverket legges i fjell. Utløpstunnelen blir 9,3 km lang med utløp i Lågen ved Einangen/Bredi (fig. 1.1). Fallhøyden for dette alternativet er målt til 69,5 m. Største slukeevne er 200 m^3/s og minste slukeevne er 17,9 m^3/s.

Kraftverket skal etter planene i gjennomsnitt ha en årlig kraftproduksjon på 387 GWh.

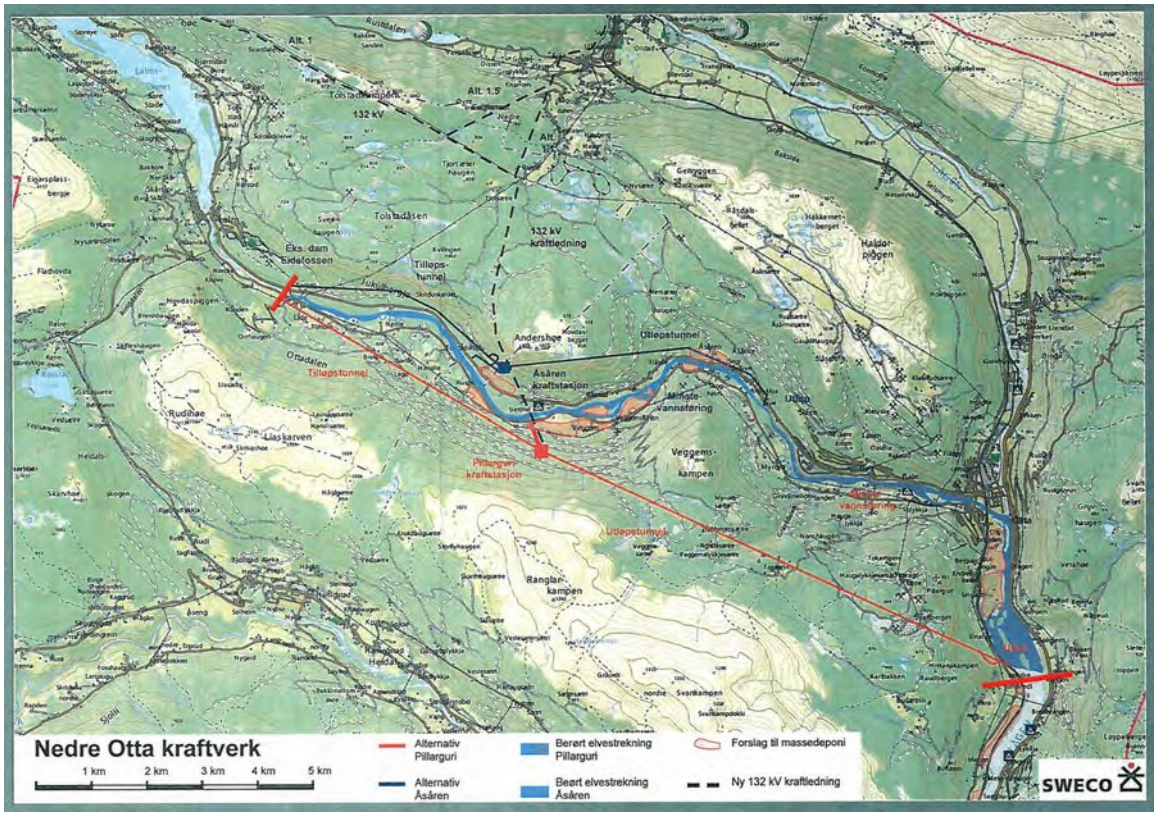


Fig.1.1 Oversikt over prosjektområdet med de to alternative utbyggingsløsningene, Åsåren (blått) og Pillarguri (rødt).

2 Metode og datagrunnlag

Denne rapporten bygger på feltobservasjoner som ble utført under befaringen 30.9 - 2.10.2009 og mottatt tilleggsinformasjon.

Før befaringen ble området undersøkt ved tolkning av flybilder, geologiske kart og løsmassekart. Hovedvekten er lagt på å undersøke områdene som blir direkte influert av de forskjellige reguleringsalternativene.

Under befaringen ble det lagt vekt på å identifisere sedimentkilder og vurdere konsekvenser for sedimenttransporten på den utbygde strekningen. Videre er det foretatt en vurdering av elveløpsutviklingen for nedre Otta etter en utbygging for de to alternativene og dette er sammenholdt med et 0-alternativ som innebærer videreføring av dagens situasjon.

2.1 Løsmasser/sedimentkilder

Enkelte av tilløpselvene i øvre del av Ottas nedbørfelt har tilsig fra breer. Dette har betydning for vannføringen, men også for sedimenttransporten i vassdraget.

Det grove materialet fra breerosjon sedimenterer høyt oppe i nedbørfeltet. Nedstrøms for Vågåvatnet er det bare de mest finkornete bresedimentene som fraktes i suspensjon med elvevannet. Disse sedimentene synes godt og kan ha betydning for vannkvaliteten. Påvirkningen fra disse fine partiklene på elvevannet er tydelig ved Ottas utløp i Lågen. Vannet fra Otta er tydelig blakket i forhold til vannet fra Lågen (fig. 2.1).

Fig. 2.1. Otta munner ut i Lågen ved Otta sentrum (ref: norgeibilder.no)

Langs hele Ottavassdraget inkludert de største sideelvene i øvre del av nedbørfeltet (Tundra, Ostri, Skjørli, Bøvra, Tessa; Finna), er det også til dels store morene- og glasifluviale avsetninger som bidrar med sedimenter til vassdraget (fig. 2.2). En del av dette materiale avsettes på banker på slake strekninger i de øvre delene av vassdraget. Ottavatn/Vågåvatn fanger opp sand og siltpartikler fra bl.a. Bøvra og Tessa. Sedimenter

fra Finna og Otta oppstrøms Lalm sedimenterer i Lalmsvatnet. Trolig passerer bare de fineste silt- og leirpartiklene. Nedstrøms Lalm, kommer derfor mesteparten av sedimentpartiklene som er grovere enn silt, fra kilder langs med elveløpet eller fra sidebekker, dvs lokale sedimentkilder.

Det er registrert tildels store morene- og glasifluviale avsetninger langs hele elveløpet i nedre Otta (fig. 2.3). Ved Veggem har elva dannet forgreninger med øyer/elvebanker i løpet. Bankene er dannet under en periode med langt høyere erosjonsintensitet enn i dag og trolig vesentlig under store flommer. Menneskelig aktivitet som vassdragsutbygging (Øvre Otta, Tesse) og steinsetting av elveløp har redusert aktiviteten på bankene. Disse er i dag til dels gjengrodde. Det foregår imidlertid noe erosjon og sedimentasjon i ytterkantene av disse bankene ved høye vannføringer.

Elva tilføres materiale ved ulike erosjonsprosesser. De viktigste erosjonsprosessene er generelt beskrevet nedenfor.

Fig. 2.2. Oversikt over løsmasseforekomster i Ottas nedbørfelt (ref: NGU.no).

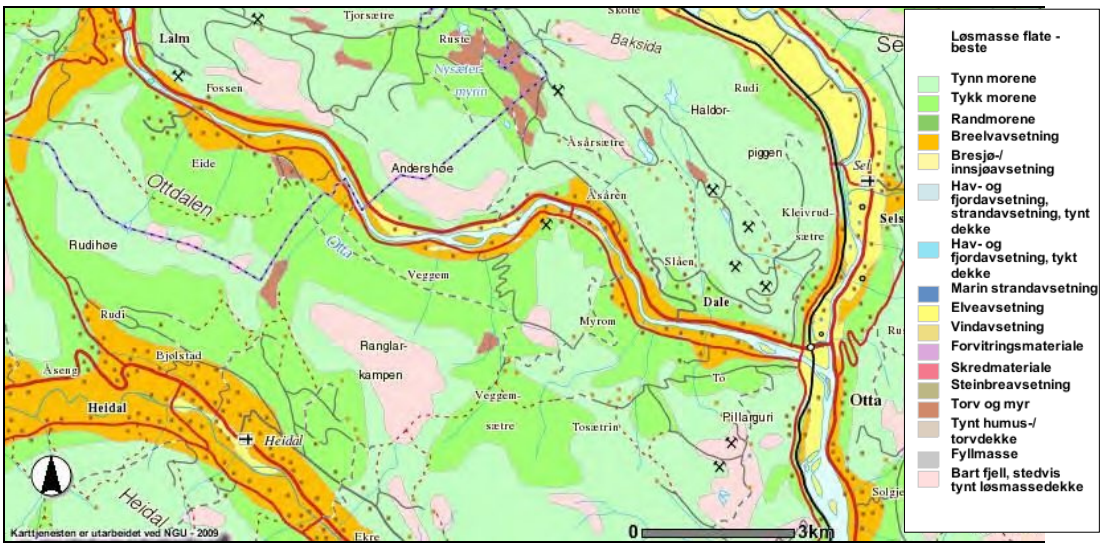


Fig. 2.3. Oversikt over løsmasseforekomster i nedre del av Ottadalen (ref: NGU.no).

