

Bioforsk Rapport

Vol. 9 Nr. 179 2014

Vurdering av kantsoner langs Lierelva oppstrøms Bjørkelangen (Vannområde Haldenvassdraget)

Resultater fra undersøkelser i 2014

Eva Skarbøvik og Anne-Grete Buseth Blankenberg.

Bioforsk Jord og miljø



Forsidefoto: Erosjonskant etter trefelling, Lierelva. Foto: Eva Skarbøvik

Tittel: Vurdering av kantsoner langs Lierelva oppstrøms Bjørkelangen (Vannområde Haldenvassdraget). Resultater fra undersøkelser i 2014
Forfattere: Eva Skarbøvik og Anne-Grete Buseth Blankenberg

Dato: Desember 2014	Tilgjengelighet: Åpen	Prosjekt nr.: 8602	Saksnr.:
Rapport nr./Report No.: Vol. 9, nr. 179	ISBN-nr./ISBN-no: 978-82-17-01377-8	Antall sider: 34	Antall vedlegg: 3

Oppdragsgiver: Vannområdeutvalget Haldenvassdraget; delfinansiert gjennom LMD/Bioforsk via SIS-prosjektet Catchy	Kontaktperson: Finn Grimsrud
--	--

Stikkord/Keywords: Kanterosjon elv, buffersone, jordbruk, næringsstoff Streambank erosion, buffer zones, agriculture, nutrients	Fagområde/Field of work: Miljøforskning Environmental research
--	---

Sammendrag: Undersøkelser av kantsoner er utført i en elvestrekning i øvre deler av Haldenvassdraget oppstrøms Bjørkelangen, i perioden 2012 - 2014. Resultater fra 2012-2013 er rapportert tidligere og inneværende rapport gir derfor resultater fra undersøkelser i 2014. Det ble gjennomført en spørreundersøkelse om kantsoner blant grunneiere, og infiltrasjonsmålinger er utført på åker, i buffersoner og i naturlig vegetasjon. I tillegg er resultater fra utsetting av erosjonsspinner beskrevet, og sediment- og fosfortap beregnet.

Summary: Investigations of streambank erosion and infiltration rates in buffer zones have been carried out in the upper reaches of the Haldenvassdraget catchment, south-eastern Norway. The farmers' use and maintenance of buffer zones have been investigated through a questionnaire. Infiltration rates in grass-covered buffer zones, cereal fields and natural vegetation have been measured. Erosion pins have been used to assess streambank erosion rates.
--

Fylke: Østfold	Lokalitet: Haldenvassdraget
-----------------------	------------------------------------

Godkjent

Prosjektleder



Per Stålnacke
Forskningsleder



Eva Skarbøvik
Prosjektleder

Forord

Bioforsk og Vannområdeutvalget Haldenvassdraget signerte i 2014 en kontrakt om «Vurdering av kanterosjon og vegetasjonssoner». Oppdraget er blitt finansiert gjennom midler fra Miljødirektoratet.

Oppdraget er en videreføring av undersøkelser utført i 2013 og rapportert i Skarbøvik og Blankenberg (2013), og har dette året omfattet følgende aktiviteter:

- Undersøkelser av infiltrasjonshastighet i buffersoner og på åker.
- Spørreundersøkelse blant bønder og grunneiere om hvordan buffersonene skjøttes.
- Tolking av data fra erosjonsspinner langs elvestrekningen, samt turbiditetssensor utplassert ved Lier gård.

Rapporten inneholder resultatene fra disse undersøkelsene, sett i lys av resultatene fra tidligere år.

Prosjektet har vært ledet av Eva Skarbøvik, med Anne-Grete Buseth Blankenberg som hovedansvarlig for tema buffersoner. Heidi Grønsten hadde ansvaret for spørreundersøkelsen. Feltundersøkelser er utførte av Anne-Grete Buseth Blankenberg, Rikard Pedersen, Inga Greipsland, Kamilla Skaalsveen og Eva Skarbøvik. Geir Tveiti har hatt ansvaret for turbiditets-sensoren ved Lier gård. Alle foto i denne rapporten er tatt av Bioforsk.

Kvalitetssikring er utført av Per Stålnacke.

En stor takk rettes til grunneiere og jordbrukere i nedbørfeltet for deres vilje til samarbeid og å delta i spørreundersøkelsen.

Forskning for å få bedre forståelse for prosesser i naturen kan være tidkrevende, og utbyttet kan være usikkert. Oppdragsgiver Finn Grimsrud ved Områdeutvalget Haldenvassdraget takkes for utvist forståelse for dette og for godt samarbeid.

Ås desember 2014



*Eva Skarbøvik
Prosjektleder*

Innhold

Sammendrag.....	7
1. Innledning.....	9
1.1 Hensikten med prosjektet.....	9
1.2 Feltområde	10
1.3 Nye definisjoner av vegetasjonsdekke langs vassdrag	11
1.4 Prosesser i buffersoner	12
2. Metodikk	13
2.1 Turbiditetsmålinger	13
2.2 Kanterosjon målt ved erosjonspinner	13
2.3 Infiltrasjonsmålinger i kantsonene til Lierelva.....	14
2.4 Spørreundersøkelse	17
3. Resultater og diskusjon	18
3.1 Turbiditetsmålinger	18
3.2 Kanterosjon	19
3.2.1 Sediment og fosfor tappt ved undersøkte lokaliteter.....	19
3.2.2 Grovt anslag over tap av sediment og fosfor ved kanterosjon	23
3.3 Infiltrasjonsmålinger	26
3.4 Jordfuktighet	28
3.5 Spørreundersøkelse om buffersoner.....	29
3.5.1 Buffersoner hos de syv grunneierne som besvarte skjemaet.....	29
3.5.2 Gjødsling, sprøyting og jordarbeiding i de grasdekte buffersonene.....	30
3.5.3 Innhøsting	30
3.5.4 Bruk av sonene til kjøring og andre formål	30
4. Konklusjoner	31
4.1 Kanterosjon	31
4.2 Infiltrasjonsskapasitet i grasdekte buffersoner.....	31
5. Referanser.....	34
Vedlegg	35
Vedlegg 1. Spørreskjema	35
Vedlegg 2. Skjema for infiltrasjonsmålinger.....	37
Vedlegg 3. Detaljert tabell, erosjonspinner.	39

Sammendrag

Hensikten med prosjektet har vært å øke kunnskapen om betydningen av kanterosjon og grasdekte buffersoner for tilførsler av sediment og fosfor til vassdrag. Undersøkelser har pågått i 2,5 år (2012-2014), i en strekning av Haldenvassdraget oppstrøms Bjørkelangen (mellom Lierfossen og Lier gård). Resultatene fra 2012-2013 ble rapportert i Skarbøvik og Blankenberg (2013). I inneværende rapport presenteres resultater fra undersøkelser gjennomført i 2014. Disse har bestått i oppfølging av erosjonsspinner som ble satt ut i 2012-2013; beregning av erosjonsrater; en spørreundersøkelse blant grunneiere om grasdekte buffersoner; og gjennomføring av infiltrasjonstester.

Det pågår aktiv erosjon langs kantene av denne elvestrekningen. I de to lokalitetene med størst erosjon raste det ut hhv. ca. 1,6 -3 tonn sediment og ca. 1-2 kg fosfor per lengdemeter elvebredd og år. Disse to lokalitetene var imidlertid noe spesielle siden det i den ene var et utløpsrør fra vei som økte erosjonen, mens i den andre hadde det blitt hugd ned trær langs med elva. I sistnevnte lokalitet er det sannsynlig at nedhugging av trærne var en viktig årsak til den store erosjonen, både pga. belastning langs elvekanten under huggingen og fordi røttene evne til å armere ble svekket. Det ble riktignok registrert erosjon i lokaliteter med trær og busker, men da i mindre grad (fra null til ca. 100 kg sediment og ca. 70 gram fosfor per lengdemeter og år). Det er forbundet med stor usikkerhet å generalisere erosjonen i de målte lokalitetene til hele elvestrekningen, men et anslag er utført, og dette antyder at kanterosjonen utgjør mellom 10-40 % av sedimenttransporten, og 5-15 % av fosfortransporten i elva. Kanterosjon er en naturlig prosess, men den kan aksellerere som følge av at det felles trær langs med elva, eller av at det kjøres med tunge maskiner langs elvekantene.

Et spørreskjema ble sendt ut til i alt elleve grunneiere og besvart av syv, hvorav fem hadde grasdekt buffersone som tiltak. Det var ulikt syn blant respondentene om tiltakets effekt og hensiktsmessighet. Infiltrasjonstestene viste at det generelt var store variasjoner i hver av de tre undersøkte typene vegetasjonsdekke (naturlig, grasproduksjon og åker). I gjennomsnitt var infiltrasjonskapasiteten i de undersøkte lokalitetene *lavere* i grasdekte buffersoner enn på åkeren. Årsaken til dette er usikker, men kan være forbundet med hyppigere kjøring på disse arealene enn på åkeren, bl.a. fordi de gjerne høstes to ganger, med tilhørende bortkjøring av fôret. Buffersonene kan dessuten brukes som transportetappe ved arbeid på åkeren, men kun én av de spurte i spørreundersøkelsen oppga at dette var tilfelle. En annen mulig forklaring kan være at infiltrasjonskapasiteten på åkeren økes som følge av jordarbeiding. Arealer med naturlig vegetasjon hadde den beste infiltrasjonskapasiteten. Dette skyldes høyst sannsynlig at rotsystemet til permanent vegetasjon har sørget for en god jordstruktur, og at disse arealene ikke får pakkeskader som følge av tunge jordbruksmaskiner. En medvirkende årsak kan være at disse arealene lå tett inntil elva og hadde sprekkesystemer ned mot elva.

Til tross for at undersøkelsene viser at det er dårligere infiltrasjonskapasitet i grasdekte buffersoner enn på åkeren, kan sonene fremdeles ha en effekt, særlig når åkeren er uten vegetasjon og det oppstår overflateavrenning. Graset vil da redusere vannhastigheten til overflateavrenning fra åkeren, og jord og næringsstoffer kan sedimentere, infiltrere og renses i sonen. Det er likevel grunn til å se nærmere på hvordan kantsoner langs vassdrag kan utformes slik at de best mulig beskytter mot tap av jord, næringsstoffer og annen forurensing til vassdrag.

1. Innledning

1.1 Hensikten med prosjektet

Prosjektet har hatt som mål å *øke kunnskapsgrunnlaget* om betydningen av kanterosjon og grasdekte buffersoner for tilførsler av sediment og fosfor til Lierelva.

I forrige rapport (Skarbøvik og Blankenberg, 2013) ble det rapportert om resultater fra de to første årene (2012 og 2013), og her ble det blant annet konkludert med at:

- Det pågår aktiv kanterosjon langs den undersøkte strekningen av Lierelva, og det er flere steder registrert utglidinger av jord mot elva.
- Kantmaterialet er rikt på fosfor, og kanterosjonen bidrar derfor både med jord og fosfor til vannforekomsten.
- Infiltrasjon av vann ned i bakken i buffersonene var dårligere enn forventet, sett i forhold til tilsvarende infiltrasjonsskapasitet i åker, og da særlig åker i stubb.
- Fjerning av trær, anleggsarbeid og kjøring med tunge maskiner nært kantene kan redusere infiltrasjonsskapasiteten og øke erosjonen.

Basert på disse funnene ble det avtalt at tilgjengelige midler på prosjektet i 2014 skulle benyttes til følgende oppgaver:

- Oppfølging av erosjonsspiker utsatt i 2012-2013, og av turbiditetssensor utplassert ved Lier gård.
- Flere undersøkelser av infiltrasjonshastighet i buffersoner.
- Spørreundersøkelse blant bønder og grunneiere om hvordan de grasdekte buffersonene skjøttes.

Fjorårets rapport (Skarbøvik og Blankenberg, 2013) ligger til grunn for denne rapporten, men for at årets rapport skal kunne leses uavhengig av den forrige er noe av informasjonen gjentatt her. Videre er det i oppsummeringen tatt inn erfaringer og resultater som ble rapportert i fjor, slik at denne rapporten oppsummerer de samlede erfaringene av hele undersøkelsen. Imidlertid er ikke litteraturgjennomgangen og teorien i innledningen av forrige rapport gjentatt her. Et unntak er for definisjoner av buffersoner, fordi det siden forrige rapport er blitt utarbeidet nye definisjoner. Vi har valgt å ta inn et kort avsnitt om disse i kapittel 1.3.

