

Bunntransport i Vekveselva

Et felteksperiment for å undersøke egnetheten til passive integrerte transpondere i fjellelver



Tomas Engvik

Masteroppgave i geografi

Geografisk institutt, NTNU

Trondheim 2011

Abstract

This thesis addresses the difficulties related to measuring of bedload transport in steep mountain rivers. It is important to learn more about how eroding particles move in rivers because of the problems countries like Norway might face with increasing flood events in the future. The main focus for this thesis is to study the bedload transport in Vekveselva in Trollheimen, Norway. The problems to be discussed are (1) which of the tracer methods, passive integrated transponers or visuall tracers, give the best data for analyzing bedload transport, and (2) if the methods used in this investigation are able to determine if the two theories, size-selective or equal mobility, best describes the bedload transport in Vekveselva. Other methods used are impact sensors, pebble counts and grain distribution analysis. The results were difficult to interpret due to three major flood events during the summer of 2010 causing the loss of many tracers. Still there is reason to conclude that which the literature suggests; (1) that passive integrated tranpondertags gives a bigger percentage of recaptures of tracers than with visual tracers and therefore more data to analyze at a later stage, and (2) that size selective is the main form for bedload transport during low flow and equal mobility is more relevant during flood events.

Forord

Da var tiden som student i Trondheim over. Disse seks årene har gitt meg mange gode opplevelser, både faglig og sosialt. Det blir både vemodig og godt og nå skulle ta steget videre inn i arbeidslivet og hva enn fremtiden skulle by på. Vemodig blir det å si farvel til det utrolig gode sosiale miljøet på *lukket avdeling* på geografisk institutt, godt blir det å kunne ta steget videre i livet.

Gjennom masterstudiet har jeg hatt mange gode opplevelser både faglig og sosialt. Feltarbeidet i Trollheimen har gitt mange flotte naturopplevelser, men også en del kalde fingre etter å ha plukket stein i Vekveselva.

Det er mange som fortjener en stor takk nå som masteroppgaven endelig er ferdig. Først vil jeg takke min veileder Geir Vatne for glimrende rådgiving, god hjelp under feltarbeid og mange gode forelesninger. Ditt engasjement innen naturgeografi er en inspirasjon, og var en av grunnene til at jeg valgte denne fagretningen. En stor takk går også til Stine Waldum for godt samarbeid under feltarbeidet. Uten deg ville datainnsamlingen tatt mye lengre tid. Og takk til Kjetil Holm for korrekturlesing.

Til slutt vil jeg takke familie for fantastisk støtte gjennom 18 år med skolegang, venner for godt samvær og kjæreste for støtte og for å ha pressa meg til å stå på når det har vært tungt.

TAKK TIL ALLE SAMMEN! JEG KLARTE DET!

Trondheim 13.06.11

Tomas Engvik

Innhold

Figurliste	viii
Tabelliste	ix
1. Innledning	1
1.1. Bakgrunn for valg av tema.....	1
1.2. Fra nedbør til bunntransport.....	3
1.3. Problemstillinger	4
1.4. Områdebeskrivelse.....	5
1.4.1. Vekveselva	5
2. Teori	9
2.1. Fluvialgeomorfologi.....	9
2.2. Fjellelver	9
2.2.1. Step-pools.....	10
2.3. Bunntransport	12
2.4. Size-selective- og equal mobility transport.....	13
2.5. Dekksjikt	15
3. Metoder	17
3.1. Studiestrekning og gradient	17
3.2. Passive integrerte transpondere	18
3.2.1. PIT-metoden brukt i Vekveselva.....	20
3.3. Fargede tracere	23
3.4. Sjokksensorer	26
3.5. Kornfordeling og steintelling	27
3.6. Metodekritikk.....	29
4. Resultater	31
4.1. Tracerdata for PIT og visuelle tracere	31
4.2. Gjennfinningsrater.....	32
4.3. Hvor ble tracerne funnet?.....	36
4.4. Kornfordeling i sedimentasjonsdammen	37
4.5. Steintelling	38
4.6. Data fra sjokksensorer	38
5. Diskusjon	41