2.1.1 Løsmasseskred

Registrerte skredhendelser i Ottaområdet er vist i fig. 2.4. Furseth, 2006 har beskrevet skredhendelser fra 1739 til 2006 i Ottadalen. De fleste hendelsene er jordskred som har forekommet i tilknytning til stor snøsmeltning eller nedbør i perioder med høyt grunnvannsnivå. Våren 2008 førte regn og mildvær til et større og flere mindre skred i Ottaområdet. I skråningene mot elveløpene i Otta og Lågen er det stedvis markerte fluviale- og glasifluviale sedimentavsetninger. Høy grunnvannstand som følge av snøsmelting og/eller intens nedbør kan medføre ustabilitet i løsmassene med påfølgende utglidninger. Flere av jordskredene våren 2008 inntraff i kombinasjon med flomskred.

Langs de aktuelle elvestrekningene forekommer det hovedsakelig to typer skred:

1) Jordskred i kombinasjon med flomskred

2) Skred som utløses av at elva undergraver skråningsfoten (fig.2.5)

Porevannstrykket og skråningsgradienten er avgjørende for utløsning av jordskred. Jordskredene er ofte initiert av vegetasjonsbrudd og er gjerne knyttet til nedbør eller snøsmelting og fluviale prosesser.

En elv/bekk ved skråningsfoten vil erodere og bringe det tilførte materiale i transport. Samspillet mellom massebevegelse og fluvial erosjon/ transport, er en av de viktigste sedimentkildene i enkelte elver. Det skilles mellom rask (skred og utglidning) og langsom massebevegelse (jordsig).

Undergraving av skråningsfoten som følge av elveerosjon eller menneskelig aktivitet har i flere situasjoner gitt opphav til skred. Noen steder er dette en viktig prosess (fig. 2.5). Naturlig erosjon vil også øke med nedbør og avrenning. Ukonsolidert rasmateriale uten vegetasjonsdekke er lett tilgjengelig for erosjon og fluviale prosesser.

Jordsig kan også påvirke tilførselen av sedimenter til elveløpene. Væte og tørkesykluser og en veksling mellom frysing og tining fører til en langsom bevegelse av løsmassedekket i skråninger. Denne bevegelsen som kalles jordsig er størst i silt og leirholdige jordarter og øker dessuten med økende skråningsgradient. (Sandersen, 1988, Bogen, J., Berg, H., Sandersen, 1993)

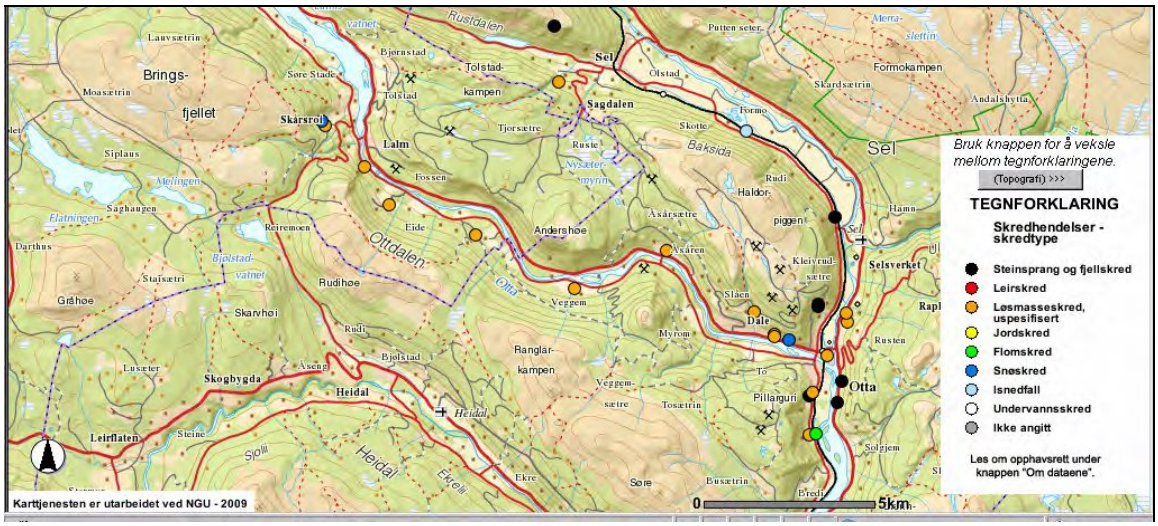


Fig. 2.4. Skredhendelser. Det har forekommet løsmasseskred flere steder langs den berørte delen av Otta og Lågen (Ref: NGU v/skrednett).

Fig. 2.5. Erosjonsskråning langs elveløpet ved Sanden.

2.1.2 Erosjon ved overflateavrenning

Overflateavrenning inntreffer når nedbørintensiteten overstiger jordas infiltrasjonskapasitet, eller når grunnen er mettet med vann. Avrenningsformen er hovedsakelig begrenset til områder med svært lav permeabilitet. Områder hvor vegetasjonsdekket er fjernet samtidig som massene har blitt utsatt for komprimering (f. eks. jordbruksvirksomhet og anleggsarbeid) er spesielt sårbare for erosjon knyttet til overflateavrenning. Erfaringer med lite snødekke og milde vintere kombinert med vinterflommer har vist at det kan skje omfattende erosjonsskader på pløyde jorder og vegetasjonsfri mark. Det er spesielt uheldig hvis avrenningen i tillegg finner sted på frossen mark (Berg, Bogen og Sandersen, 1993).

Langs nedre Otta er det jordbruksarealer og masseuttak hvor det kan forekomme overflateavrenning under intense nedbørepisoder.

2.1.3 Løpserosjon

Erosjonsintensiteten er i hovedsak bestemt av strømningshastigheten og motstandskraften til løpsmaterialet. Dette kan deles inn i to hovedtyper, henholdsvis lateral (sideveis) og vertikal løpserosjon. Ved lateral erosjon er elvas strømhastighet størst i yttersvinger. Dette fører til en større erosjonspåvirkning i yttersvinger og tendens til sedimentasjon i innersvinger. Erosjon i yttersving og sedimentasjon i innersving fører til en sideveis forflytning av elveløpet over tid. Erosjonsintensiteten vil også være avhengig av i hvilken grad det foregår massebevegelse i sideskråningene ned mot elveløpet.

Omfattende vertikal løpserosjon kan føre til bunnsenkning. Graden av vertikal løpserosjon er avhengig av løpsgradienten, vannføringen og bunnsedimentenes motstandsdyktighet mot erosjon. Store flommer har vesentlig betydning for graden av vertikal løpserosjon (Bogen og Sandersen, 1991, Bogen, Berg og Sandersen, 1993). Elva eroderer seg ned til det er etablert et likevektsprofil eller det dannes et stabilt dekksjikt. Generelt vil erosjonsprosessene være mest aktive frem til det har oppnådd en likevekt med landskapet omkring.

Stedvis forekommer erosjon i elvekantene, men trolig har løpserosjonen i Otta vært større tidligere. Reduksjon av flomvannføringer pga reguleringene oppstrøms i vassdraget samt steinsetting av erosjonsutsatte strekninger har redusert løpserosjonen. Også dannelse av armeringslag i elveløpet har redusert omfanget av vertikal løpserosjon.

2.1.4 Jordartstypers betydning for materialtilførselen

Glasifluviale avsetninger er ofte eksponert for erosjon i form av massebevegelse. Direkte påvirkning av elvevannet i form av undergraving av skråningsfoten kan forsterke prosessene. Stedvis kan det føre til at betydelige mengder med sedimenter tilføres vassdraget. Finkornet rasmateriale kan være en betydelig kilde for transport av suspendert materiale. Grovere materiale tilføres i større grad når elva undergraver foten av rasskråningen.

Bunnmorene er som oftest godt konsolidert eller hardpakket. Dette gjør at tilførsel av materiale fra moreneområder er relativt liten. Noe materiale tilføres vassdraget ved

erosjon langs bekker og flomløp. Anleggsvirksomhet og massebevegelse, særlig i form av skred og utglidninger, kan føre til betydelig transport også i moreneområder.

Rasavsetninger er ofte relativt løse og derfor lite erosjonsbestandige. Erosjon langs flomløp kan være betydelig. Mye materiale vil imidlertid avsettes når terrengets helning avtar. Der det er kort avstand fra rasavsetningen til dreneringssystemet, kan materialtilførselen til vassdraget være betydelig under sterk nedbør og snøsmelting (Bogen, Bønsnes og Benjaminsen, 1997).

2.1.5 Menneskelig påvirkning

Det blir tatt ut grus og sand en rekke steder i Ottadalen. Kartet, fig. 2.6 viser steder med grusuttak på den aktuelle strekningen.