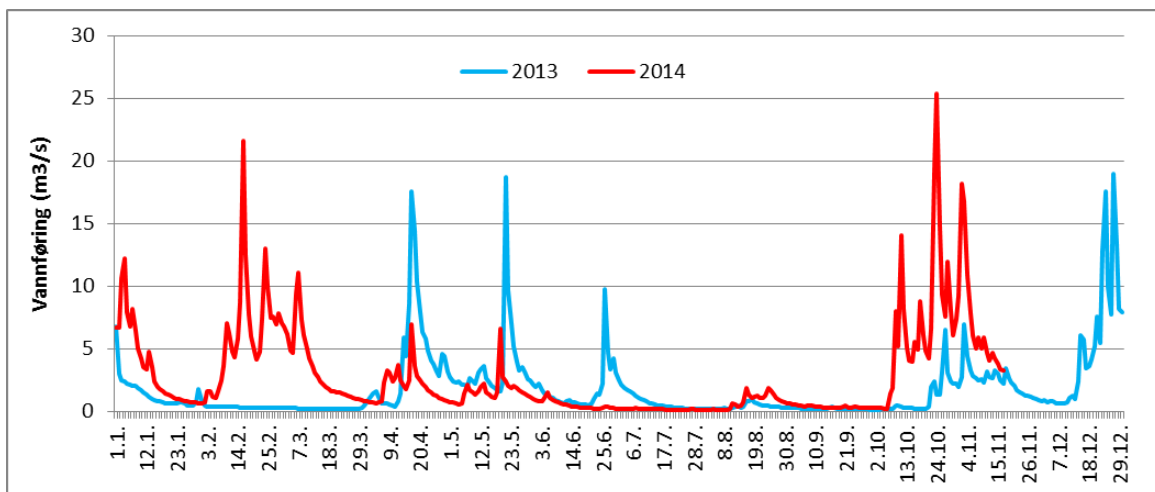
1.2 Feltområde

Feltområdet er Lierelva oppstrøms Bjørkelangen. Det meste av arbeidet er utført i strekningen mellom Lierfossen i vest, og til litt nedstrøms Lier gård i øst, se figur 1.



Figur 1. Kart over feltområdet.

Figur 2 viser vannføringen i Lierelva ved Lierfossen i 2014. Elva er karakterisert av store og raske vannføringssendringer, med variasjoner fra $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ til ca. $25 \text{ m}^3/\text{s}$ i de årene som hittil er målt, med høyeste vannføring i 2014 (basert på data fra NVEs stasjon VM 1.200.0.1001.1). Nedbørfeltet oppstrøms Lierfossen er på omlag 130 km^2 , hvorav ca. 15 % er jordbruksjord (Greipsland og Bechmann, 2013).



Figur 2. Vannføring (m^3/s) ved Lierfoss (NVEs VM 1.200.0.1001.1) i 2013 og 2014 (tom. 18.11).

1.3 Nye definisjoner av vegetasjonsdekke langs vassdrag

Et tett vegetasjonsdekke binder jorda og reduserer erosjon og overflateavrenning. Etablering av ulike typer vegetasjonsdekke kan derfor være et effektivt tiltak for å redusere tilførsler av fosfor til vannforekomster. Vannressurslovens §11 setter krav om at det opprettholdes et begrenset areal med naturlig vegetasjon langs alle vassdrag med årssikker vannføring. Det har tidligere vært flere begrep som brukes på samme type og ulike typer «vegetasjonssoner», og for å rydde opp i begrepsbruk og forståelsen av de ulike begrepene ble det i første del av 2014 utgitt et tema-ark «Vegetasjonsdekke som tiltak mot tap av jord og fosfor». Dette beskriver de ulike tiltakene, virkemåte og effekt, og er å finne på «Tiltaksveileder for landbruket» på Bioforsk sine nettsider: <http://www.bioforsk.no/tiltak>.

Tiltakene som beskrives i tema-arket omhandler vegetasjon som kommer i tillegg til det lovpålagte arealet. Disse tiltakene kan ha flere funksjoner, men i infoarket er det satt fokus på tiltakenes evne til å rense overflateavrenning, hindre erosjon i vannførende forsengkninger, samt å begrense faren for kanterosjon langs vassdrag. I tema-arket blir tiltakene delt inn i «vegetasjonsdekke langs vassdrag», og «vegetasjonsdekke inne på jorden». I denne sammenheng er det tiltak langs vassdrag som er aktuelt, og tre varianter av dette tiltaket finnes, jf. tabell 1.

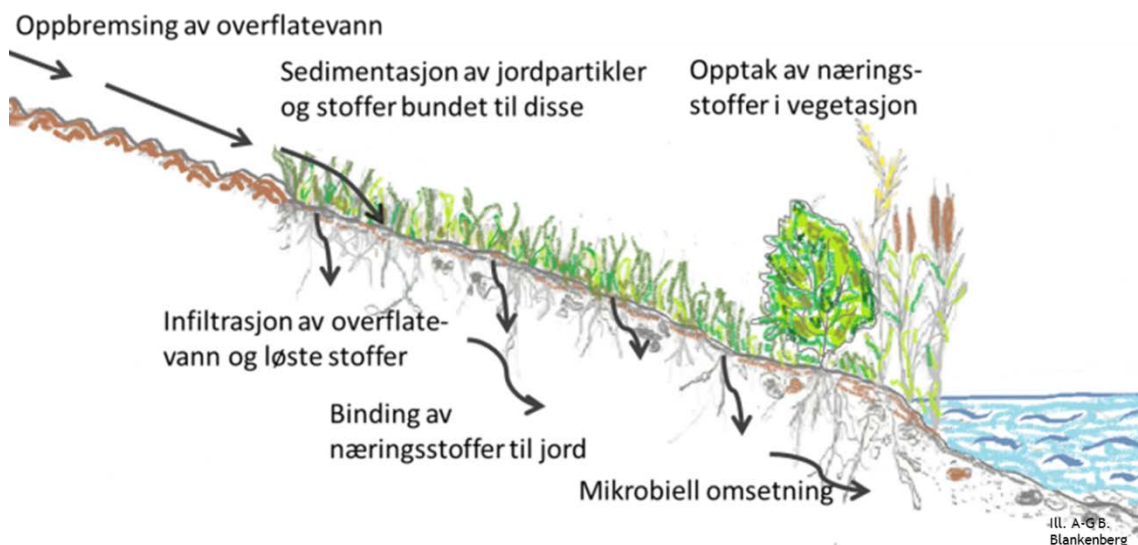
I vegetasjonsdekke langs vassdrag skal det normalt ikke gjødsles, sprøytes eller jorðarbeides. I noen områder er det imidlertid gitt dispensasjon for en forsiktig N-gjødsling i graskledde bufferzoner og ugjødslede randzoner for å opprettholde et rikt plantedekke.

Tabell 1. Oversikt over tre typer bufferzoner langs vassdrag.

Naturlig bufferzoner: Tiltaket etableres ved at arealer langs vassdrag fristilles til naturlig vegetasjon. I tillegg til gras og busker kan det med fordel inngå lysåpne løvtrær med stort vann- og næringsopptak (vier, selje, osp og or). Trærne må imidlertid skjøttes, så en unngår tre-velt og utrasing av jordmasser i vassdraget. I den undersøkte strekningen av Lierelva finnes slike soner stort sett som svært smale områder tett inntil elvekantene.	 Foto: A-G.B.Blankenbergh
Grasdekt bufferzoner: En grasdekt bufferzoner er et anlagt belte av gras mellom dyrket åker og vassdrag, med hovedfunksjon å filtrere og rense overflateavrenning, samt unngå fullgjødsling nær vannforekomsten. Tiltaket er spesielt aktuelt der jorden i perioder av året ikke er vegetasjonsdekket, som områder med korn-, potet- eller grønnsaks-produksjon.	 Foto: A-G.B.Blankenbergh
Ugjødslet randzoner i eng eller beitemark: I landbruksområder med grasproduksjon kan det anlegges et belte med ugjødslet areal langs vannforekomstene. Denne typen er mindre vanlig på Østlandet, men mer vanlig f.eks. på Jæren.	 Foto: N. Dimby

1.4 Prosesser i buffersoner

Vegetasjonsdekke langs vassdrag har flere essensielle funksjoner med hensyn til retensjon av partikler, næringsstoffene nitrogen (N) og fosfor (P), pesticider og patogene organismer. Sonen er buffer mellom vannresipienten og diffus avrenning fra nedbørfeltet, hvor overflatevann og grunnvann enten passerer over, eller gjennom sonen. Hvilke renseprosesser som er aktive avhenger av hvilke stoffer som fjernes og om transporten av næringsstoffene/forurensningen skjer via overflateavrenning eller ved strømning i jord. I denne rapporten fokuseres det på retensjon av P og dermed også sedimenter, siden det meste av P forekommer i partikkelbundet form. Figur 3 viser en prinsippskisse med de viktigste renseprosessene i en sone med vegetasjonsdekke.



Figur 3. Prinsippskisse av prosesser som skjer når overflatevann renner inn i og passerer en sone med vegetasjonsdekke.

Effekten av grasdekke buffersoner avhenger av faktorer som bredde på sonene, helling i sonene og bakenforliggende jordbruksjord, størrelse på nedbørfelt, jordtype, klimatiske forhold og type vegetasjon, og effekten vil være større om sonen er etablert i et område med stor erosjonsrisiko. Som det går frem av figur 3 er det av stor betydning at det er gode infiltrasjonsmuligheter i sonen for at renseprosessene skal fungere optimalt. Det er derfor viktig å kartlegge brukspraksis og infiltrasjonsskapasitet i buffersonene.

Med hensyn til redusert forurensing er det flere fordeler med å ha kantvegetasjon langs vannresipienter. Som beskrevet skal vegetasjon langs vassdrag normalt ikke gjødsles, og den bufferavstanden som sonen gir vil redusere faren for vinddrift av næringsstoffer og pesticider direkte til vassdraget. Redusert gjødsling over tid vil sannsynligvis også medføre et lavere fosforinnhold i jorda nær vannresipienten i forhold til tilhørende jordbruksjord, og utlekking av fosfor vil dermed også reduseres. Ved å unngå å kjøre tunge maskiner helt ut til vassdraget hindres pakking av jorda og det legges til rette for utvikling av en god rotstruktur. Dette er faktorer som øker infiltrasjon av overflatevann i sonen, og stimulerer til økt retensjon av næringsstoffer og andre evt. andre forurensningskomponenter gjennom jordprofilen. Ved å unngå jordarbeiding helt ned til vannresipienten, reduseres også faren for utrasing av bekkanten som følge av trykkbelastning fra tunge jordbruksmaskiner.

2. Metodikk

2.1 Turbiditetsmålinger

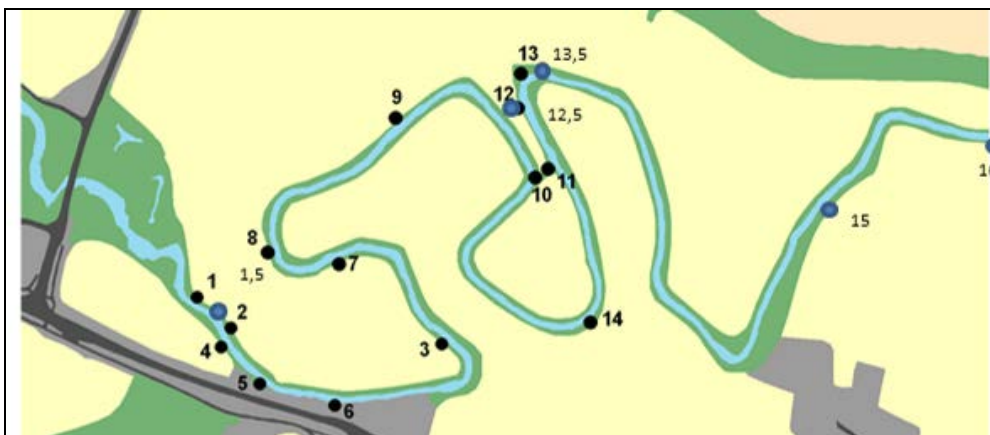
Turbiditet måles som NTU (Nephelometric Turbidity Unit) og kan særlig i leirevassdrag brukes som et mål på sedimenttransport (f.eks. Skarbøvik og Roseth, 2014). Fordelen med turbiditetssensorer er at de kan måle hyppig, slik at variasjoner over tid i sedimenttransporten kan registreres. Hensikten med å installere en sensor i denne elva var å kunne vurdere hvordan suspendert materiale varierer med vannføring i elva, for evt. å kunne se om dette kunne relateres til erosjonsprosesser i vassdraget.

I september 2013 ble det installert en turbiditetsmåler i Lierelva ved Lier gård. Denne hadde rekkevidde opp til ca. 1000 NTU. Sensor og logger ble tatt inn i slutten av november 2013 ettersom is og isgang kan ødelegge sensoren. En ny sensor ble plassert ut i 5. mai 2014 og har vært operativ til slutten av november 2014. Sensoren som ble plassert ut i 2014 hadde rekkevidde opp til ca. 3000 NTU, siden erfaring i andre leirevassdrag har vist at turbiditeten kan stige godt over 1000 NTU.