5.1.	Size-selective eller equal mobility?	41
5.2.	Flom.....	46
5.3.	Passive integrerte transpondere eller visuelle tracere?	47
5.3.1.	Uklart vann	48
5.3.2.	Leting etter PIT er fysisk krevende	48
5.3.3.	Utvalg av stein	49
5.4.	Hvor ble PIT funnet?.....	50
5.5.	Hvilke tracere ble funnet?.....	51
5.6.	Metodenes egnethet.....	52
5.6.1.	Fargede tracere	54
5.6.2.	Passive integrerte transpondere	54
6.	Konklusjoner	57
6.1.	Passive integrerte transpondere eller visuelle tracere?	57
6.2.	Bunntransport i Vekveselva.....	57
6.3.	Forslag til videre arbeid.....	58
7.	Litteratur	59

Figurliste

Figur 1.1:	Endring av hyppigheten av dagens 100års flom.....	2
Figur 1.2:	Oversiktsbilde over studieområdet.....	6
Figur 1.3:	Kart over feltområde.....	7
Figur 2.1:	Lengdeprofil av step og pool sekvenser.....	12
Figur 2.2:	Ytre påvirkninger på bunnsedimenter.....	13
Figur 3.1:	Punkter hvor gradient ble målt.....	18
Figur 3.2:	Gradienter.....	18
Figur 3.3:	Oversikt over plasseringspunkt for steiner med PIT-sendere.....	21
Figur 3.4:	Søking etter passive integrerte transpondersendere i Vekveselva.....	23
Figur 3.5:	Visuelle tracere.....	25
Figur 3.6:	En av de større fargede tracerne som ble funnet.....	25
Figur 3.7:	Sjokksensor som registrerer maks akselerasjon gjennom et gitt tidsintervall.....	27

Figur 4.1: Gjenfinningsrate PIT og visuelle tracere.....	33
Figur 4.2-4.8: Visuelle tracere som ble dokumentert funnet sommer/høst 2010.....	35
Figur 4.9: Kornfordeling av sedimentene i sedimentasjonsdammen.....	37
Figur 4.10: Gjennomsnitt og median for steintellinger.....	38
Figur 4.11-4.12: Maks akselerasjon målt ved Tomaskulpen.....	39
Figur 5.1: Perioder hvor det har vært stor transport.....	45
Figur 5.2: Sedimenteringsdammen høsten 2010 før tømming.....	46
Figur 5.3: Data fra sjokksensor Vekve 4 viser tre tydelige topper.....	47
Figur 5.4: Søkeområde for tracere.....	51

Tabelliste

Tabell 2.1: Karakteristika for fjellever.....	10
Tabell 3.1: Plasserte steiner i Vekvelselva.....	21
Tabell 3.2: Klasseinndeling for kornfordelingsanalyse.....	28
Tabell 4.1: Gjennomsnitt og median av visuelle tracere og PIT-sendere.....	31
Tabell 4.2: Oversikt over plasserte tracere med PIT.....	31
Tabell 4.3: Oversikt over alle plasserte visuelle tracere.....	32
Tabell 4.4: Funn av tracere med PIT-sendere.....	34
Tabell 4.5: Ca. transportlengde på tracere med PIT-sendere.....	37