De fleste masseuttakene ligger ikke i direkte kontakt med elveløpet og vil derfor ikke være utsatt for direkte erosjon fra elva (fig. 2.7). Grusuttak medfører eksponering av sedimenter for overflateavrenning ved intens nedbør/snøsmelting evt. utglidninger av løsmasser. Masseuttakene er glasifluviale avsetninger og sedimentene som blir fjernet fra disse vil ikke fornyes. Dette kan derfor på lengre sikt redusere sedimenttilgangen til vassdraget.

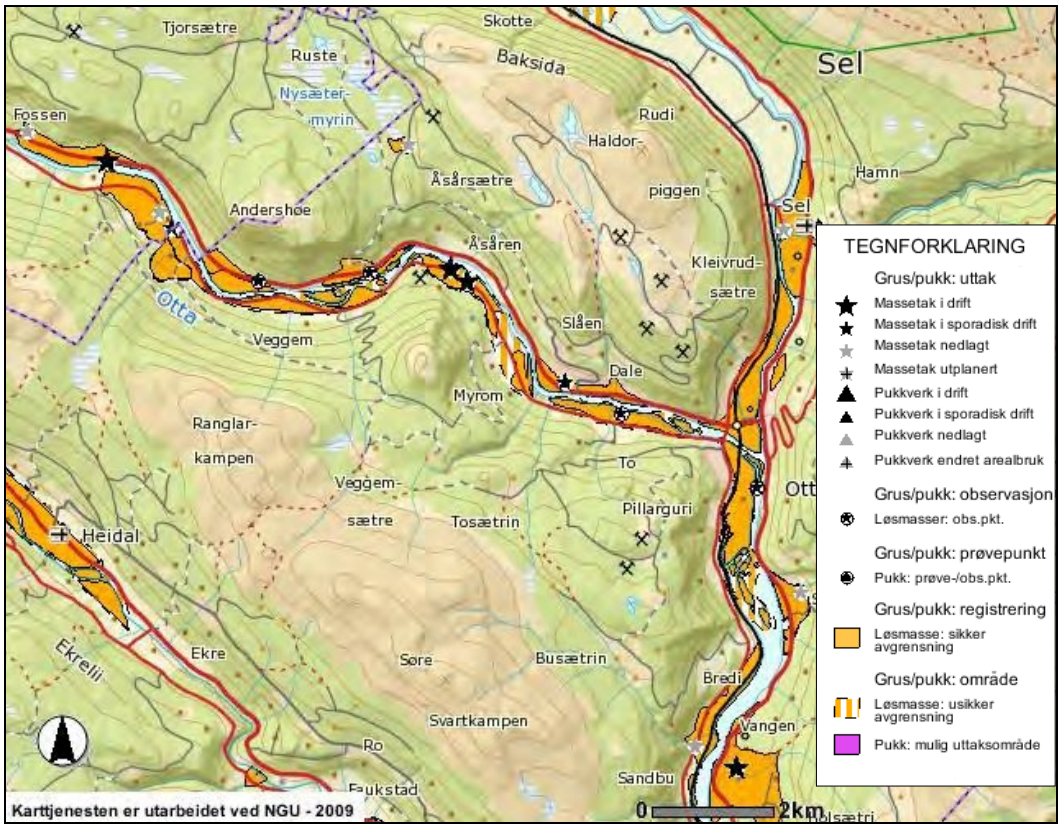


Fig. 2.6. Sand og grusuttak langs vassdraget (fra NGU.no)

Fig. 2.7. Masseuttak nær elva på nordsiden tvers ovenfor Nerlie

For å motvirke flom og erosjon er det foretatt sikringstiltak langs deler av elveløpet. Særlig områder ved Otta sentrum er flomutsatt og derfor er det etablert flom-og erosjonsforbygninger langs elveløpet (fig. 2.8). Dette har medført redusert erosjon og sedimenttilførsel på disse strekningene.

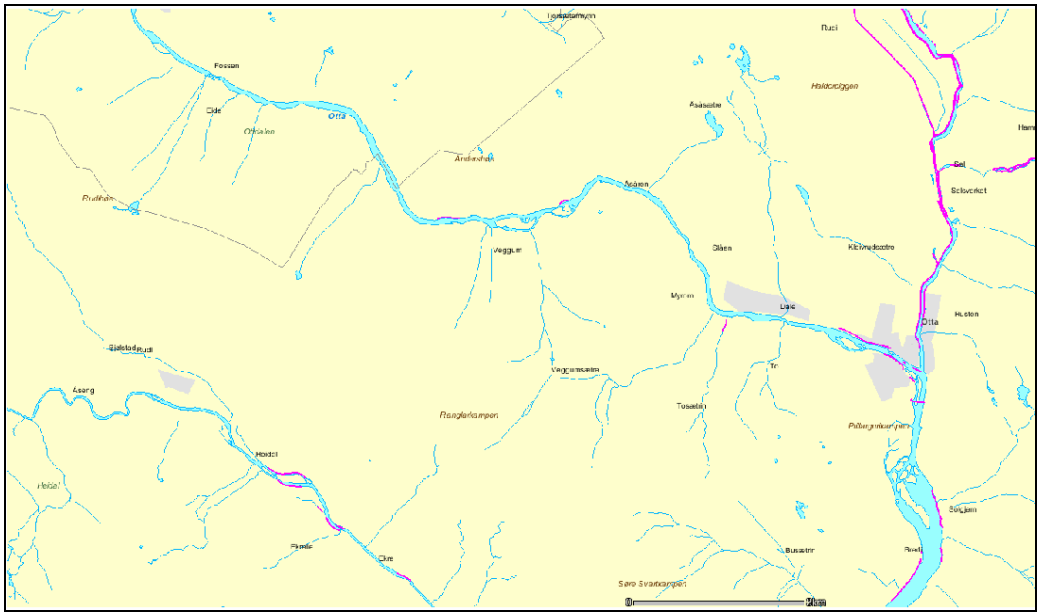


Fig. 2.8. På enkelte strekninger er det utført sikringstiltak langs elveløpet (rosa linjer)

2.2 Vannføring

Otta har breer i nedbørfeltet som påvirker vannføringen. Tilførselen av smeltevann fra breene gjør at vannføringen som oftest er størst i juli.

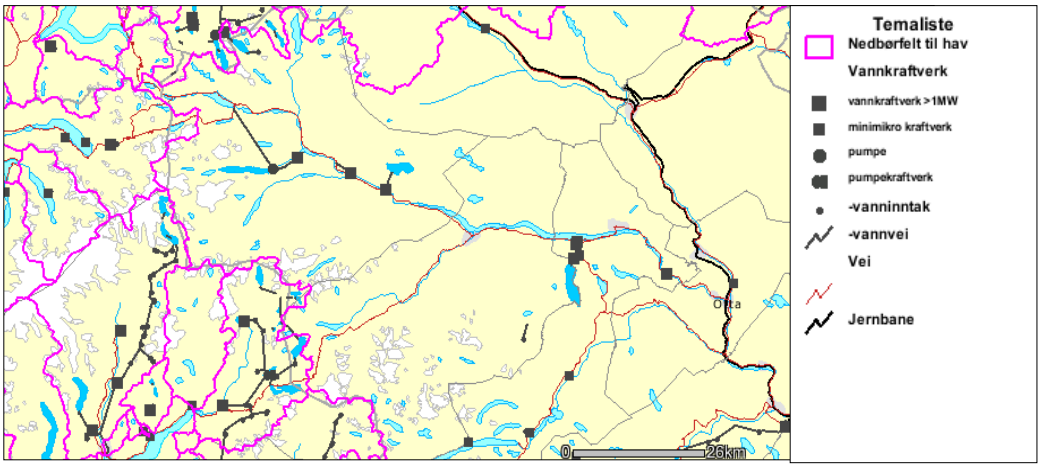


Fig. 2.9. Kart over vannkraftutbygginger i området

Nedbørfeltet er påvirket av flere kraftutbygginger. Utbyggingene i Ottas nedbørfelt har hatt innvirkning på hydrologien i vassdraget (fig. 2.9, 2.10). Figur 2.10 viser døgnmiddelvannføring ved Lalm, før og etter utbyggingene i Ottavassdraget startet. Utbyggingene har ført til reduserte flomtopper og økt vintervannføring.

Reguleringen av Tesse og reguleringen av Breidalsvatn og Raudalsvatn ble startet opp på 1940-tallet. Skjåk I kom i 1965 og de seneste årene har det kommet ytterligere utbygginger i nedbørfeltet. Magasinering av vann medfører et endret avrenningsmønster nedstrøms magasinet. Vann blir holdt tilbake slik at flommer blir dempet, mens det i perioder med lavt tilsig blir sluppet mer vann enn tidligere. Dette har medført at det har blitt færre store flommer og at lavvannsføringen om vinteren har økt (Bogen m.fl., 2009).