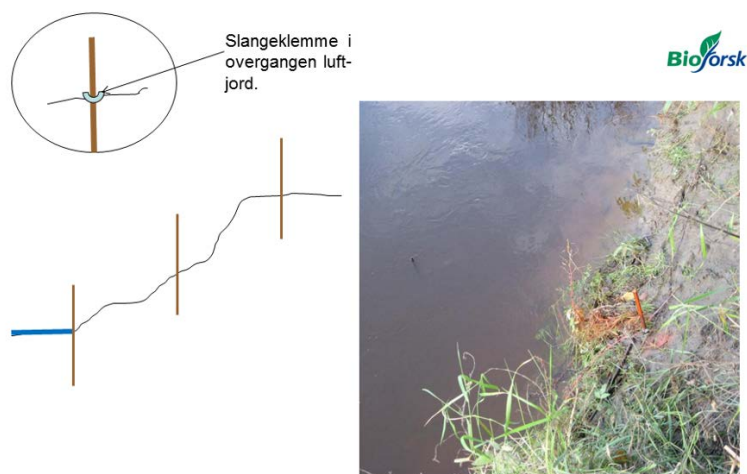
2.2 Kanterrosjon målt ved erosjonspinner

Erosjonspinner er en enkel og derfor mye brukt metode (f.eks. Bartley et al. 2006, Laubel et al. 1999, Lawler 1993). Dette er staver som dyttes eller bankes inn i elvebredden, og med en slangeklemme eller lignende som markerer overgangen mellom jord og luft/vann idet de settes ned. Dermed kan man måle erosjonen fra pinnene settes ned til neste gang man oppsøker dem. Lengden på pinnene bør være minst 80 cm (Hooke, 1979), selv om pinner på 1 meter også kan bli borte ved større utglidinger av elvebreddene.

Det er i perioden 2012-2013 satt ned over 30 erosjonspinner i Lierelva mellom Lierfossen og Lier gård (figur 4). Pinnene er laget av stål og er ca. 1 meter lange, skissen i figur 5 viser hvordan de er satt ned, med en klemme for å markere overgangen jord-luft da de ble satt ned.



Figur 4. Kart over lokaliteter for erosjonspinner.

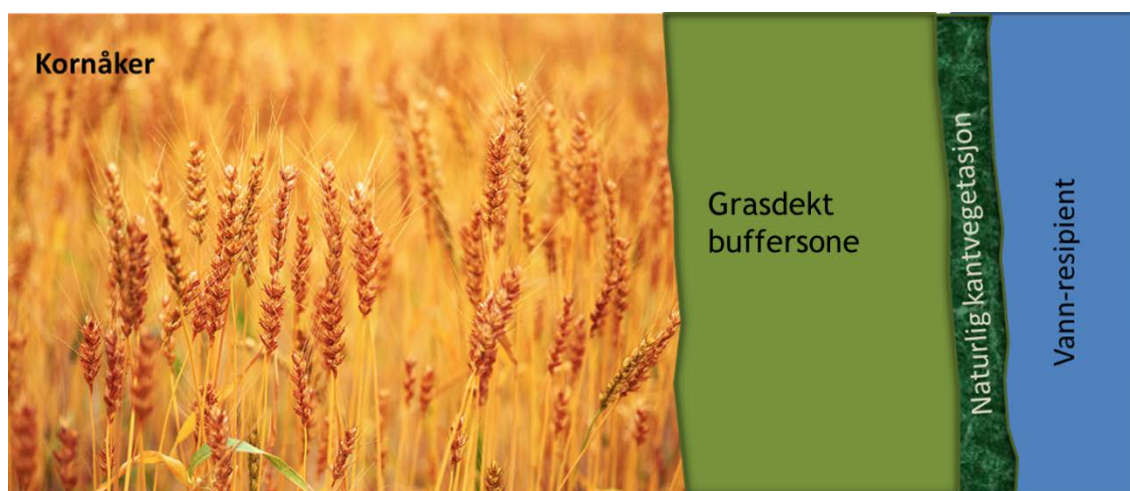


Figur 5. Prinsippskisse av nedsetting av erosjonsspinner. Pinnene ble satt i vannkanten (det var relativt lav vannføring de dagene pinnene ble satt ned), midtveis i skråningen og et lite stykke inn fra kanten. Bildet til høyre viser en erosjonspinne i vannkanten (pinne er malt med oransje maling).

Vedlegg 3 viser plassering, når pinnene ble satt ned, og forløp i detalj.

2.3 Infiltrasjonsmålinger i kantsonene til Lierelva

Infiltrasjonsmålinger gir informasjon om hvor raskt vannet infiltrerer i jord. Høy infiltrasjonskapasitet gir redusert fare for overflateavrenning. Infiltrasjonstester ble gjennomført i naturlig kantvegetasjon, i grasdekte buffersoner og i kornåker (se illustrasjonsskissen i figur 6).



Figur 6. Prinsippskisse av grasdekt buffersone mellom jordbruksareal med kornåker og vannresipient.

Figur 7 viser lokaliteten hvor infiltrasjonstestene ble gjennomført i tre transekter. Infiltrasjonstester tar tid å gjennomføre, og alle transektene kunne derfor ikke bli tatt på en og samme dag. Tester ble gjennomført i mai og oktober 2014, som vist i tabell 2.

Tabell 2. Oversikt over dato for infiltrasjonstester i 2014.

Beskrivelse av lokalitetene	Transekt 1	Transekt 2	Transekt 3
Naturlig buffersone langs elva, grasdekt buffersone og spirende åker	15. mai	15. og 23. mai	23. mai
Grasdekt buffersone og åker i stubb	6. oktober	2. og 6. oktober	-



Figur 7. Lokalitet hvor infiltrasjonstester ble gjennomført i 2014. Testene ble gjennomførte i åker, grasdekt buffersone og i naturlig vegetasjon mot elva (sistnevnte kun i mai).

Det ble det benyttet dobbel-ring infiltrometer til testene. Infiltrometertestene ble gjennomført ved at ringene ble banket ned i bakken som vist i figur 8. Ringene ble banket 6-10 cm ned, slik at det ble tett rundt ringene og vann ikke kunne lekke ut. I forkant av at ringene ble banket ned i bakken ble vegetasjonen klippet ned uten å forstyrre røttene, og det ble skåret forsiktig med kniv i jordprofilen der ringene skulle settes ned for å unngå å forstyrre jorda for mye.

Den ytre ringen skal sikre at vannstrømningen i den indre ringen skjer vertikalt. Begge sylindere ble forsiktig fylt opp med vann samtidig, slik at vannivået var likt i de to sylindrene. Ved målingens start ble vannivået justert til et bestemt nivå, X, som ble lest av på en linjal som var festet på innsiden av den innerste ringen. Dette punktet var likt ved alle avlesninger,

dvs. at infiltrasjonshastigheten av den samme vannsøylen ble målt i alle forsøk. Deretter ble stoppeklokka startet, og starttidspunkt (T1) ble notert. Videre ble tida det tok for at vannet i den innerste ringen sank med en cm registrert. Deretter ble vannet igjen fylt opp til 'nivå X' i begge sylindre, og prosedyren ble gjentatt.

Målingene ble gjennomført frem til det ble oppnådd en tilnærmet stabil synkehastighet, og dette antas å være oppnådd når de tre sist målte synkehastighetene var tilnærmet like. Denne synkehastigheten tilsvarer da infiltrasjonskapasiteten ved såkalt 'stabil tilstand'. Gjennomsnittet av de tre siste infiltrasjonshastighetene ble brukt som et mål på jordas vanngjennomtrengelighet, eller infiltrasjonskapasitet.



Figur 8. Bildene er fra feltforsøkene og viser bl.a. dobbelt-ring infiltrometer.

I tillegg til infiltrasjonsmålinger ble det også foretatt jordfuktighetsmålinger med en TDR-sensor. Jordfuktighetsmålingene ble gjennomført på samme dag som infiltrasjonstestene. Målingene gir informasjon om jordfuktigheten (volumprosent vann i jorden).

2.4 Spørreundersøkelse

Et spørreskjema ble utarbeidet våren 2014 (Vedlegg 1). Skjemaet inneholdt tilsammen 10 spørsmål og ble sendt til 11 grunneiere langs Lierelva, fra Meieriet i vest til Bjørkelangen i sørøst.

Av disse elleve svarte syv, enten skriftlig per post/e-post eller muntlig per telefon. Det ble understreket at rapportering av undersøkelsen skulle være anonymisert.

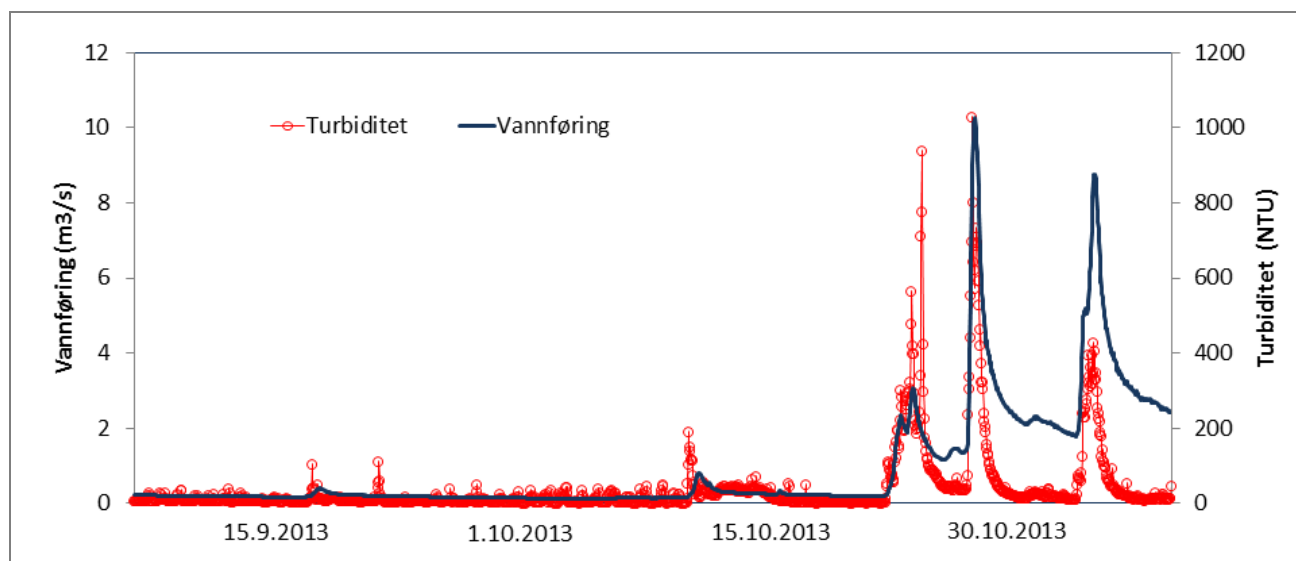
3. Resultater og diskusjon

3.1 Turbiditetsmålinger

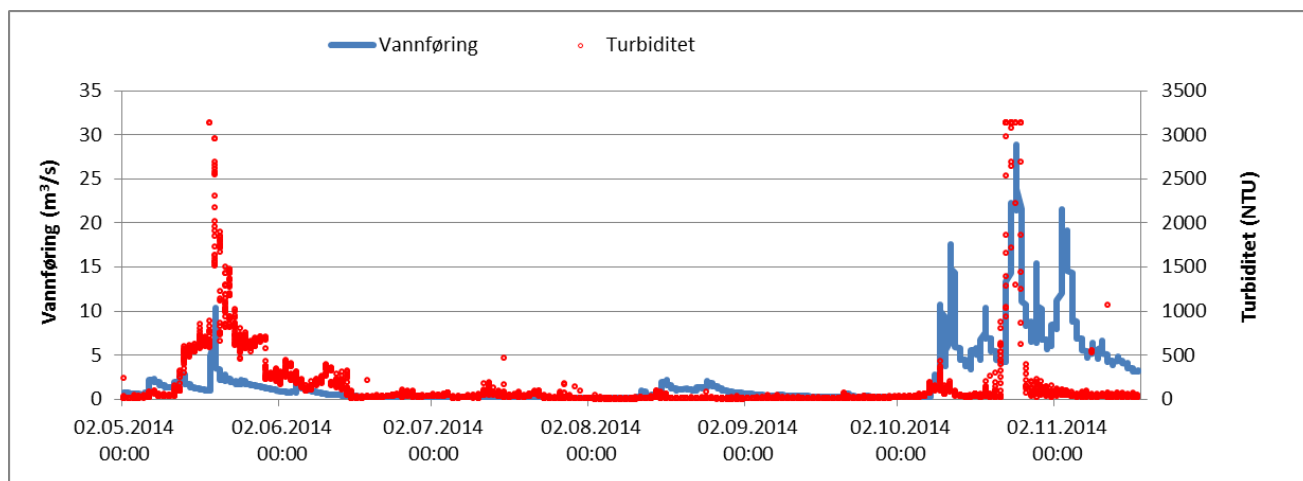
Tilsvarende som vannføringen i elva (figur 2) varierer turbiditeten kraftig, fra de helt lave verdier på lavvann, til mer enn 3000 NTU ved høye vannføringer (figur 10).