1. Innledning

1.1. Bakgrunn for valg av tema

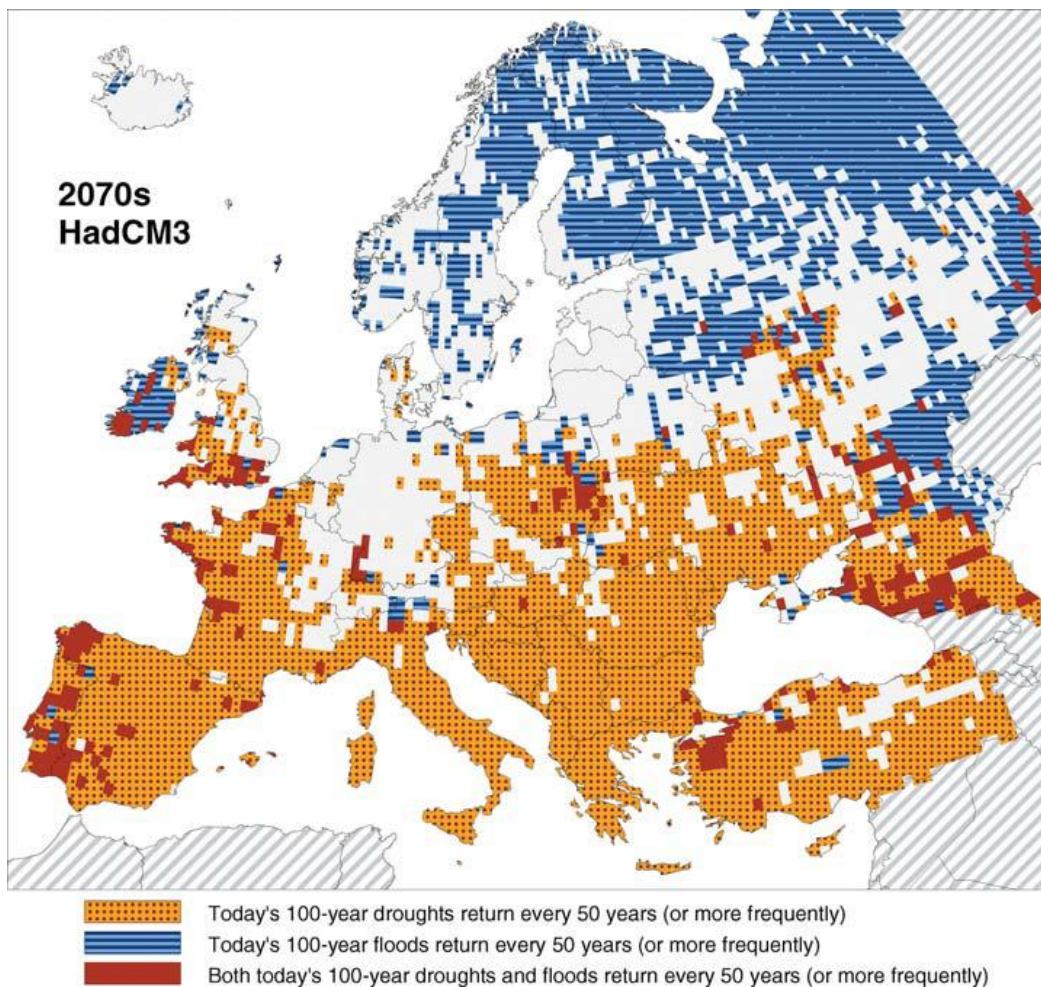
FNs klimapanel, the Intergovernmental Panel on Climate Change, sier utvetydig at verden står ovenfor store utfordringer på grunn av global oppvarming (Climate Change 2007: Synthesis Report 2007). Det må nevnes at det fortsatt er politisk uenighet om hvorvidt klimaforandringer er menneskeskapt og om de vil utgjøre en trussel for mennesker. I denne oppgaven vil derimot ikke dette spørsmålet bli diskutert. Det blir tatt utgangspunkt i at FNs klimapanel kommer med reelle data som bør tas hensyn til. En av utfordringene som presenteres i rapporten som ble lagt frem i 2007 er økt nedbør som kommer som følge av økt havtemperatur. Dette kommer frem i Climate Change 2007: The physical science basis: A summary for policy makers:

“Long-term trends from 1900 to 2005 have been observed in precipitation amount over many large regions. Significantly increased precipitation has been observed in eastern parts of North and South America, northern Europe and northern and central Asia”.

Økt nedbør vil videre ha en effekt på fluviale systemer. Det kan være i form av større og hyppigere ekstremflommer, hyppigere flomhendelser eller forandringer på maks og minimum vannføring til forskjellige tider på året. I artikkelen ”Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis” av Bernhard Lehner et.al. (2006) kommer dette tydelig frem. Figur 1.1, som er hentet fra nevnte artikkel, viser at de flommene vi i dag ser som 100års flommer vil i 2070 ha gjentakelsesrate som en 50års flom eller hyppigere i store deler av Nord-Europa. Dette kan by på utfordringer i forhold til sikring og varsling av flom og skred. I følge Norges Vassdrags- og Energidirektorat skal ”alle vassdrag som har flomrisiko av betydning skal det utarbeides forvaltningsplaner for flom” (Pettersen, 2009). Dersom sannsynligheten for at større flommer vil øke i hyppighet i forhold til i dag vil disse forvaltningsplanene måtte revurderes, og andre tiltak for sikring og varsling gjennomgås.