Vannføringen er høyere fra Otta enn fra Lågen ved Otta. Vanligvis har Lågen årets høyeste flomtopp i juni, mens Otta pga bresmeltingen har høy vannføring noe senere på sommeren (fig. 2.11). Figur 2.11 viser vannføringen i Otta ved Lalm og i Lågen ved Rosten.

Flomsoneundersøkelser nær Otta sentrum viser at deler av Otta sentrum er utsatt ved store flommer (Høydal, 2000). NVE har også foretatt en analyse av tiltak mot oversvømmelse i Otta sentrum ved grunnvannsmodellering (Colleuille, 2005). Konklusjonen i denne undersøkelsen er at alle tiltak som senker elvevannstandene og øker vanngjennomgangen i bunnsedimentene vil føre til lavere grunnvannstand i Otta sentrum og redusere faren for oversvømmelse.

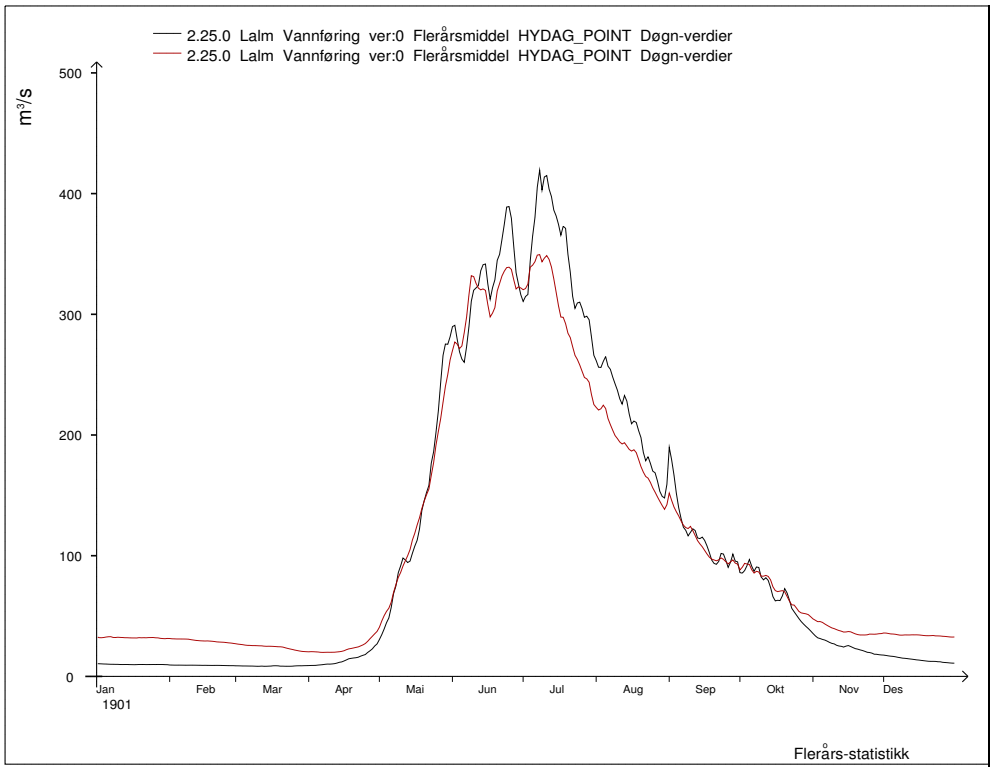


Fig. 2.10. Vannføring flerårsmiddel ved Lalm. Perioden 1909-1940 (Svart). Perioden 1940-2009 (Rød). Dette viser middelvannføring før og etter reguleringene startet i Ottavassdraget.

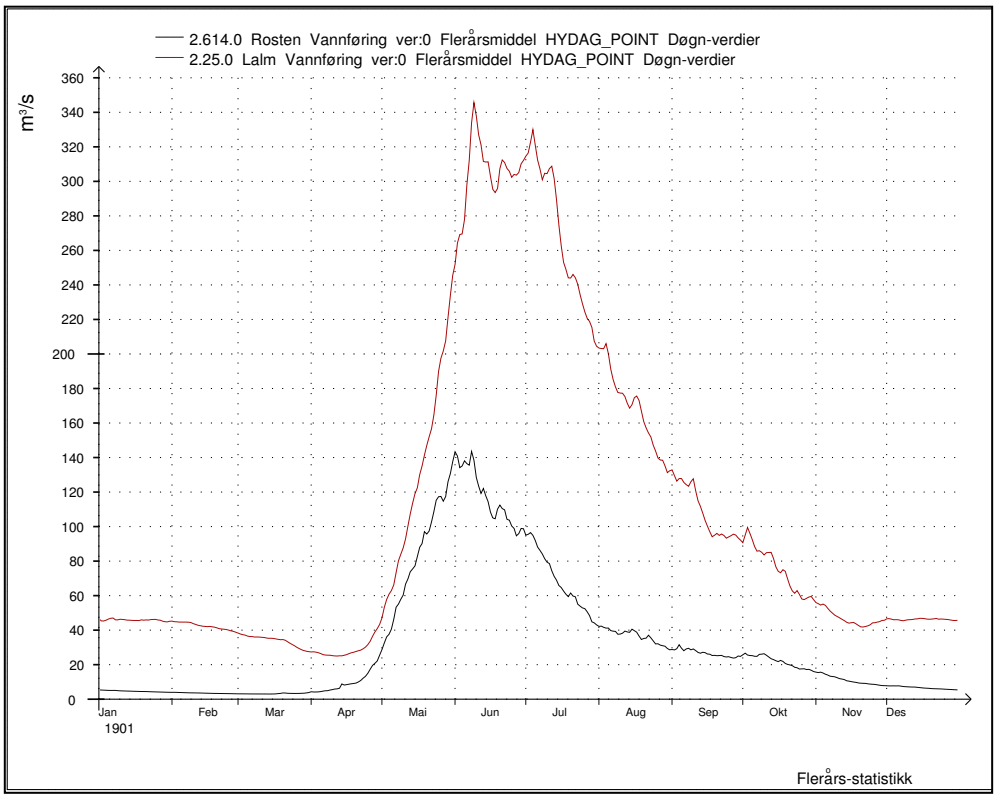


Fig. 2.11. Vannføring, flerårsmiddel i perioden 1948-2008, i Otta ved Lalm (vm nr 2.25) og Lågen ved Rosten (2.614).

2.3 Feltobservasjoner

Høsten 2009 ble det gjennomført en feltbefaring på den planlagt berørte strekningen mellom Eidefossen i Otta til Lågen ved Einangen. Under befaringen ble det gjort en vurdering av dagens erosjon og sedimentasjonsforhold. Dette danner grunnlag for en vurdering av konsekvenser av de to alternative forslagene til utbygging av elva.

Det ble tatt sedimentprøver på noen av elvebankene for å karakterisere elvebunnen. Kornfordelingen av det groveste materialet på bankene ble bestemt ved steintelling. Wolman test innebærer at man måler mellomaksen på 100 steiner (alle over 1 cm) i et ca. 1 m^2 område for å beregne D_{50}, middelkornstørrelsen (Bathurst, 1987, Wolman, 1954). Fin grus og sand ble undersøkt ved sikteanalyse i NVEs sedimentlaboratorium.

Ved utvalgte lokaliteter ble det målt gradienter langs hovedløpet. Sammen med bunnmaterialets egenskaper danner disse målingene grunnlag for å bedømme de kritiske nivåene for bunntransport. Den kritiske vannføringen ble beregnet med Schoklitsch bunntransport formel (Schoklitsch, 1962). Bunntransporten øker vanligvis med vannføringen når det er tilgjengelig materiale på elvestrekningen.

2.3.1 Strekning I: Eidefoss kraftverk – Slettmo

På denne strekningen går elva vekselvis i stryk og i litt roligere partier (fig. 2.12, 2.13). Ved kraftverket er det fast berggrunn (fig. 2.12). Elvebunnen består hovedsakelig av grovt materiale. Det ble observert noe erosjon i elvekantene og tendenser til skråningserosjon enkelte steder. Det er etablert flere masseuttak i nærheten av elva. Ved en av disse lokalitetene, på nordsiden av elva ca 2 km nedstrøms Eidefossen, har det vært drift i et område som ligger svært nær elveløpet. Ved to andre lokaliteter på strekningen har ikke uttakene vært i direkte kontakt med elveløpet. Under forhold med intens nedbør og overflateavrenning kan det imidlertid tilføres sedimenter til elveløpet fra disse områdene. På strekningen er det enkelte små sidebekker som har dannet små grus og steinvifter ut i hovedelva (fig. 2.14). Dette kan tyde på en viss sedimenttilførsel, spesielt under høy vannføring.

Gradienten på hovedelva varierer på strekningen mellom Eidefossen og Slettmo, men den flater ut nederst på strekningen ved Slettmo/Veggem området (Fjelstad og Gautun, 2009) (fig. 2.15).