I 2013 sto turbiditetssensoren ute i perioden 5. september til 18. november. I slutten av denne perioden førte nedbør til at vannføringen økte i tre omganger (figur 9). Til tross for at den første vannføringstoppen var adskillig lavere enn de to neste, var turbiditeten omtrent like stor som under vannføringstopp nummer to, og adskillig større enn under den tredje vannføringstoppen. Dette tyder typisk nok på at materialet som ble fraktet ved den første vannføringstoppen er sediment som ligger «lagret» langs med elveløpet og som enkelt kan føres bort med vannmassene. I den neste vannføringstoppen, som er adskillig større, transporteres så antakelig restene av det som er lett tilgjengelig langs kantene, pluss at vannet når høyere og derved får tak i mer materiale høyere opp langs elvebreddene. Som figuren viser er det ved den tredje vannføringstoppen adskillig mindre materiale som transporteres, noe som kan tyde på at det lett tilgjengelige materialet allerede er transportert bort for denne gang, og at erosjonsprosesser må få gå sin gang før nytt materiale er lett tilgjengelig for erosjon av flomvannet.

I tillegg til materiale fra kantene er det også sannsynlig at særlig de to siste flomtoppene har med seg materiale erodert ved overflateerosjon i feltet. Forsøk med kjemisk sporing av ulikt materiale i dette nedbørfeltet var imidlertid ikke vellykket siden materialet hadde for likt kjemisk «signal» (Skarbøvik og Blankenberg, 2013). Det er sannsynlig at det materialet som befinner seg langs kantene av elva dels kommer fra erosjon i tilstøtende arealer og er tilført ved transport langs med overflata, dels er fra erosjon direkte i kantene.



Figur 9. Turbiditet og vannføring høsten 2013.



Figur 10. Turbiditet og vannføring i 2014.

I 2014 testet vi ut en turbiditetssensor som kan måle opp mot 3000 NTU. Den høyeste vannføringen om hhv. våren og høsten ga turbiditetstall på maxverdien av sensoren (figur 10). Imidlertid er denne sensoren mindre sensitiv ved lavere turbiditeter, og det er derfor vanskelig å tolke dataene. Erfaringen med denne sensoren har derfor vist at den er mindre egnet til å vurdere transportprosesser i elver enn den som gikk kun til 1000 NTU, men på den annen side er den i stand til å påvise hvilke dager som har den høyeste transporten.

Generelt kan det oppsummeres at turbiditetsmålingene viser at mengden materiale ved hver vannføringstopp varierer betydelig. Dette kan igjen ha sammenheng med om kildematerialet kommer fra lett tilgjengelig sediment langs med kantene eller jord lenger borte fra elveleiet.

3.2 Kanterosjon

3.2.1 Sediment og fosfor tapt ved undersøkte lokaliteter

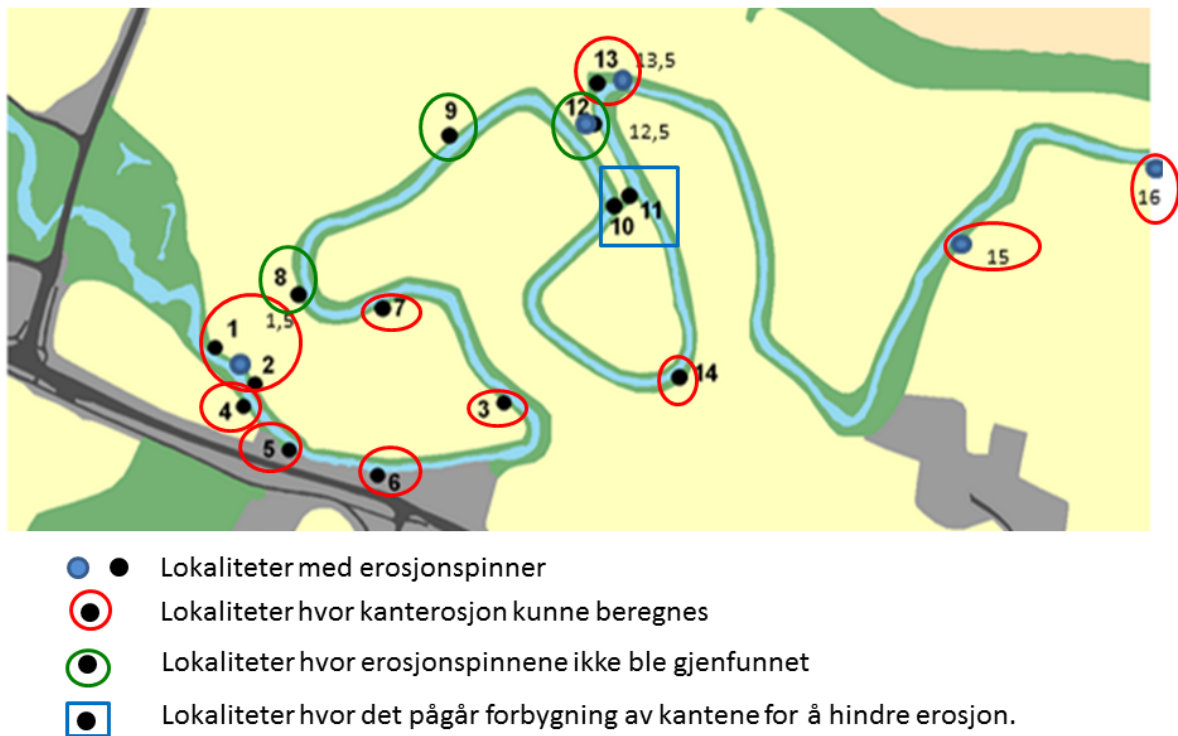
I Skarbøvik og Blankenberg (2013) ble de første resultatene av undersøkelser av kanterosjon i denne elvestrekningen rapportert. Det har vært ønskelig fra oppdragsgiver å få mer konkrete tall for kanterosjonen, og dette er forsøkt imøtekommet i denne rapporten. Det er i denne sammenheng viktig å understreke at disse anslagene er høyst usikre ettersom prosjektet i første rekke hadde som mål å øke kunnskapsgrunnlaget for disse prosessene. Det ble derfor først og fremst lagt vekt på å vurdere ulike metoder for å kvantifisere kanterosjon, herunder bruk av kjemisk sporing, analyser av historiske flyfoto, fotogrammetri av elvebanker og erosjonsspinner. Vurderingene under er baserte på den metoden som ga mest brukbar informasjon, nemlig erosjonsspinner.

I årene 2012-2013 ble det satt ned over 30 erosjonsspinner i elvebreddene på tilsammen 18 lokaliteter. Pinnene ble som regel satt ned i vannkant, halvveis oppe i kantsonen og i overgangen mellom elvekant og flatt land (se figur 5). Utviklingen i hver lokalitet er gitt i Vedlegg 3, men et sammendrag er gitt her:

- I 13 lokaliteter kunne kanterosjon (eller mangel på sådan) anslås i form av volum masse erodert bort.
- I tre lokaliteter (8, 9 og 12) fant vi ikke igjen pinnene, og ingen anslag kunne gis.

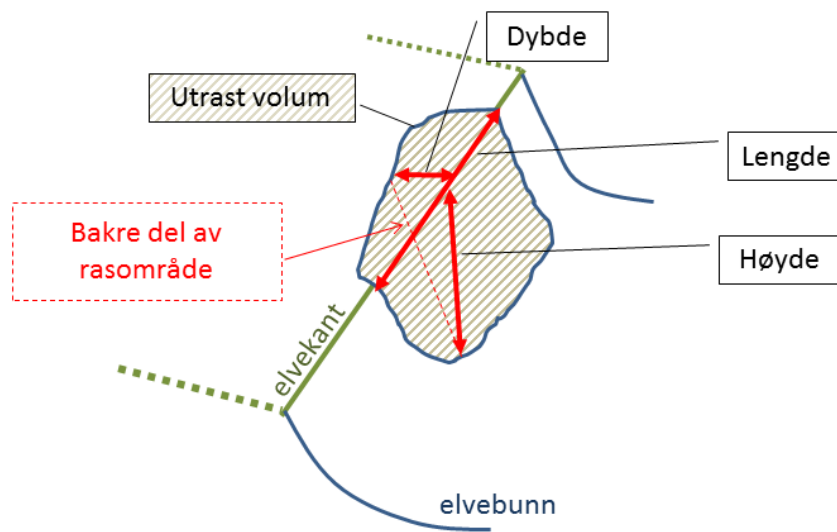
- I to lokaliteter (10 og 11) pågikk det erosjon men grunneier fyller her på med masser for å hindre at elva lager et nytt løp fra lokalitet nr. 10 til nr. 11.
- I tillegg ble registrert aktiv kanterrosjon i flere lokaliteter hvor det ikke var satt ut erosjonsspinner, samtidig som det ikke var noen synlig erosjonsaktivitet i andre strekninger.

Figur 11 viser en oversikt over alle lokaliteter, med detaljene ovenfor inntegnet. Erosjonspinnene er nå fjernet fra kantene og forsøket ansees for avsluttet i denne omgang.



Figur 11. Kart over lokaliteter for erosjonsspinner.

En første vurdering av volum erodert masse i hver lokalitet ble gitt i fjorårets rapport. I denne rapporten har disse anslagene blitt noe modifisert, som vist i Tabell 3. Utgangspunktet for å beregne volum er vist i figur 12.



Figur 12. Skissen viser hvordan volumberegninger ble foretatt av erodert kantmateriale.

For beregninger av volum kan følgende momenter noteres:

- Lengde av erodert volum ble beregnet i forhold til opprinnelig elvekant.
- Bredder ble beregnet ut fra erosjonsspinnene. I enkelte tilfeller måtte dette gjøres på skjønn siden materialet skled ned skråningen i form av sig. I andre tilfeller var det knyttet usikkerhet til om pinnene var blitt trukket ut fra bakken pga. f.eks. isgang eller frost.
- Dyp av erodert volum er stort sett anslått til 2 meter, men det må tas i betraktning at ikke alt materiale som faller ned skråningen vil inngå i elvas suspenderte sedimenttransport. Noe av materialet kan bli liggende ved foten av skråningen, og kan senere transporteres som bunntransport og danne banker i elva.

I fjorårets rapport ble volumet beregnet som en kube (lengde x bredde x dyp). Det er imidlertid mer sannsynlig at volumet av det eroderte materialet er halvparten av en slik kube – jf. figur 12, og beregnet volum er derfor nå satt til

$$\text{Volum} = (\text{bredde} \times \text{lengde} \times \text{dybde})/2$$

Ut fra denne ligningen varierte volumet fra 0-20 m³ i de ulike lokalitetene (tabell 3). Tabellen gir et anslag på samlet volum erodert bort ved hver lokalitet over en tidsperiode. Ut fra volumet og tidsperioden er i samme tabell beregnet mengde sediment erodert per år. Tettheten av kantsedimentet ble undersøkt av laboratoriet og gjennomsnittlig tetthet var på 1,5 kg/l. Dette er riktignok «forstyrret» sediment, dvs. at det ikke er tatt ut en uforstyrret kjerneprøve av sedimentet. Tettheten av jord i overflatelag ligger ofte på rundt 1,3 kg/l. Lenger ned i jorda vil tettheten gjerne øke, og kan typisk ligge på rundt 1,5 – 1,8 kg/l i blåleire. Basert på disse betraktningene ble det antatt at 1,5 kg/l var et realistisk anslag for tettheten av kantsedimentet.

Siden erosjonsspinnene ble satt ut forskjellige dager, og siden noen av dem ikke ble gjenfunnet, varierer tidsperioden hver pinne har stått ute. For å beregne jordtap per år ble derfor tapet justert i forhold til måleperioden. Tilslutt er erosjonen i hver lokalitet beregnet per lengdemeter av det eroderte området (jf. prinsippskissen i fig. 12).

Tabell 3. Beregnet erodert sediment i de lokalitetene hvor det var mulig å utføre beregninger. PM = Partikulært materiale. Forklaring på høyde, dybde og lengde: se figur 12.

Lokalitet nr.	Tid for måling (fra til): mm.åå-mm.åå	Tidsforløp (måned)	høyde (m)	dybde (m)	lengde (m)	volum (m ³)	kg sediment erodert totalt	kg sediment erodert pr år	kg sediment erodert pr. år og lengdemeter
1	06.12-07.13	17	2	0,5	10	5	7500	5294	529
1,5	07.13-11.13	4	0	0	0	0	0	0	0
2	06.12-11.13	17	2	0,5	7	3,5	5250	3706	529
3	06.12-11.13	17	2	0,4	7	2,8	4200	2965	424
4	06.12-11.13	17	2	1,5	14	21	31500	22235	1588
5	06.12-11.13	17	1,5	4	2	6	9000	6353	3176
6	09.12-11.13	14	0	0	0	0	0	0	0
7	09.12-11.13	13	2	0,75	7	5,3	7875	7269	1038
12,5	07.13-11.13	4	0	0	0	0	0	0	0
13	09.12-11.13	13	0,15	1	3	0,2	337	312	104
14	09.12-11.13	13	1	0,2	4	0,3	450	415	104
15	07.13-09.14	14	2	0,9	5	4,3	6375	5885	1177
16	07.13-11.13	4	0	0	0	0	0	0	0

Videre er mengden erodert jord omregnet til fosfortap. Gjennomsnittlig fosfornivå i kantsonene var på 645 mg TP/kg sediment, og dette tallet ble brukt for å anslå mengde fosfor erodert per lokalitet, jf. Tabell 4.