De aktører som produserer elektrisitet gjennom å utnytte vannkraft vil også kunne stå ovenfor nye utfordringer. Større og hyppigere flommer kan bety at flere og større sedimenter settes i transport som videre kan føre til større slitasje på installasjoner og utstyr brukt i strømproduksjon. Dette er tilfelle for strømprodusenten TrønderEnergi som blant annet tapper

vann fra Vekveselva i Trollheimen. Deres anlegg ble utsatt for større skader da en flom i Vekveselva brakte med seg store mengder sedimenter som i 2003 gjorde skader på anlegget. På grunn av dette ble det bygget en sedimenteringsdam for å skille ut sedimentene fra vannet før det blir ført i tunnel til kraftverket (hoelogsonner.no). Det er på grunn av slike utfordringer det nå viktigere enn noen gang å kunne overvåke elver på en god måte og videreutvikle metodene som brukes i fluvialgeomorfologien.



Figur 1.1: Endring av hyppigheten av dagens 100års flom I 2070 merket i blått (Lehner, et al., 2006).

1.2. Fra nedbør til bunntransport

Den økte nedbørsaktiviteten vil også påvirke skråningene som ofte omslutter elver. Regn er hovedfaktoren som påvirker skråningsprosesser (Knighton, 1998). Man må derfor kunne anta at man med økt nedbør også vil få flere skred og tilførsel av sedimenter til elvene. Langs Vekveselva (se områdebeskrivelse 1.4) er det flere aktive skredsår som tilfører elva sedimenter. Disse sedimentene blir enten liggende eller satt i transport avhengig av størrelse på sedimentene og størrelse på vannføring. Sedimentene som tilføres er med på å utforme elven og i Vekveselva er det blitt dannet en step-pool-formasjon som er typisk for fjellelver (se mer om step-pools i kapittel 2.1). Bunnformene i elver kan være stabile eller bli brutt opp og flyttet. Dette avhenger av størrelsen på vannføringen og man snakker gjerne om en 3-faseversjon av bunntransport (se kapittel 2.2).

Når sedimenter blir satt i transport skjer det hovedsakelig gjennom suspensjonstransport og/eller bunntransport (se kapittel 2.2). I denne oppgaven vil hovedfokuset være på bunntransport selv om suspensjonstransporten også vil bli nevnt. Det er to rådende teorier på hvordan bunntransporten foregår; (1) Gjennom size-selektive transport (SST): at mindre partikler blir lettere satt i transport enn de større og tyngre, eller (2) gjennom equal mobility transport (EMT): at hvilke partikler som blir satt i transport er uvahengig av størrelse da løfte- og drakreftene påvirker partiklene ulikt etter hvordan de ligger i forhold til hverandre (se kapittel 2.2.1). Å undersøke hvilke transportfaser som har vært til stede i Vekveselva i studieperioden, samt hvilken av SST- og EMT-teoriene som er best egnet til å beskrive bunntransporten her vil være et av målene for denne oppgaven.

Måling av bunntransport er samtidig med måling av suspensjonstransport en viktig metode for forskning innen fluvial geomorfologi. Dette er hensiktsmessig for å finne terskelverdier for transport av partikler i elveløp, hvilke partikler som blir transportert og hvor langt de blir transportert ved forskjellige vannføringer. Det finnes en rekke metoder for å måle bunntransporten, men det er også knyttet mange utfordringer til disse. Nøyaktig måling av bunntransport er veldig vanskelig, og mye av feilmarginene skyldes måleinnretningene og de ekstreme temporære variasjonene i transportrate (Hicks & Gomez, 2003; Knighton, 1998). Kvaliteten på enkelte metoder er diskutabile og dataene de gir kan være vanskelige å tolke. Det er derfor viktig at nye metoder utvikles og at de tradisjonelle metodene videreutvikles.

Den mest tradisjonelle metoden er å bruke visuelle tracere. Denne metoden vil bli presentert i sin helhet i metodekapittelet, men handler i hovedsak om å plassere partikler i elva som har

blitt malt i en sterk farge for så å plukke dem opp etter en gitt tidsperiode for å se hvor langt de har blitt transportert. En nyere metode, som også vil bli presentert i metodekapittelet, er bruk av passive integrerte transpondere (PIT). Denne metoden er lånt fra biologien og går ut på å merke partikler med små radiosendere før man plasserer dem i elveløpet. En antenne brukes så for og gjenfinne partiklene. Å sammenligne disse metodene og på denne måten se hvordan bruk av passive integrerte transpondere egner seg til å måle bunntransport i en step-pool elv som Vekveselva er et av hovedmålene for denne oppgaven.