Fig. 2.12. Rett nedstrøms dammen, Eidefossen

Fig. 2.13. Ved veien nedstrøms dammen

Fig. 2.14. Bekk ved Rustmo

Fig. 2.15. Ved Slettmo

2.3.2 Strekning II: Veggemområdet

På denne strekningen flater elva ut. Elva danner forgreninger med større og mindre øyer i løpet.

I dette området er det foretatt målinger av gradienten på elva. Kornfordelingen til bunnmaterialet er også undersøkt for å kunne vurdere konsekvensene redusert vannføring har på bunntransporten på denne elvestrekningen.

I dette området ble gradienten målt på tre lokaliteter langs Ottaelva, lokalitet 1, 2 og 3 (fig. 2.16). Gradienten ved disse lokalitetene varierte fra 0,19 til 0,55 % (tabell 1). Det ble også utført en Wolman test for å karakterisere kornstørrelser på bunnmaterialet ved lokalitet 2, og to ganger ved lokalitet 3 (fig. 2.17). Disse målingene danner grunnlag for å bedømme de kritiske vannføringsnivåene for bunntransport. Det ble også tatt prøver av finmaterialet på de tre lokalitetene.

Resultatene fra disse beregningene er presentert i tabell 3.1 og figur 2.18. Det ble beregnet kritiske vannføringer på 10 m^3/s (lokalitet 2), 17 m^3/s (lokalitet 3A) og 31 m^3/s (lokalitet 3B).

Flomsedimentene fra elvesletten ved lokalitet 1 består hovedsakelig av materiale i de finere fraksjonene (fin sand, silt og leire). Ved lokalitet 2 er det hovedsakelig materiale i sandfraksjonen, mens det som ble tatt fra lokalitet 3 nedstrøms på banken, var en blanding av grov sand, grus og mindre steiner, se fig 2.18.

Tabell 3.1: Resultater for Gradientmålinger og kornfordeling

Lokalitet	Gradient (Prosent)	D_{50}: Middel Stein-størrelse (cm)	Q_c: Beregnet kritisk vannføring
1	0,19 %	-	-
2	0,36 %	6 cm	31 m^3/s
3 A	0,55 %	6,5 cm	17 m^3/s
3 B	0,55 %	4 cm	10 m^3/s

De teoretiske beregningene viser at det under dagens forhold vil være en aktiv bunntransport i store deler av året. Dette gjelder særlig i perioden med høyere vannføring, fra mai til oktober. En reduksjon i vannføringen som følge av de planlagte tiltakene (jfr fig 3.2) vil føre til en markert reduksjon i bunntransporten på denne strekningen. Kritiske nivåer for bunntransport vil bare kunne oppnås i perioder med høy restvannføring (mai - oktober). Det totale bunntransporten i denne perioden vil også avta på grunn av reduksjonen i vannføring.

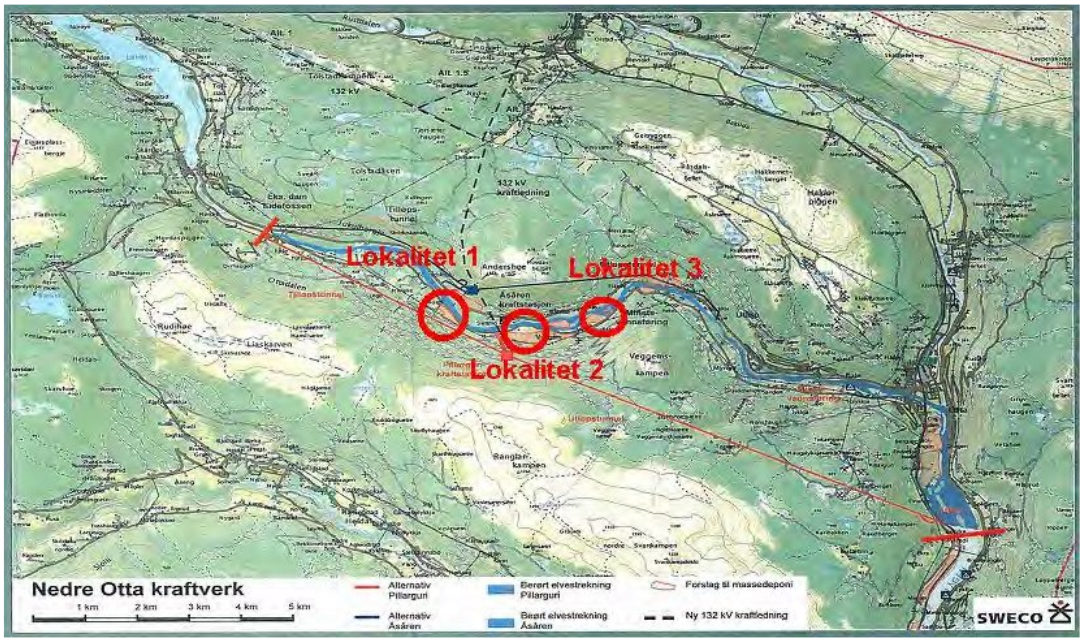


Fig. 2.16. Kart over lokalitetene

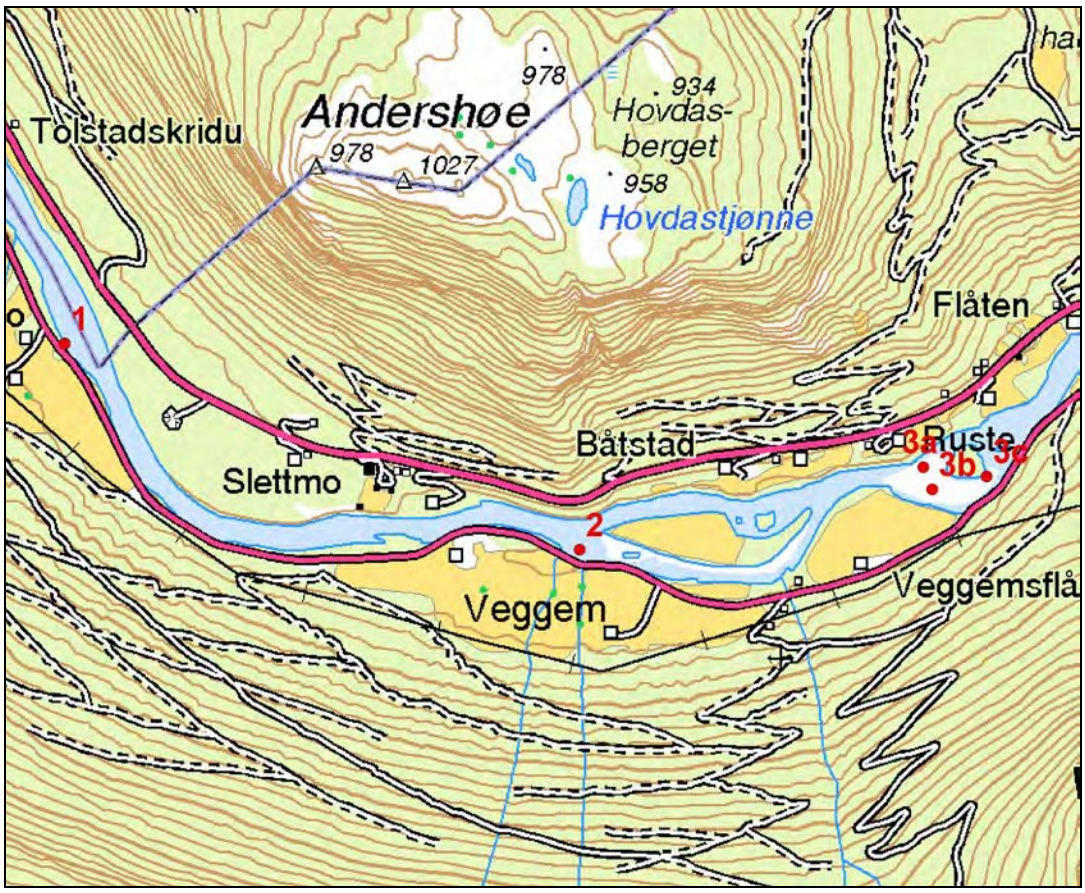


Fig. 2.17. Prøvetakingslokaliteter i Otta ved Veggem.