Tabell 4. Fosfortap pga. kanterosjon fra de ulike lokalitetene. Se tabell 3 for datagrunnlaget.

Lokalitet nr.	kg TP erodert pr år fra lokaliteten	kg TP erodert pr. år og lengdemeter
1	3,4	0,34
1,5	0	0
2	2,4	0,34
3	1,9	0,27
4	14,3	1,0
5	4,1	2,1
6	0	0
7	4,7	0,67
12,5	0	0
13	0,20	0,07
14	0,27	0,07
15	3,8	0,76
16	0	0

Når det gjelder lokalitet nr. 4, der trærne ble fjernet, kan det nevnes at flere studier har demonstrert hvordan kanterosjon kan kontrolleres ved å etablere vegetasjon langs elver og bekker. Beeson og Doyle (1995) fant at meandersvinger uten vegetasjon hadde 30 % større sjanse for betydelig kanterosjon enn der det fantes vegetasjonsdekke. I USA fant Micheli *et al.* (2004) at elvebredder som grenset til jordbruksland var 80-150% mer eroderbare enn elvebredder som var dekket av skog. Tilsvarende, i Australia, fant Bartley *et al.* (2006) ut at bankeerosjonen var signifikant mindre der breddene var dekket av vegetasjon. Bull (1997) påpekte at kantvegetasjon ikke bare vil påvirke stabilitet av elvekanter, men at vegetasjonen også kan bidra til akkumulering av nytt materiale langs med kantene.

3.2.2 Grovt anslag over tap av sediment og fosfor ved kanterosjon

Tabellene 3 og 4 gir et estimat av erodert masse per lengdemeter og år i hver lokalitet. I dette avsnittet gjøres en regneøvelse for å anslå den relative betydningen av kanterosjon i forhold til total transport av sediment og fosfor i vassdraget. Det er viktig å understreke at disse anslagene er beheftet med store usikkerheter. I tillegg til de usikkerhetene som er nevnt i foregående avsnitt er det særlig knyttet usikkerhet til hvor representativt sedimenttapet i hver av de 13 målbare lokalitetene er i forhold til resten av lengdestrekningen mellom Lierfossen og Lier gård. Erosjonsspinnene ble først og fremst satt ned som en del av en undersøkelse av hvilke metoder som egner seg best til å vurdere kanterosjon (jf. Skarbøvik og Blankenberg, 2013). Pinner ble derfor satt ned både i lokaliteter hvor det var åpenbart stor erosjon, og i lokaliteter hvor det ikke var tegn til kanterosjon i det hele tatt, men ikke utfra et system med representative lokaliteter (f.eks. ikke jevnt fordelt bortetter elvekanten). Vi kan derfor bare gå ut fra noen antakelser om de 13 målbare lokalitetenes representativitet i forhold til resten av lengdestrekningen mellom Lierfoss og Lier gård, som følger:

- A. Basert på erfaringer fra flere feltturer er det rimelig å anta at erosjonen som foregikk i lokalitetene 4 og 5 er lite representative, av følgende grunner: I lokalitet 4 ble alle trærne langs med kanten hugget ned, noe som ble etterfulgt av store erosjonsskader. I lokalitet 5 kommer det ut et utløpsrør fra vei, som gjør at erosjonen i det punktet er ekstra stort. Disse to lokalitetene er derfor ikke tatt med i beregningen av gjennomsnittlige erosjonsrater i det videre arbeidet, men er plussset på til slutt til de endelige anslagene.
- B. Da gjenstår 11 målbare lokaliteter, hvorav fire hvor det *ikke* ble registrert erosjon; og sju hvor det *ble* registrert erosjon.
- C. For områder hvor erosjon pågår, ble det antatt at de sju lokalitetene med målbar erosjon i gjennomsnitt har erosjonsrater som er representative i alle andre lokaliteter med erosjon. Det må dog påpekes at sedimenttapet i disse varierte kraftig, fra ca. 100 til over 1000 kg/m og år, med et snitt på omlag 550 kg/m og år (medianen var 530 kg/m og år).
- D. For områder uten erosjon er hovedspørsmålet hvor representativt dette er for hele lengdestrekningen. Som nevnt ble ikke erosjonsspinnene plassert ut for å gjenspeile representative lokaliteter. Inntrykk av kanterosjonen fra feltturene til området kan benyttes til en viss grad, men det er samtidig slik at erosjon kan pågå ved undergraving av skråningene, noe som ikke alltid er lett å se ved høye vannføringer, eller å kvantifisere (eks. fig. 13 høyre bilde). Videre er det lett å se erosjon der det har vært utglidinger og små ras, men ikke der erosjonen er lettere, som inne mellom trær (f.eks. ved lokalitet nr. 13, fig. 13, venstre bilde).

I regnestykket er det derfor satt opp tilsammen fem antakelser for lengdemeter uten erosjon, som i og for seg også kan sies å ta opp i seg usikkerheten i forhold til pkt C, over, dvs den store variasjonen i sedimenttap der det ble påvist erosjon:

- De 11 lokalitetene er representative som de er (dvs. at fire av 11 lengdemeter ikke har erosjon).
- Halvparten av lengdemeterne har ikke erosjon
- 2/3 av lengdemeterne har ikke erosjon
- 3/4 av lengdemeterne har ikke erosjon
- 7/8 av lengdemeterne har ikke erosjon

Av disse antas at a og e er minst sannsynlige, mens de tre midterste er mer sannsynlige.



Figur 13. Venstre bilde: Lokalitet 13, lokaliteten er inne i skog/kjerr, markøren på erosjonspinnen var ca. 15 cm fra bakken da dette bildet ble tatt. Høyre bilde: Elvestrekning oppstrøms Lierfossen – bildet viser typisk undergraving av bredden.

Beregningene er videre basert på høyre kolonne i tabellene 3 og 4, altså anslått tap av sediment og fosfor per år og lengdemeter kantsone. Strekningen mellom Lierfossen og Lier gård er på ca. 2 km (løpemeter elv), som betyr at det er omlag 4000 lengdemeter med elvekant (når begge sider av elva medregnes).

Tabell 5. Beregnet tap av sediment og fosfor langs den undersøkte elvestrekningen. Bokstavene i øverste overskriftsrad refererer til punktene i teksten over, og er også forklart i annen overskriftsrad.

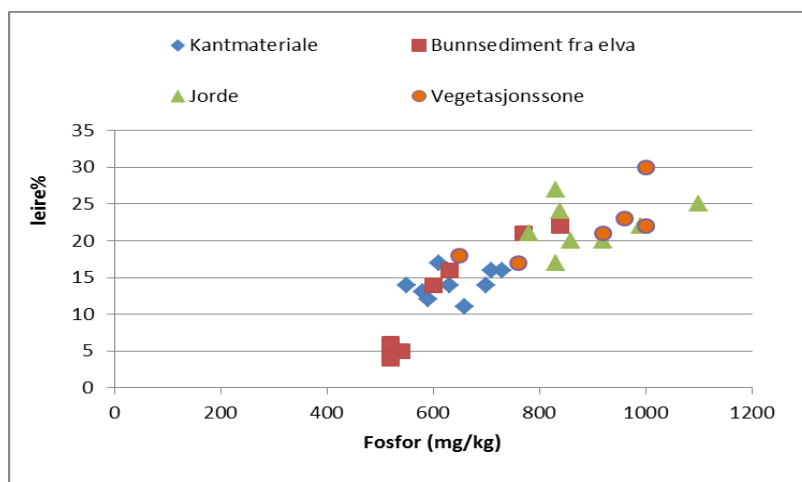
	a	b	c	d	e
Tap ved kanterosjon på strekningen Lierfoss – Lier Gård	4 av 11 løpemeter elvebredd er uten erosjon	Ingen erosjon langs 50% av kantene	Ingen erosjon langs 2/3 av kantene	Ingen erosjon langs 3/4 av kantene	Ingen erosjon langs 7/8 av kantene
Sedimenttap (tonn/år)	1425	1121	749	563	284
Tap av totalfosfor (kg/år)	919	723	483	363	183

Med andre ord kan kanterosjonen tilføre til elva alt fra 280-1400 tonn sediment/år og 180-900 kg fosfor/år, langs denne strekningen. Noe av dette materialet vil straks transporteres nedover

elva som suspensjonstransport, mens de grovere fraksjonene kan bli liggende igjen ved foten av skråningen eller transporteres langs med bunnen av elva, som bunntransport. Ved høye vannhastigheter vil imidlertid relativt mer transporteres som suspensjonstransport, og ved fortynning kan partikulært bundet fosfor løses fra partiklene og transporteres løst i vannmassene. Usikkerheten rundt disse prosessene er stor, men i sum er det naturlig å anta at det meste av det som eroderes langs kantene før eller siden vil nå nedstrøms innsjø (Bjørkelangen). Det er derfor her ikke gjort noe forsøk på å skille mellom de ulike transportformene i det eroderte kantmaterialet.

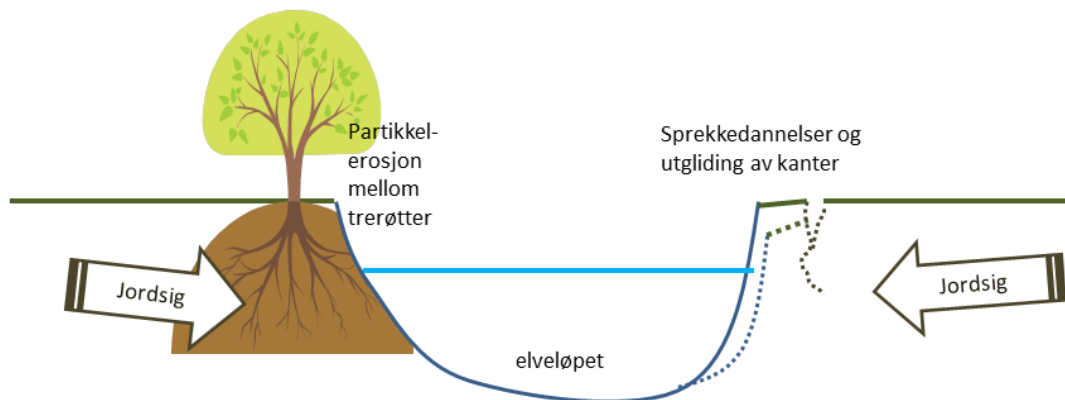
Det neste spørsmålet er hvor mye dette utgjør i forhold til total årstransport i strekningen. Greipsland og Bechmann (2014) fant at det i årsperioden 2013-2014 ble transportert omlag 5,5 tonn TP og 3300 tonn sediment forbi Lierfoss. Hvor mye som transporteres forbi Lier Gård, 2 kilometer lenger nede, er usikkert, så vi går her ut fra transportberegningene ved Lierfoss. I så fall kan det grovt anslås at kanterrosjonen i den undersøkte strekningen tilfører fra 10-40 % av sedimentet og 5-15 % av fosforet.

Kanterosjon er en naturlig prosess, men den kan akselereres av at det felles trær langs med elva, eller av at det kjøres med tunge maskiner langs med kantene. Sedimentet langs med elvebredden har lavere fosfornivå enn jorda på åkeren, men dette ser først og fremst ut til å ha tilknytning til lavere leireprosent i kantmaterialet, jf. figur 14 (hentet fra fjorårets rapport). Det ser ut til at de fineste partiklene er erodert bort fra kantmaterialet og bl.a. derfor er det noe lavere fosfornivå her enn inne på jordet. I tillegg gjødsles generelt ikke kantsonene mot elvebredden, med noen få unntak (se kapittel 3.5).



Figur 14. Forholdet mellom konsentrasjon av totalfosfor (mg/kg) og leireandel (%) for fire ulike jord-/sedimenttyper.

Som nevnt i forrige rapport er gamle flyfoto blitt studert, men det kan ikke sees noen tydelige endringer i elveløpet siden starten av 60-tallet (Skarbøvik og Blankenberg, 2013). Til tross for aktiv erosjon langs kantene har derfor elva beholdt sitt opprinnelige elveleie i femti år. I tillegg til at det forbygges for å hindre erosjon, og særlig da ved lokalitetene 10 og 11, kan dette skyldes sig av jordmasser ned mot elvebredden. Dette betyr i så fall at jorda – og da også jordbruksjorda – siger nedover mot elveleiet, og det som eroderes langs kantene er stort sett den samme jorda som på åkeren, se prinsippskissen i figur 15.



Figur 15. Prinsippskisse av kanterosjon. På områder uten trær eroderes ofte kantene i form av større utglidinger av masse. Sprekker langs med elvekantene er vanlige. Der det er trær ser det ut til at det eroderes partikkel for partikkel inne mellom røttene, inntil det oppstår trevelt. Det er sannsynlig at jorda siger mot elveleiet, og at dette kan være en medvirkende årsak til at elveleiet ikke flytter seg over tid.