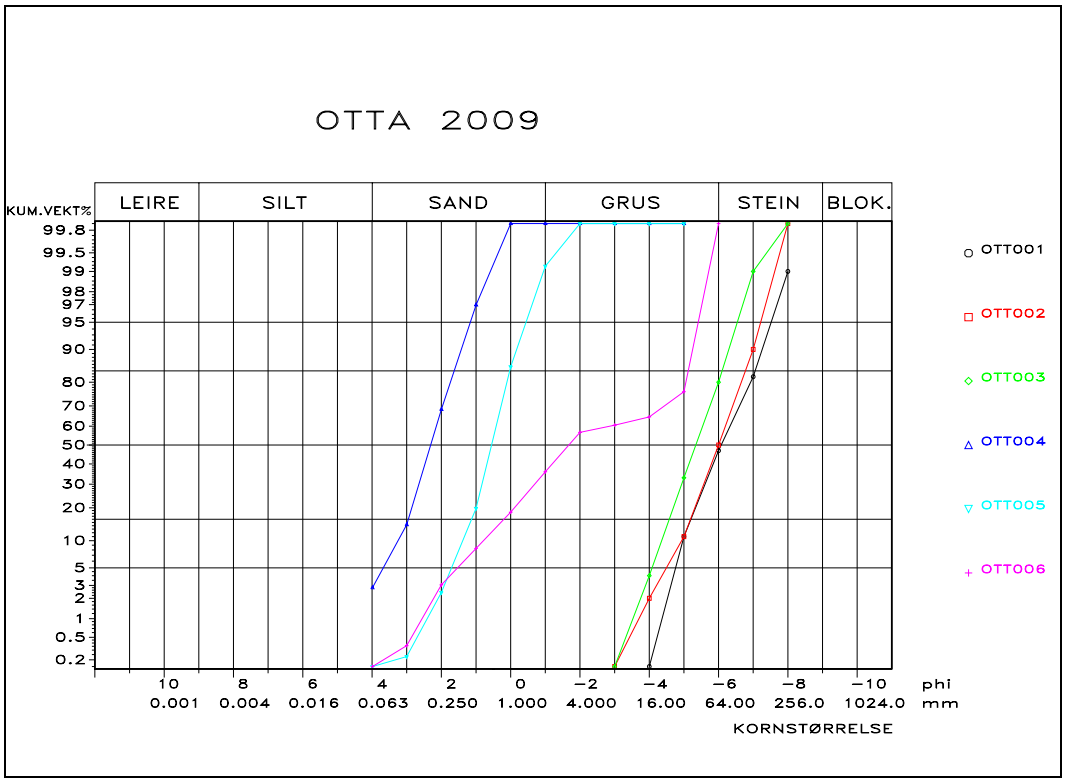


Fig. 2.18. Resultater av Wolmans test for steinstørrelse; Ott001 = Lokalitet 2, Ott002= Lokalitet 2A, Ott003 = Lokalitet 3A. Resultater fra sikting av prøver: Ott003 = Lokalitet 1, Ott004 = Lokalitet 2, = Ott006 = Lokalitet 3

2.3.2.1 Beskrivelse av lokaliteter

Elveslettene i området ved lokalitet 1 (se fig 2.17, 2.19, 2.20) viser at det har vært en betydelig sedimentasjon under tidligere flommer. Kornfordelingsanalyser av dette materialet (flomsedimenter) viser at det er kornstørrelser i fin sand, silt- og leirfraksjoner (tabell 3.1, fig. 2.18). Langs elvekanten er det et armeringslag med mye grovt materiale.

Elveslettene er vegetasjonsdekket, men har stedvis spor av erosjon (fig. 2.19). Det er store forekomster av Oretrær som har etablert seg i dette området (fig. 2.20). Dette er en hardfør art som i motsetning til andre arter er tilpasset et miljø som tidvis oversvømmes av vann og sedimenter (se for eksempel Oki et al., 2004, Fremstad, 1997). Fig. 2.19 - 2.22 viser området ved lokalitet 1.

Fig. 2.19. Erosjon på banken ved lokalitet 1

Fig. 2.20. Or på banken ved lokalitet 1

Fig. 2.21. Lokalitet 1, Oppstrøms

Fig. 2.22. Lokalitet 1; Nedstrøms

Ved lokalitet 2 (fig 2.17) er det også et armeringslag med større steiner langs elveløpet. Gress, mose og annen vegetasjon som vokser på og mellom steinene viser at elvekantene er stabile under dagens forhold. Kornfordelingen av materiale som er tilgjengelig for transport under flom ble bestemt ved Wolman test, se tabell 1.

Fig. 2.23. Gradientmålinger ved lok 3

Fig. 2.24. Steintelling (Wolmans metode) ble benyttet for å bestemme kornfordelingen på deler av bankene (lokalitet 3a).

Fig. 2.25. Oppstrøms på banken ved Ruste. Stein dominerer.

Fig. 2.26. Nedstrøms på banken ved Ruste. Materialet er her mye mer finkornet enn på oppstrømssiden

På strekningen fra Veggem til Ruste danner Otta et forgrenet løp med to stabile øyer/banker i løpet. Den største er dekket med vegetasjon og er delvis oppdyrket. De høyest liggende delene av den minste banken er dekket med oreskog som ser ut til å være mellom 10 og 20 år gamle. Dette innebærer at dette området av banken sannsynligvis har vært stabilt i en minst like lang periode. Oppstrøms side av banken var ikke vanndekket under befaringen (ca 200 m^3/s, 30.09.09). Dette er et område som er dekket av grove sedimenter (stein) og som vil være vanndekket ved høyere vannføring.

Lokalitet 3 er lokalisert ved den minste av banken som ligger i området ved Ruste. Lokalitet 3A ligger på nordsiden av banken og 3B ligger på vestsiden av banken (fig. 2.17, 2.24, 2.25).

Der ble det gjennomført kornfordelingsanalyser med Wolman test ved lokalitet 3A og 3B. Resultatene er gitt i tabell 1.

På sørøst siden av skogen, er det et område med sand, grus og små stein som er vanndekt deler av året (fig. 2.26 - 2.30). Der ble det også tatt prøve, lokalitet 3C.

Fig. 2.27. Skogen på banken ved Lokalitet 3

Fig. 2.28. Nedstrøms på banken, lokalitet 3

Fig. 2.29. Sørøst på banken, lokalitet 3

Fig. 2.30. Materialet ved Lokalitet 3

2.3.3 Strekning III: Veggem – Dale

Elveløpets gradient varierer på strekningen (fig. 2.31). Elva går derfor vekslende i stryk og roligere partier. Det forekommer noe erosjon i elvekantene og noe skråningserosjon (fig.2.32). Et par mindre sidebekker tilfører noe sediment på nederste del av strekningen.

Fig. 2.31. Oppstrøms fra Åsåren bru

Fig. 2.32. Skråning ned mot elveløpet

2.3.4 Strekning IV: Otta sentrum – Einangen

Otta sentrum ligger på Ottaelvas vifte i Lågen. Dagens elvevifte er stabil. Dette vises tydelig av trær og bebyggelse. Området kan imidlertid være utsatt for erosjon under store flommer. Reguleringene oppstrøms i Otta og Lågen har bidratt til å stabilisere forholdene på vifta, men har også ført til mindre sedimenttilførsel, spesielt av stein og grus.

Bankene ved Einangen utgjør et vifteslep (banker som dannes nedstrøms en elvevifte av materiale som er kommet inn med sideelven) og er relativt stabile, men både erosjon og sedimentasjon forekommer i ytterkanten av bankene. De sentrale områdene er bevokst med busker og trær. Dette viser at bankene hovedsakelig har vært stabile over flere år.

Nedstrøms fra broen ved Otta sentrum er det tegn på tidligere erosjon. Elvekanten er begynt å gro igjen. Det er imidlertid noe erosjon på banken på sørsiden av Otta ved samløpet (fig. 2.33, 2.34). Det ble observert stedvis tilførsel av sedimenter langs vestre kant av Lågen nedstrøms samløpet (fig. 2.35, 2.36). Figur 2.37 A og B viser bankeområdet nedstrøms fra Otta sentrum. På disse lokaliteter ble det observert erosjon ca. 2 meter oppe på banken, men for øvrig er banken tilvokst med skog. Dette indikerer at størstedelen av banken har vært stabil i over 20 år.

Fig. 2.33. Utløpet av Otta i Lågen

Fig 2.34. Sørsiden av Otta v/utløpet i Lågen

Fig. 2.35. Lågen tilføres løsmasser fra kantene

Fig. 2.36. Det er stedvis sandbanker

Fig. 2.37 A og B viser vestsiden av bankene i Lågen, fra sør mot Otta sentrum

3 Konsekvensvurdering

3.1 Hydrologiske endringer

Prosjektet omfatter ingen reguleringer.

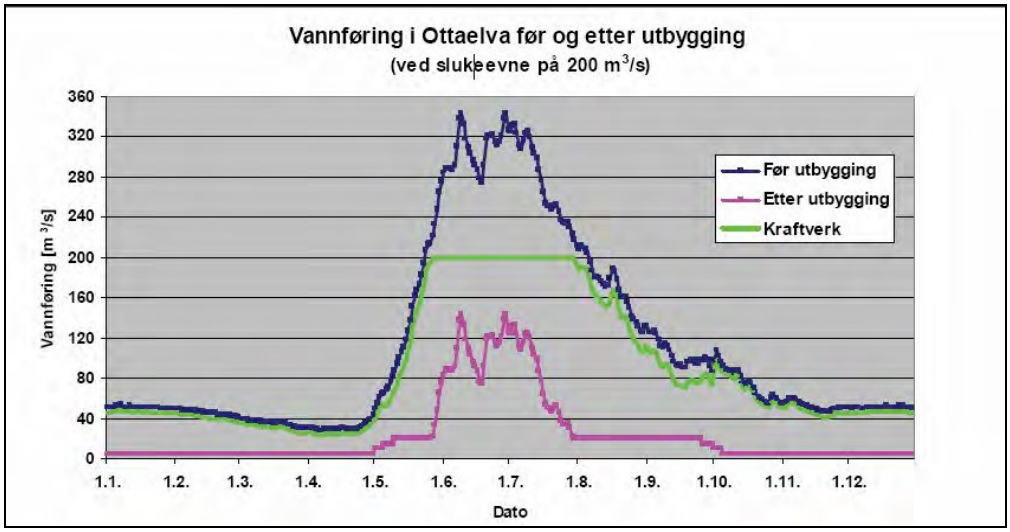
3.1.1 0-alternativet

Dette alternativet innbærer at de hydrologiske forholdene er uforandret fra dagens situasjon. Hydrologien for dette alternativet er kort beskrevet i kap.2.

Nedbørfeltet er påvirket av flere kraftutbygginger. Utbyggingene i Ottas nedbørfelt har hatt innvirkning på hydrologien i vassdraget. En viss reduksjon i flomvannføringene og kortere varighet på de høye vannføringene har antakelig ført til at bankene på strekningen har blitt mer stabile. Under dagens forhold er flere av bankene til dels dekket med trær og høy vegetasjon. Forbygninger av elvekantene har også stabilisert sedimentkilder langs elveløpet. Dette er faktorer som har bidratt til en redusert sedimenttransport på strekningen slik situasjonen er i dag.

3.1.2 Alternativ Åsåren

Alternativ Åsåren vil innebære redusert vannføring på strekningen Eidsfossen til Åsåren i Ottaelva. Dette vil ha stor betydning for sedimenttransporten på strekningen (fig. 3.1). Vannføringen etter utbygging er basert på en minstevannføring på 5 m^3/s om vinteren og 20 m^3/s om sommeren.



Figur 3.1. Vannføring i Ottaelva nedenfor inntaket før og etter utbygging, samt driftsvannføring i Nedre Otta kraftverk (basert på daglige observasjoner i perioden 1971-2001 ved Lalm vannmerke).

3.1.3 Alternativ Pillarguri

Alternativ Pillarguri innebærer at elvestrekningen mellom Eidsfossen i Ottaelva og Einangen i Lågen vil få redusert vannføring (fig. 3.2). Det er lagt opp til en

minstevannføring på 5 m^3/s om vinteren (oktober – april) og 20 m^3/s evt 35 m^3/s om sommeren (mai – september).

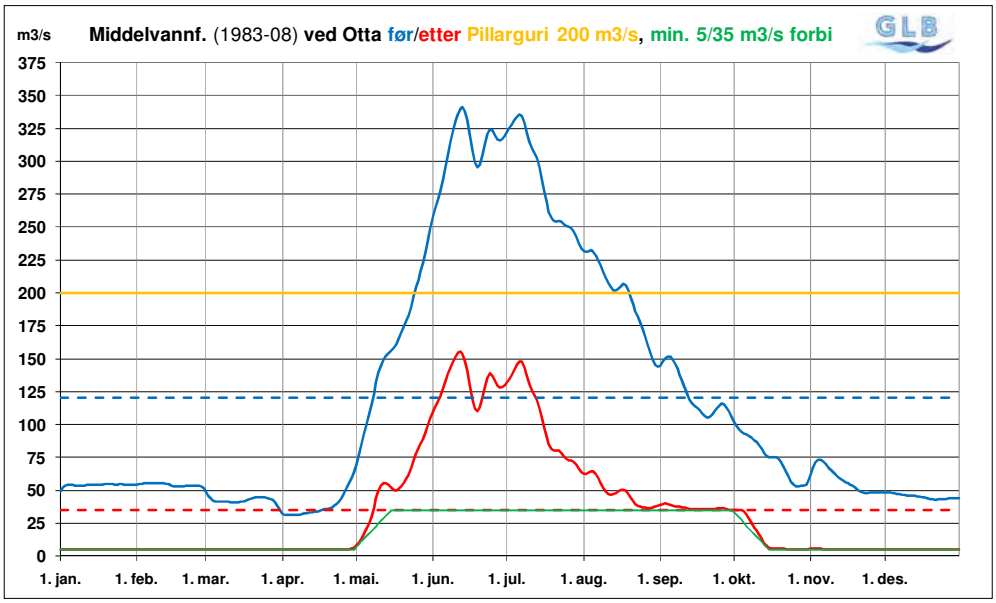


Fig. 3.2. Beregnet middelvannføring ved Otta før og etter planlagt regulering, Pillarguri-alternativet. Minstevannføring er satt til 5 m^3/s om vinteren og 35 m^3/s om sommeren.

3.2 Sedimenttransport og erosjon

Det er stedvis store morene og glasifluviale sedimentavsetninger langs elveløpet. Tilløpsbekker bidrar med sedimenter til hovedelva, men trolig kommer det største bidraget til sedimenttransporten i elva fra skrånings- og elveløpserosjon.

På enkelte strekninger er elvekantene forbygd (fig. 2.8, fig. 2.15). Det er også stedvis skråninger med tydelig erosjon (fig. 2.5).

Bankene i elveløpet har trolig blitt mer og mer stabile ettersom øvre del av Ottas nedbørfelt er blitt regulert fra 1940-tallet og fremover. Reguleringsmagasinene har i første rekke hatt en flomdempende effekt, men også medført noe høyere vannføringer om vinteren.

Uansett om utbyggings alternativ Åsåren eller Pillarguri blir valgt, vil bankene ved Veggem bli mer stabile etter en utbygging av nedre Otta. Flomløp vil gro helt igjen og elveløpet vil bli smalere. Noe sand vil sedimentere i sideløpene selv om tilførselen av sedimenter er avhengig av størrelsen på vannføringen og derfor vil sedimenttransporten reduseres.

Kanterosjon/skråningserosjon langs elveløpet vil trolig også reduseres når vannføringen reduseres slik at det blir mindre tilførsel av sedimenter. Noe kommer inn med sidebekker. Men disse bekkene er overveiende små og vil bare bidra med sedimenttilførsel av noe betydning under flommer. Ved svært mye nedbør/snøsmelting vil sedimenter tilføres til elva. Fig. 2.4 viser at det har forekommet løsmasseskred i området langs nedre Otta.

Redusert mobilitet av sedimentpartikler medfører redusert sedimenttransport på den berørte strekningen. Finere partikler enn tidligere sedimenterer. Ved reguleringer andre steder i landet er det registrert at dette kan føre til sementering og gjenkitting av substratet i elveløpet (Olsen og Elster, 1997). Det kan også oppstå problemer med begroing både langs elveløpet, på banker og på grunne områder i selve elveløpet, fortrinnsvis der det er rolige strømningsforhold.

3.2.1 0-alternativet

Det er stedvis store morene og glasifluviale sedimentavsetninger langs elveløpet. Tilløpsbekker bidrar med sedimenter til Otta, men trolig kommer det største bidraget til sedimenttransporten i elva ved skrånings- og elveløpserosjon.

Noen steder er elvekantene forbygd, men stedvis forekommer det skråninger med tydelig erosjon.

Bankene har trolig blitt mer og mer stabile etter at øvre del av Ottas nedbørfelt er blitt regulert pga reguleringenes flomdempende effekt. Sikring av elvekantene har trolig også bidratt til en reduksjon av sedimenttransporten.

3.2.2 Alternativ Åsåren

Redusert mobilitet av sedimentpartikler medfører redusert sedimenttransport på strekningen med redusert vannføring. Dette kan føre til at mer finfordelte partikler sedimenterer i elveløpet. Erfaringer fra andre reguleringer har vist at dette kan føre til sementering og gjenkitting av substratet i elveløpet. Det er også begroing både langs elveløp, på banker og på grunne områder i selve elveløpet, fortrinnsvis der det er rolige strømningsforhold.

Ved Veggem vil flomløp trolig gro helt igjen, og elveløpet vil bli smalere. Dette vil i så tilfelle påvirke strekningens egnethet som habitat for fisk og andre vannlevende organismer. Kanterosjon/skråningserosjon langs elveløpet vil trolig reduseres slik at det blir mindre tilførsel av sedimenter. Noe kommer inn med sidebekker, men disse bekkene er overveiende små og vil bare ha stor sedimenttransport under flommer. Der bekkene munner ut i Otta, er det dannet bekkevifter. Under dagens forhold er disse små (fig. 3.3). Ved svært mye nedbør/snøsmelting vil sedimenter tilføres til elva.