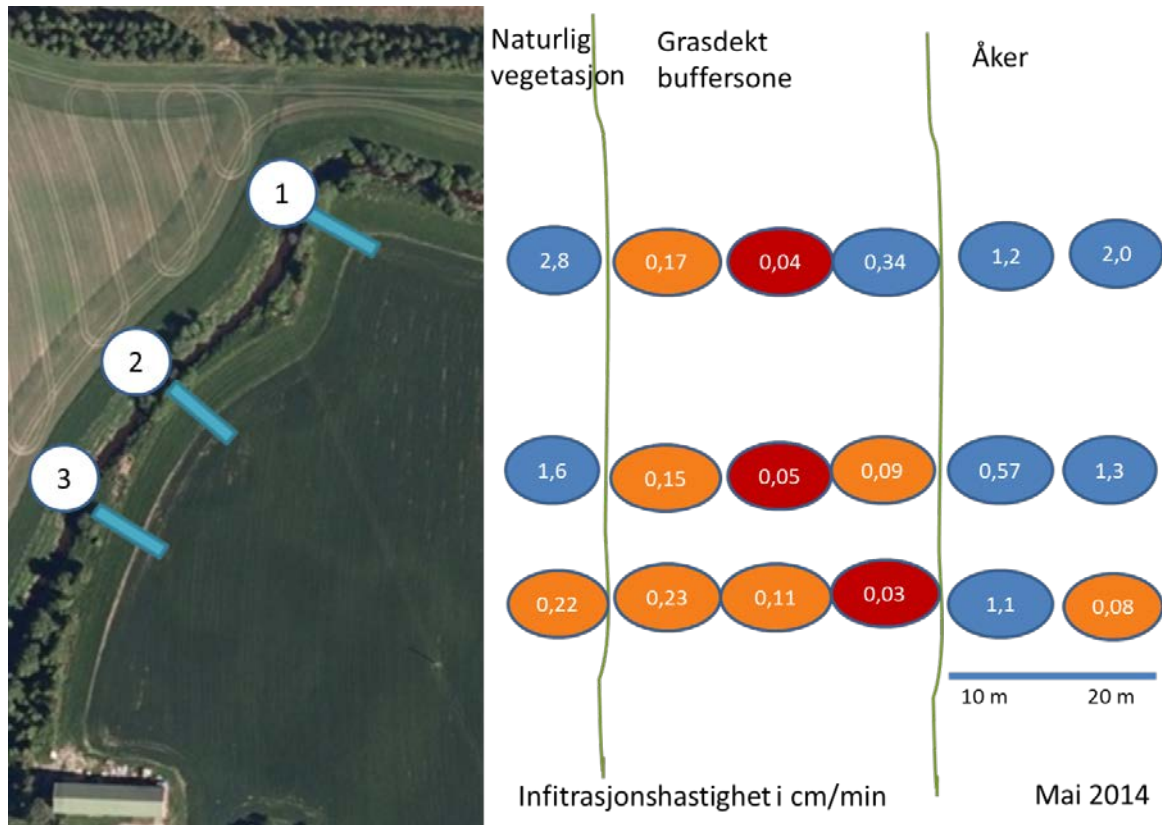
Anslagene som er utført i Lierelva – med omlag 10-40 % av totaltransporten av sediment fra kanterosjon, avviker ikke vesentlig fra det som er funnet i andre undersøkelser. Dog er det store variasjoner i slike anslag. I en oppsummering av erosjon i britiske elver fant Walling (2005) at kanterosjon utgjorde 4-40 % av suspenderte partikler men at det vanligste var omlag 5-15 %. I Danmark brukte Laubel et al. (1999) erosjonsspinner for å vurdere kanterosjon, og fant at ca. 50-75 % av materialtransporten i bekkene kom fra kantene. Basert på forsøkene referert over kan derfor kanterosjon utgjøre alt fra 4 til 75 % av sedimenttransporten i ei elv, sett i forhold til øvrige sedimentkilder i nedbørfeltet. Andelen kan også variere over tid. Bull (1997) viste at kanterosjonens bidrag i den britiske elva Severn på årlig basis utgjorde 17 % av suspenderte partikler i elva, mens det i enkelte nedbørepisoder kunne komme så mye som 64 % i fra elvekantene. Det er meget sannsynlig at dette også er tilfelle i Lierelva, jf. turbiditetsmålingene i avsnitt 3.1, som antyder at de første av flere vannføringstopper har høyere sedimentinnhold enn de påfølgende.

3.3 Infiltrasjonsmålinger

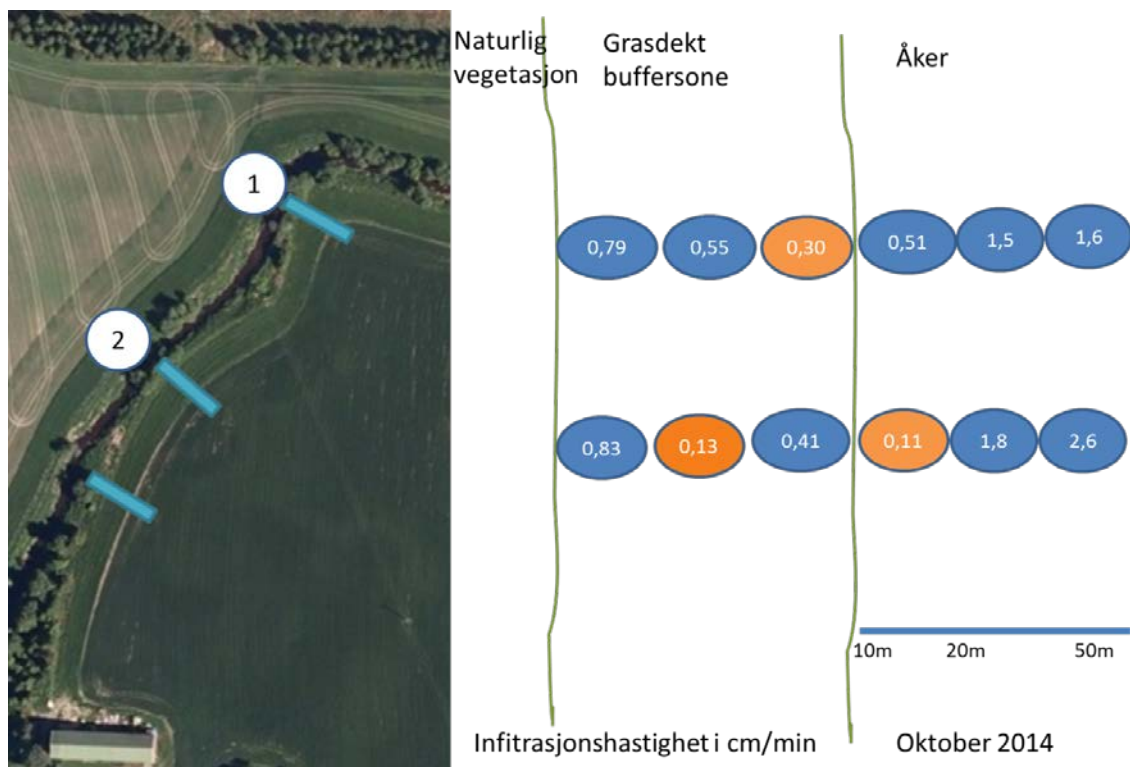
Infiltrasjonsskapasiteten måles i hvor mange cm vannsøyle som infiltrerer i jorda per minutt. Infiltrasjonsskapasiteten er oppgitt med fargekoder etter følgende inndeling (inndelingen er utført av forfatterne):

Fargekode:	Betegnelse:	Infiltrasjonsskapasitet (cm/min)
	Dårlig	0 - 0,05
	Mindre god	0,05 – 0,3
	God	> 0,3

Resultatene fra infiltrasjonstester gjennomført i mai og oktober 2014 vises i figur 16 og 17.



Figur 16. Resultater av infiltrasjonstester i mai 2014.



Figur 17. Resultater av infiltrasjonstester i oktober 2014.

I mai ble infiltrasjonstester gjennomført den 5. og 23. mai (se tabell 2). Den 5. mai var det 10 cm gras i den grasdekte buffersonen og 5 cm spirer på åkeren, mens det den 23. mai var 20 cm gras i grasdekt buffersone og 10 cm spirer på åkeren.

Infiltrasjonsskapasiteten var gjennomsnittlig best i den naturlige buffersonen (mai; 1,5 cm/min), dårligst i den grasdekte buffersonen (mai; 0,13 cm/min og oktober; 0,5 cm/min). Inne på åkeren var infiltrasjonshastigheten i gjennomsnitt og 1,02 cm/min og 1,35 cm/min i hhv. mai og oktober. Infiltrasjonsskapasiteten var dårligere på våren (i mai) enn om høsten (oktober). Dette er særlig merkbart i den grasdekte buffersonen, som har mindre god og dårlig infiltrasjon i åtte av de ni målepunktene. Det er vanskelig å si noe konkret om hva dette skyldes, men mulige forklaringer kan være trykkbelastning av landbruksmaskiner og dårlig utviklet rotsystem og oppsugingsevne til plantene tidlig på våren. Det er mulig at «transportetapper» til og fra gården i forbindelse med såing og sprøyting legges til buffersonene, da denne har bedre bæreevne om våren grunnet permanent plantedekke. Både om våren og om høsten var det god infiltrasjonsskapasitet på åkeren, med unntak av ett prøvetakingspunkt på begge årstider. I den naturlige buffersonen var det god infiltrasjonsskapasitet i to av de tre målingene utført våren 2014. Det ble ikke utført tester i naturlig buffersone om høsten.

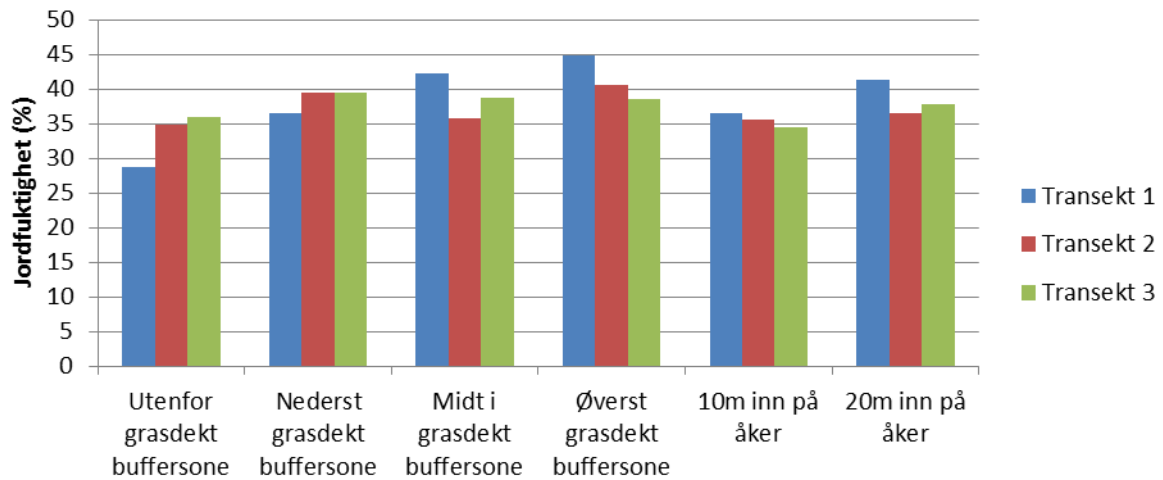
Om man sammenligner resultatene fra alle målinger utført i 2014 viser de at det var dårligere infiltrasjonsskapasitet i den grasdekte buffersonen enn inne på åkeren, motsatt av hva som var forventet i teorien, da en permanent grasdekket sone normalt vil utvikle et bedre rotsystem og dermed en bedre jordstruktur. Årsaken til dette kan være at buffersonen brukes som «transportvei», da særlig i perioder hvor det er fuktig i bakken, og/eller at det er mer kjøring på den grasdekte buffersonen som følge av at denne høstes to ganger med påfølgende bortkjøring av graset. Trykkbelastningen fra landbruksmaskiner medfører jordpakking og dermed dårligere infiltrasjon. I perioder med stor jordfuktighet er jorden særlig utsatt for jordpakking. En annen mulig forklaring kan være at jordarbeidingen på åkeren bedrer infiltrasjonsskapasiteten i forhold til buffersonen med grasproduksjon, hvor det ikke utføres jordarbeiding på flere påfølgende år.

Til tross for at de grasdekte buffersonene har dårligere infiltrasjonsskapasitet enn åkeren vil de fremdeles ha en effekt, ikke minst når åkeren er uten vegetasjon og det oppstår overflateavrenning, enten som følge av nedbør eller snøsmelting. Graset vil dempe hastigheten til vannet og materialet fra åkeren kan dermed sedimentere, og vann med næringsstoffer og andre forurensingskomponenter kan infiltrere og renses i sonen før de når vannforekomsten. En bredere sone med naturlig vegetasjon ville også hatt samme funksjon, men ut fra resultatene ville en her sannsynligvis også hatt en bedre infiltrasjon.

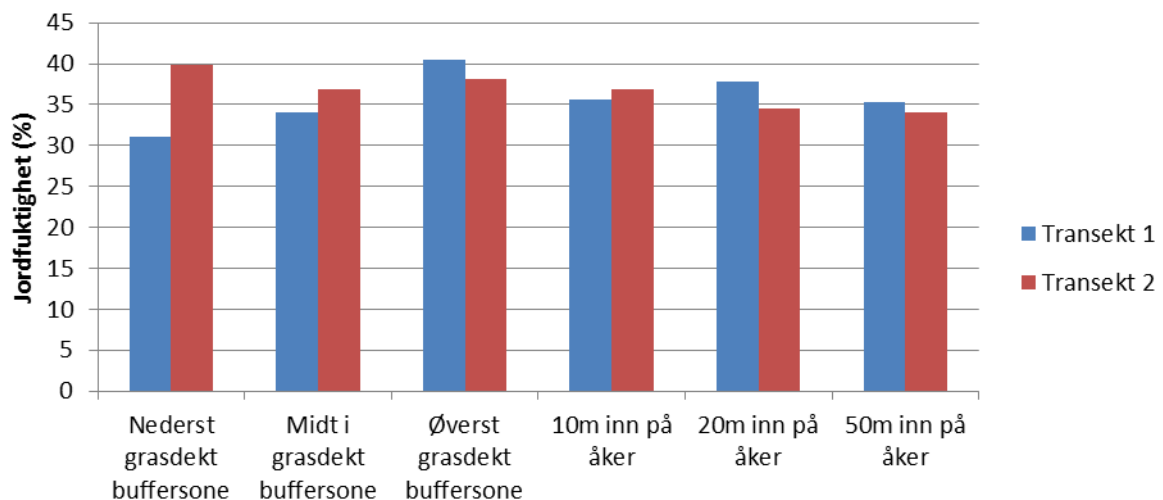
3.4 Jordfuktighet

Det ble gjennomført jordfuktighetsmålinger på samme tidspunkt og i samme lokaliteter som for infiltrasjonsskapasiteten. Figur 18 og 19 viser variasjonen i jordfuktigheten i de tre transektene målt hhv. i mai og oktober. Jordfuktigheten varierer mellom 30 % og 40 % i alle prøvetakingspunkter både i mai og oktober. I mai var gjennomsnittlig jordfuktighet lavest i den naturlige vegetasjonen (33 %), høyest i grasdekt buffersone (40 %) og noe lavere inne på åkeren (37 %). I oktober var det ikke målt gjennomsnittlig jordfuktighet i den naturlige

buffersonen. Jordfuktighet i buffersone og på åker var omtrent lik, i snitt 36-37 %. Dette betyr at infiltrasjonsmålingene ble foretatt under relativt like jordfuktighetsforhold.



Figur 18. Jordfuktighetsmålinger i mai 2014.



Figur 19. Jordfuktighetsmålinger i oktober 2014.

3.5 Spørreundersøkelse om buffersoner

Elleve grunneiere langs Lierelva fra Meieriet i vest til Bjørkelangen i sørøst mottok spørreskjemaet, hvorav syv har besvart skjemaet (enten per post eller telefon). Under gjengis resultatene. Undersøkelsen er anonymisert.

3.5.1 Buffersoner hos de syv grunneierne som besvarte skjemaet

To av de syv grunneierne oppga at de bare hadde stubb som tiltak, mens fem av de syv har grasdekt buffersone langs vassdraget. Bredden på de grasdekte buffersonene varierer fra 6 m, 8-10 m og opptil 12 m. De ble anlagt i 2014 (6 m), 2005 (8-10 m) og 2006 (12 m). En av de

fem grunneierne med grasdekt buffersone oppga at han også har grasdekt vannvei inne på jordet (begge tiltak anlagt i 2014). En av de syv grunneierne oppga at han har bygg med gjenlegg (eng) i tillegg til grasdekt buffersone.

Det oppgis at det benyttes ulike typer frøblandinger i de grasdekte buffersonene, herunder rødkløver, hvitkløver og timotei, raigras og «spire surfôr».

Mens enkelte synes at det ikke medfører problemer å ha denne typen tiltak, oppgir andre at sonene medfører merarbeid og mindre effektiv skiftehandtering. Noen mener at sonene bør være minst 12 meter brede hvis det skal kunne høstes rundballer på dem. Det er ulikt syn på hvor effektive sonene er mot jordtap. Noen oppgir at jordene er flate og at terrenget faktisk er høyere mot elvekanten, noe som medfører liten effekt av tiltaket. Andre mener at sonene er effektive mot tap av jord fra åker. Enkelte kommenterer at grasdekte vannveier i dråg kan være effektive tiltak, mens andre igjen ser driftsmessige ulemper ved slike grasdekte soner inne på åkeren. Mange oppgir at arealene langs elva ofte er flomutsatte.

3.5.2 Gjødsling, sprøyting og jordarbeiding i de grasdekte buffersonene

Kun en av de fem som har grasdekte buffersoner langs elva gjødsler graset (tillatelse er gitt for dette). Det er gjødslet med 50 kg/målet med 22-2-12 eller 22-3-10, for å oppnå en N-gjødsling på ca. 12 kg N/målet. Kun én oppgir at graset sprøytes, men det er naboen som sprøyter for ham, og han har ikke opplysninger om mengder eller type sprøytemidler som benyttes.

Kun en av sonene var reetablert da undersøkelsene ble utført våren 2014. En av dem som har anlagt sone i 2014 sier han planlegger å følge retningslinjene om å jordarbeide, dvs. reetablere sonen hvert 5.år.

3.5.3 Innhøsting

Da tre av de fem som hadde buffersone anla sonene i 2014, var det kun to som hadde erfaring med å bruke graset som fôr. En kunne ikke bruke graset, da det inneholdt for mye sedimenter som følge av flom. Den andre, som høster to ganger i året, oppga at det er svært varierende kvalitet på graset som skulle brukes som fôr til ammekyr. Av de tre som hadde nyanlagte buffersoner oppga én at han ikke planla å benytte graset til fôr, en annen hadde en avtale om salg, mens den tredje håpet på å kunne bruke det til hestefôr.

3.5.4 Bruk av sonene til kjøring og andre formål

Graset har god bæreevne når bakken er våt, og én grunneier oppga at han benytter buffersonen som transportvei. En oppga at han bruker sonen som treningsvei for hest, mens to ikke benyttet sonen til andre formål enn grasproduksjon. Den siste respondenten som hadde graskledd buffersone besvarte ikke dette spørsmålet.

4. Konklusjoner

4.1 Kanterosjon

Følgende konklusjoner kan trekkes om kanterosjon langs den undersøkte elvestrekningen:

- Det pågår aktiv erosjon langs kantene av Lierelva.
- I lokalitetene med størst erosjon (lokalitet 5 og 4) raste det ut hhv. 3 og 1,6 tonn sediment og 2 og 1 kg fosfor per lengdemeter elvebredd i året. I lokalitet 5 kom det ut et utløpsrør fra vei som økte erosjonen, mens i lokalitet 4 hadde det blitt hugd ned en rekke med trær langs med elva.
- I lokaliteter med trær og busker ble det registrert erosjon, men i mindre grad. Erosjonen i et par slike lokaliteter ble beregnet til ca. 100 kg sediment og 70 gram fosfor per lengdemeter og år.
- Det er forbundet med stor usikkerhet å generalisere erosjonen i de målte lokalitetene til hele elvestrekningen, men et anslag antyder at kanterosjonen utgjør mellom 10-40 % av sedimenttransporten og 5-15 % av fosfortransporten i elva.
- Andelen suspendert materiale og fosfor i elva som stammer fra kanterosjon kan sannsynligvis variere over tid. Turbiditetsmålingene viste at mengden suspendert materiale ved hver vannføringstopp varierte betydelig, noe som kan igjen ha sammenheng med om kildematerialet kommer fra lett tilgjengelig sediment langs med kantene, eller fra erodert jord lenger borte fra elveleiet.
- Det er sannsynlig at det pågår sig av jord mot elvebreddene, siden elveleiet ikke har flyttet seg vesentlig siden 60-tallet. Jorda langs elvekantene er sannsynligvis tidligere jordbruksjord, noe som er enda en god grunn til å la være å gjødsle jorda som ligger langs elveløpet.
- Kanterosjon er en naturlig prosess men den kan øke i omfang ved at det felles trær langs med elveleiet, eller hvis det kjøres med tunge maskiner ute ved kantene. Røtter vil bidra til å hindre erosjon, og naturlig vegetasjon langs kantene vil også minke faren for at tungt maskineri kjører for langt ut mot elvebredden og destabiliserer kantene.

4.2 Infiltrasjonskapasitet i grasdekte buffersoner

Tabell 6 gir en oversikt over gjennomsnittlig infiltrasjonskapasitet i alle undersøkelser gjennomført i 2013 og 2014. Undersøkelsene er gjort i to felter; østre og vestre, hvor det vestre feltet kun ble undersøkt i 2013 siden sonen ble pløyd opp og reetablert sommeren 2014. Kartet i figur 20 viser begge sonene, samlet.

Generelt var det store variasjoner i infiltrasjonskapasitet i hver av de tre typene vegetasjonsdekke (naturlig vegetasjon, grasdekte buffersoner og åker). Resultatene i det vestre feltet ga imidlertid klare indikasjoner på redusert infiltrasjonskapasitet midt i den grasdekte buffersonen (antatt traktorspor) og i kanten av åkeren (vendeteig). Gjennomsnittstallene viser at det generelt var best infiltrasjon i den naturlige buffersonen og dårligst infiltrasjon i den grasdekte buffersonen. Infiltrasjonskapasiteten i graskledde

bufferzoner var altså *ikke* større enn på åkeren. Dette indikerer at de antatte prinsippene for hvordan en buffersone skal fungere, jf. figur 3, ikke ser ut til å stemme med virkeligheten når det gjelder bufferzoner med grasproduksjon. Arealer med naturlig vegetasjon har som sagt høyere infiltrasjonskapasitet, men disse lå tett inntil elva og sprekkesystemer ned mot elva kan være medvirkende årsak til økt infiltrasjonskapasitet her. Det er likevel sannsynlig at områder med naturlig vegetasjon vil ha generelt høy infiltrasjonskapasitet.

Årsaken til at infiltrasjonskapasiteten i grasdekte bufferzoner ikke var bedre enn på åkeren kan være at jorda pakkes ved større belastning av jordbruksmaskiner. Den grasdekte bufferzonen er mer stabil å kjøre på under våte forhold før åkeren er etablert, den høstes gjerne to ganger, med tilhørende bortkjøring av foret, samt at den kan brukes til kjørevei ved annet arbeid på åkeren. Imidlertid var det kun én av de fem grunneierne som oppga at han bruker sonen som transportetappe når kornet skulle kjøres bort. Det er også mulig at jordarbeidingen som utføres på åkeren kan ha bidratt til å øke infiltrasjonskapasiteten der i forhold til i den grasdekte bufferzonen.



Figur 20. Oversiktskart over vestre og østre felt, jf. tabell 6.

Tabell 6. Samletabell over gjennomsnittlig infiltrasjonshastighet i naturlig vegetasjon langs elvekanten, grasdekt buffersone mellom åker og eng, og åker, for årene 2013 og 2014.

Felt	Årstid, kornvekst	Naturlig vegetasjon ved elvekant (n=6)	Grasdekt buffersone (n=36)	Åker (n=21)
Infiltrasjonshastighet i cm/min (min-max)				
Østre	Vår 2014, spirende	1,5 (0,22-2,8)	0,13 (0,03-0,34)	1,02 (0,08-2,0)
Østre	Høst 2014, stubb		0,5 (0,13-0,83)	1,35 (0,11-2,6)
Østre	Høst 2013, stubb	7,6 (0,25-20)	0,98 (0,15-2,4)	1,08 (0,18-2,27)
Vestre	Vår 2013, spirende		0,49 (0,02-1,05)	0,18 (0,02-0,47)
Gjennomsnitt:		4,55	0,52	0,91

Fargekode:	Betegnelse	Infiltrasjonskapasitet (cm/min)
	Dårlig	0 - 0,05
	Mindre god	0,05 – 0,3
	God	> 0,3

Til tross for at undersøkelsene viser at det generelt er lavere infiltrasjonskapasitet i grasdekte buffersoner enn på åkeren, kan sonene fremdeles ha en effekt, særlig i perioder da åkeren er uten vegetasjon og det oppstår overflateavrenning, enten som følge av nedbør eller snøsmelting. Graset vil redusere vannhastigheten til overflateavrenning fra åkeren, og jord, næringsstoffer og evt. andre forurensningskomponenter kan sedimentere, infiltrere og renses i sonen. Blant grunneierne var det ulikt syn på om sonene bidro til å holde tilbake jord, noe avhengig av terrenget rundt elva. Der det var en forhøyning i landskapet mot elva ble det antatt at det var lite sannsynlig at sonene bidro til å holde tilbake jorda, mens andre opplevde dette som et bra tiltak mot tap av jord og næringsstoffer.