Vesentlige deler av bankene i Otta ved Veggem er dekket med vegetasjon og er delvis oppdyrket (fig. 3.4). En stabilisering av bankesystemene som følge av reguleringene de siste 60-70 årene er trolig medvirkende årsak til dette. En ytterligere reduksjon av vannføringen vil trolig eliminere elveløpene på sørsiden av bankene, muligens unntatt ved store flommer. Reduserte vannføringer som følge av utbygging vil føre til en vesentlig kortere periode med bunntransport. Tabell 1 viser beregnet kritisk vannføring ved Veggem. Resultatene viser at det under dagens forhold er mulig med en viss bunntransport nesten hele året. Tilgjengeligheten av sedimenter er begrensende faktor. Etter Nedre Otta-utbyggingen vil det bare være bunntransport en relativt kort periode om sommeren og i perioder med høye restvannføringer.

Åsåren alternativet tilbakefører driftsvannet ved Åsåren i Ottaleva. Nedstrøms Åsåren vil derfor vannføringen være relativt lik som under dagens forhold. Redusert vannføring mellom Eidefossen og Åsåren vil sannsynligvis føre til redusert tilførsel av sedimenter til

elvestrekningen nedstrøms Åsåren. Dette kan øke erosjonsbelastningen i nedre deler av Ottavassdraget og ved Ottas samløp med Lågen. Det er tidligere registrert en senkning av elveløpet i Otta fra Dale og et stykke nedover (Høydal, 2000). Denne senkningen kan forsterkes som følge av Åsåren-alternativet. Dette vil imidlertid være avhengig av bunnforholdene på stedet. Det er sannsynlig at det etableres et dekksjikt av grov stein som stabiliserer elveløpet. Under befaringen var det for høy vannstand til å få en god oversikt over bunnforholdene.

Fig. 3.3. Veggemsåis vifte i Otta

Fig. 3.4. Flybilde av Otta ved Veggem (ref: norgeibilder.no)

3.2.3 Alternativ Pillarguri

Hele sterkningen fra Eidefossen kraftverk i Otta til utløpet i Lågen ved Einangen, vil få redusert vannføring og redusert sedimenttransport. De effektene som er omtalt i Åsåren-alternativet vil påvirke hele strekningen med redusert vannføring. Dette innebærer en ytterligere stabilisering av bankene i Otta og Lågen fra inntak til utløp av kraftverket nedstrøms Otta sentrum.

Det vil bli vesentlig mindre sedimenttilførsel fra Otta ved begge alternativene. Vannføringen og sedimenttilførselen fra Otta til Lågen blir vesentlig redusert. Det vil også bli mindre blakket vann i ved samløpet med Lågen, ved Pillarguri-alternativet. Ved Otta sentrum kan man tydelig se hvordan vannet fra Ottaelva som er blakket av finkornete brepartikler, blandes med vannet fra Lågen som ikke er brepåvirket.

Alternativ Pillarguri vil kunne redusere faren for oversvømmelse ved flom og erosjon/sedimentasjon i forbindelse med dette i nedre del av Otta og ved samløpet med Lågen.

Bankene nedstrøms Otta sentrum vil bli mer stabile, spesielt på vestsiden. Flomløpene på denne siden vil antagelig gro delvis igjen på grunn av lavere flomvannføringer og generelt lavere vannføring. Bankene er dannet under en periode med langt høyere erosjonsintensitet. Det var mer aktive sedimentkilder før vassdraget ble påvirket av menneskelige inngrep.

Det vil bli lite ny tilførsel av grovt materiale fra Ottaelva. Dette kan medføre økt erosjon nedstrøms utløpsområdet fra kraftverket. Spesielt der utløpsvannet kommer ut vil det være mulighet for økt erosjon, men også et godt stykke nedstrøms vil det kunne bli økt erosjon. Det kan forekomme erosjon i elvekanter og banker og det vil også kunne bli økt erosjonsbelastning på bunnsedimentene. Vannføringen vil forbli like stor som før på denne strekningen, men sedimenttransporten vil være mindre. En forflytning av tunnelutløpet nedstrøms bankeområdet reduserer sannsynligvis omfanget av erosjon på bankesystemet.

4 Konklusjon

Konsekvensene av de forskjellige utbyggingsalternativene kan oppsummeres som:

0-alternativet - Ingen endringer fra dagens situasjon.
Vannføring og sedimenttransport på hele strekningen nedstrøms kraftverket er påvirket av tidligere iverksatte reguleringer høyere oppe i vassdraget.

Åsåren-alternativet - Redusert vannføring fra Eidefoss kraftverk til Åsåren.
Dette medfører mindre sedimenttilførsel og sedimenttransport på strekningen. Strømhastigheten vil reduseres og elvekanter og banker/øyer blir mer stabile. Det forventes mer sedimentasjon av finmateriale (silt og finsand) i elveløpet. Flomløp vil for en stor del gro igjen. Det kan være en mulighet for at det oppstår noe erosjon nedstrøms kraftverksutløpet. Det kan bli mindre sedimenttilførsel til elvevifta ved Otta sentrum og til vifteslepet ved Einangen.

Pillarguri-alternativet - Redusert vannføring fra Eidefoss kraftverk til Einangen i Lågen.
Det vil bli mindre sedimenttilførsel og sedimenttransport på denne strekningen. Elvekanter og banker/øyer vil bli mer stabile, både i Otta og i Lågen nedstrøms samløpet. Ved dette alternativet forventes det også mer sedimentasjon i elveløpet av finmateriale (silt og finsand). Flomløp vil kunne gro igjen. Det vil bli redusert flomhyppighet og mindre erosjon i Ottaområdet (dvs på Ottas vifte). Det vil imidlertid være mulighet for erosjon ved og nedstrøms utløpet fra kraftverket.

Virkningen av de to alternativene blir relativt like, men ved Pillarguri-alternativet påvirkes en lengre elvestrekning slik at bunnsubstratet endres. Dette kan påvirke vannlevende organismers levevilkår. Konsekvensene fremstår derfor som mer omfattende enn ved Åsåren-alternativet.

5 Referanser

Bathurst, J. C., 1987: Measuring and modelling bed load transport in channels with coarse bed materials. In: Richards, K.S., editor, River channels: environment and processes.

Bogen, J., Bønsnes, T.E., Elster, M., og Olsen, H.C., 2009: Faktorer som har betydning for sandflukt i Vestre Vågåvatn. NVE Oppdrags rapport A nr 7-2009. 36s.

Bogen, J., Bønsnes T. E., og Benjaminsen H., 1997: Suldalslågen sedimentkilder og sedimenttransport. NVE Rapport nr 20/97. 69s.

Bogen, J., Berg, H., og Sandersen, F., 1993: Forurensning som følge av leirerosjonsforebyggende tiltak. NVE publikasjon nr 21. 86s

Bogen, J., og Sandersen, F., 1991: Sedimentkilder. Erosjonsprosesser og sedimenttransport i Leira – vassdraget på Romerike. NVE publikasjon nr 20. 126s.

Colleuille, H., 2005: Tiltaksvurdering mot oversvømmelser i Otta sentrum. Analyse av grunnvannsforholdene ved hjelp av modellverktøy. NVE Rapport nr 12/2005. 45s.

Fjelstad, K., og Gautun, G., 2009: Vannlinjeberegninger i Nedre del av Otta. Oppdragsrapport. Hydroteam AS.

Fremstad, E., 1997: Vegetasjonstyper i Norge. - NINA Temahefte 12: 1-279.

Furseth, A., 2006: Skredulykker i Norge. Tun Forlag.

Høydal, Ø. A., 2000: Flomsonekart. Delprosjekt Otta. Nr 5/2000. 26s.

Oki, K., Awadu, T., Oguma, H., and Omasa, K., 2004: Spatial assessment of the Alder Tree in Kushiro Mire, Japan using remotely sensed imagery – Effects of the surrounding land use on Kushiro Mire. Environmental Monitoring and Assessment. 109 (1-3).

Olsen, H.C. og Elster M.C., 1997: Sedimentundersøkelser i Mandalsvassdraget (vassdragsnr. 022) 1993-1995. NVE Rapport nr 10/97. 52s.

Sandersen, F., 1988: Faktorer som har betydning for utløsning og rekkevidde av flomskred og mulige sikringsmetoder. NGI Rapport 58300-8. 50s.

Schoklitsch, A., 1962: Handbuch des Wasserbaues. 3rd edn., Springer-Verlag, Vienna

Wolman, M.G., 1954: A method of sampling coarse river-bed material: Transactions of the American Geophysical Union (EOS), v. 35, pp. 951-956.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2010

Nr. 1 Margrethe Cecilie Elster, Patricia Dawn Kennie: Nedre Otta kraftverk
- Konsekvenser av utbyggingsplanene - erosjon og sedimenttransport (32 s.)

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen,
0301 Oslo

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