5. Referanser

- Bartley, R., Keen, R. J., Hawdon, A. A., Disher, M. G., Kinsey-Henderson, A. E. and Hairsine, P. B. 2006. Measuring rates of bank erosion and channel change in northerne Australe: a case study from the daintree River catchment. CSIRO Land and Water Science Report 43/06: 51 pp.
- Beeson, C.E. og Doyle, P.F., 1995. Comparison of bank erosion at vegetated and non-vegetated channel bends. *Jawra – Journal of the American Water Resources Association*. Vol. 31 (6): 983-990.
- Bull, L.J. 1997. Magnitude and variation in the contribution of bank erosion to the suspended sediment load of the River Severn, UK. *Earth Surface Proc. and Landforms*. Vol 22, No. 12: 1109-1123.
- Greipsland, I. og Bechmann, M. 2013. Overvåking Haldenvassdraget 2012/2013. Resultater fra 21 elver og bekker. Bioforsk rapport Vol. 8 Nr. 106 2013.
- Greipsland, I. og Bechmann, M. 2014. Overvåking Haldenvassdraget 2013/2014. Resultater fra 23 elver og bekker. Bioforsk rapport Vol. 9 Nr. 106, 2014. 54 s.
- Hooke, J.M., 1979. An analysis of the processes of river bank erosion. *Journal of Hydrology*, 42: 39-62.
- Kronvang, B., Baatrup-Pedersen, Ejrnæs, R., Schou, J.S., Jørgensen, U. og Børgesen, C. 2008. Udyrkede brømmer og randzoner langs vandløb og søer. Kortlægning af risikoarealer for fosfortab i Danmark. B3: Arealændringer i risikoområder. Årgang 1, 2008 Nr. B3, vers. 1.
- Laubel, A., Svendsen, L.M., Kronvang, B., and Larsen, S.E. 1999. Bank erosion in a Danish lowland stream system. *Hydrobiologia* 410: 279-285.
- Lawler D.M. 1993. Needle ice processes and sediment mobilization on river banks: the River Ilston, West Glamorgan, UK. *J Hydrology*; Volume 150, 1: 81–114
- Micheli, E.R., Kirchener, J.W., Larsen, E.W. 2004. Quantifying the effect of riparian forest versus agricultural vegetation on river meander migration rates, Central Sacramento River, California, USA. *River Res. Applic.* 20: 537–548 (2004)
- Skarbøvik, E og Blankenberg, A.-G. B. 2013. Vurdering av kanterosjon og vegetasjonssoner i Haldenvassdraget oppstrøms Bjørkelangen. Bioforsk rapp. Vol. 8, nr. 161, 53 s.
- Skarbøvik, E. og Roseth, R. 2014. Use of sensor data for turbidity, pH and conductivity as an alternative to conventional water quality monitoring in four Norwegian case studies. *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil and Plant Sci.* Accepted for publication.
- Walling, D.E. 2005. Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. *Sci. Tot. Env.* 344 (2005): 159-184.

¹ Merk at vi kun trenger navn i forbindelse med eventuelle oppfølgingsspørsmål, og at alle resultater vil bli presentert anonymisert.

b. Ja (vennligst utdyp)		Med hva: Hvor mye: Hvor ofte:
3. Sprøytes graset?		
a. Nei		
b. Ja (vennligst utdyp)		Mot hva: Når: Mengde:
4. Høstes graset?		
a. Nei		
b. Ja (vennligst utdyp)		Ant ganger pr sesong: Avlingsmengde (ca): Hva brukes graset til:
5. Beites grassonen?		
a. Nei		
b. Ja (vennligst utdyp)		
6. Hvor ofte jordarbeides/ reetableres sonen?		Hvor ofte: Når sist (årstall):
7. Hvilken type gras-/frøblanding brukes?		
8. Brukes buffersonen som transportvei ved innkjøring av korn/gras?		
a. Nei		
b. Ja (beskriv)		
9. Hvilke vekster er den grasdekte sonen buffer for? <i>Flere svar er mulige.</i>		
a. Korn		
b. Grønnsaker/poteter		
c. Grasproduskjon		
d. Beite		
e. Annet? (beskriv)		
10. Din skjønnsmessige vurdering av tiltakene		Kommentar:
a. Driftsmessig		
b. Effekt mot tap av jord		
c. Annet (beskriv)		

Vedlegg 2. Skjema for infiltrasjonsmålinger

Målepunkt nr.: _____

X (startnivå) = _____ mm

Y (sluttnivå) = _____ mm

Andre merknader:

Avlesning nr	T1 (tidspunkt start ved X) (min)	T2 (tidspunkt slutt ved Y) (min)	Infiltrasjonshastighet = $((X - Y)/(T2 - T1)) * 60$ (mm/time)
1			
2			
3			
4			
5			

Regneeksempel

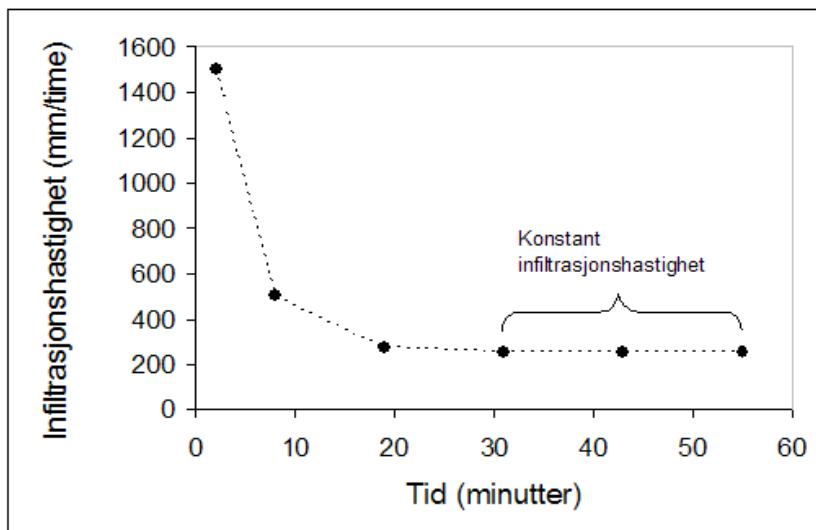
Målepunkt nr.: 1

X (startnivå) = 60 mm

Y (sluttnivå) = 10 mm

Andre merknader:

Avlesning nr.	T1 (minutter)	T2 (minutter)	Infiltrasjonshastighet = $((X - Y)/(T2 - T1)) * 60$ (mm/time)
1	0	2	$((60 - 10)/(2 - 0)) * 60 = 1500$
2	0	6	$((60 - 10)/(6 - 0)) * 60 = 500$
3	0	11	$((60 - 10)/(11 - 0)) * 60 = 273$
4	0	12	$((60 - 10)/(12 - 0)) * 60 = 250$
5	0	12	$((60 - 10)/(12 - 0)) * 60 = 250$
6	0	12	$((60 - 10)/(12 - 0)) * 60 = 250$



Vedlegg 3. Detaljert tabell, erosjonspinner.

Nr.	Satt ned dato	Beskrivelse *	Tidsforløp
1	26.06.2012	3 pinner, øverste ca. 50 cm fra kanten.	I juli 2013 ble det satt inn ny topppinne (50 cm fra kant) siden den første ikke ble gjenfunnet. I november var denne på samme sted som i juli, dvs 50 cm fra kant. Utgliding i dette området på omlag 10 meters bredde. Mulig at denne utgliding da har vært en halvmeter dyp eller mer.
1,5	1. juli 2013	To pinner satt ned, en på land 70 cm fra kanten, og en 95 cm ned i skråningen (165 cm fra øverste pinne).	November 2013: samme avstand som i juli. Deretter ikke gjenfunnet.
2	26.06.2012	3 pinner, øverste ca. 127 cm fra kanten.	den 1. juli var øvre pinne 73 cm fra kanten, kanten er rast ut i 7 meters lengde, 0,5 meters bredde, ca 2 meter dypt -> omlag 7 m ³ glidd ut. (Mye av dette ligger fremdeles langs kanten). November 2013: Fremdeles 73 cm til kanten.
3	26.06.2012	3 pinner, den øverste 82 cm fra kanten.	den 9. september 2012 hadde de to nedre pinnene erodert bort, det hadde gått et lite ras, og to av pinnene var borte. Dette viser at det pågår aktive erosjonsprosesser i området. Den 1. juli 2013 var igjen alle pinner erodert bort. November 2013: Øverste pinne var nå 40 cm fra kanten. 120 cm mellom pinnene. Raset er nå 7 meter langt.
4	26.06.2012	3 pinner, den øverste ca. 24 cm fra kanten.	April 2013: Så de to øverste (nederste dekket av vann). November 2013: Fant ikke igjen pinnene.
5	26.06.2012	3 pinner, den øverste 40 cm fra kanten.	Her hadde det mellom april og juli skjedd et lite ras, og den midterste pinnen var seget ned mot vannkanten. November 2013: Fant ikke igjen pinnene, en 1,5-2 meter bred og 4 meter lang grøft fra åker og ned til elva har rast ned. Ser ut til å være utløp fra en veigrøft i lokaliteten.
6	10.09.2012	To pinner ved siden av hverandre i vannkanten.	Ikke gjenfunnet i april 2013 pga is eller i juli pga kraftig vegetasjon – men fant begge pinner i vannkanten i november 2013. Antas ingen erosjon her.

Nr.	Satt ned dato	Beskrivelse *	Tidsforløp
7	10.09.2012	To pinner – ved kanten og vann-nivå. Den øverste pinnen ca. 130 cm fra kanten.	Juli 2013: Begge pinner fremdeles der og med samme avstand til kanten. Imidlertid utgliding av masser rett oppstrøms. November 2013: Ytterligere utrasning har skjedd – øverste pinne nå 55 cm fra kanten. 75 cm er altså erodert. Flere små utglidinger, tilsammen ca 7 meter lange.
8	10.09.2012	2 pinner, i vannkanten og en som var 40 cm. fra kanten.	I juli 2013 fant vi igjen pinnen i vannkanten men ikke den oppe. November: Fant ikke igjen pinnene. Kraftig kjerr ned mot elva.
9	10.09.2012	Dette er et utløpsrør fra en grøft. Kun en pinne ble satt ned.	I 2012 fant vi igjen erosjonsspinnen i ulike stadier på vei ut i elva, og i 2013 var den borte. Så den ikke i november 2013 eller i 2014.
10	10.09.2012	Her er elva forbygd. En pinne ble satt ned 35 cm fra kanten.	I april 2013 ble pinnen funnet igjen samme sted, men i juli var pinnen bøyd. Vi rettet den ut og flyttet den ca. 20 cm fra kanten. November 2013: Pinnen gjenfunnet 5 cm fra kanten. I 2014 ble stasjon 10 avsluttet siden det pågår forbygging her.
11	10.09.2012	Her er elva forbygd. En pinne ble satt ned 60 cm fra kanten.	I april 2013 var det ikke lett å se hvor langt det var til kanten siden pinnen stod i gjørme i vann-nivået, men i juli 2013 var pinnen bare 20 cm fra kanten. Vi vet ikke om den er blitt manuelt flyttet. I november 2013 var pinnen helt ute på kanten, bak en tømmerstokk. I 2014 ble stasjonen avsluttet siden det pågår forbygging her.
12	10.09.2012	2 pinner, vann-nivå og 66 cm fra kant.	Disse pinnene fant vi ikke igjen verken i april, juli eller november 2013.
12,5	01.07.2013	I juli 2013 satte vi ned to nye pinner i lokalitet 12, ca. 2 meter mellomrom mellom pinnene. Trær langs med kanten.	Fant disse igjen i november, og i sept. 2014, men ingen synlig erosjon her.

Nr.	Satt ned dato	Beskrivelse *	Tidsforløp
13	10.09.2012	2 pinner, i vann-nivå og ved kanten, 60 cm fra kant men i vegetasjon.	I april ble begge pinner gjenfunnet, ingen synlig erosjon. I juli var markøren mellom luft og sediment 15 cm fra bakken – vi er usikre på om dette betyr at den er blitt løftet opp av is eller om den er «skrudd opp» av driv-is. Ingen endring i november 2013, menca. 5 cm økning i avstand mellom markør og bakke i september 2014.
13,5	01.07.2013	Satte ut en ny pinne rett nedstrøms nr. 13.	Pinnen str 40 cm opp fra bakken. Ingen endring i november 2013 eller september 2014.
14	10.09.2012	2 pinner satt ned, i vann-nivå og 65 cm fra kant.	November 2013: Fant igjen begge pinnene – nå ca. 50 cm til kant, og 2,5 m mellom de to pinnene. Fra øverste pinne og til større trestamme i sørøst: 78 cm.
15	01.07.2013	1 pinne satt ned 1 meter fra ras-kant. Ikke trær ved kanten her.	Ingen endring i november 2013. Slutten av september 2014: Pinnen var da ca. 15 cm fra raskant.
16	01.07.2013	2 pinner satt ned, kant og i vannkant, 3,20 meters mellomrom.	Ingen endring i november 2013 eller september 2014.

* Med «kanten» menes det punktet hvor åkeren/vegetasjonssonen begynner å skråne kraftig ned mot elva. I denne elvestrekningen er denne overgangen som regel meget tydelig.