1.3. Problemstillinger

Denne masteroppgaven har som utgangspunkt å undersøke bunntransporten i Vekveselva i Trollheimen. Gjennom dette ble det gjort felteksperiment med bruk av visuelle tracere og passive integrerte transpondere for å måle bunntransporten. Det ble også brukt sjokksensorer, gjort steintellinger og kornfordelingsanalyser (se metodekapittel). Undersøkelsen og feltarbeidet foregikk i tidsperioden september 2009 til oktober 2010. Med dataene ervervet med de nevnte metodene vil følgende to problemstillinger bli diskutert i denne masteroppgaven:

- (1) Hvilken av tracermetodene, visuelle eller passive integrerte transpondere, gir best data, og hvilken av dem er best egnet til å måle bunntransport i en step-pool elv?
- (2) Er de valgte metodene for denne oppgaven egnet til å (a) si noe om size-selective eller equal mobility er best beskrivende for sedimenttransport i Vekveselva, og (b) si noe om hvilke faser transport som har funnet sted i studieperioden?

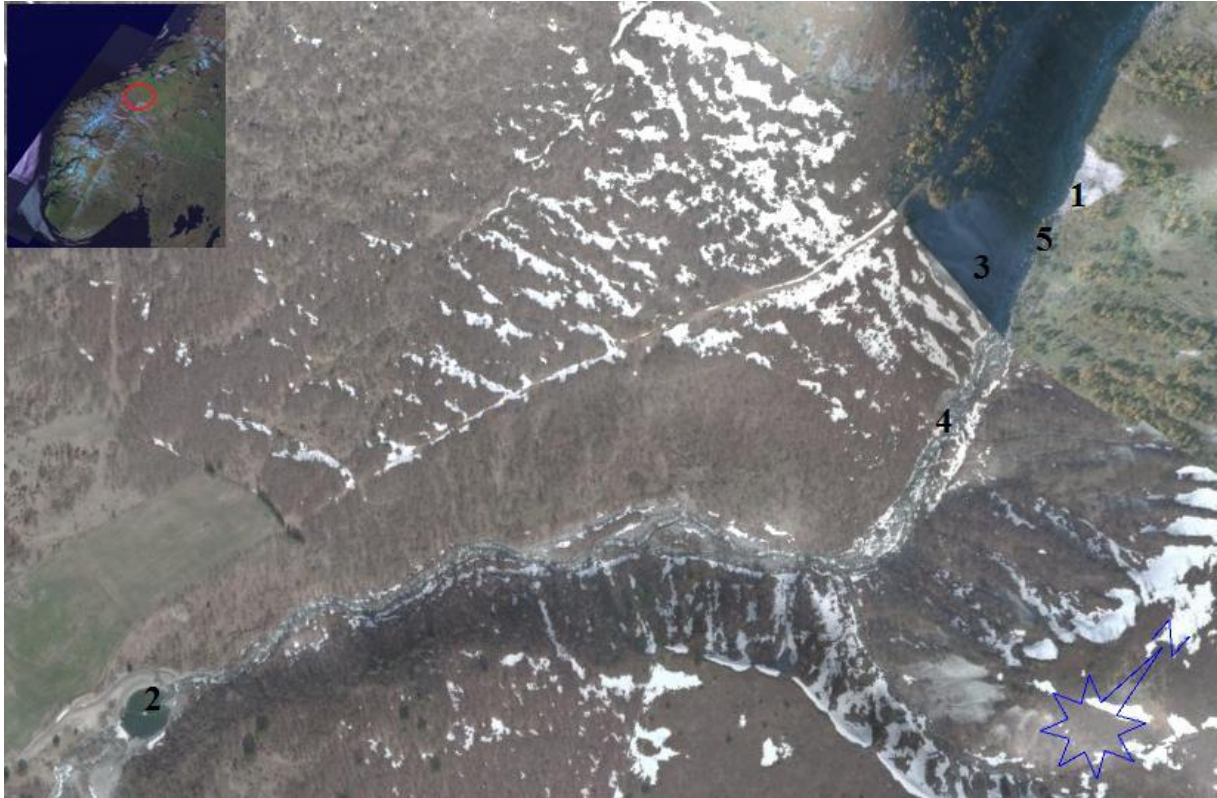
1.4. Områdebeskrivelse

Alt av feltarbeid og datainnsamling til denne oppgaven ble gjennomført i Vekveselva i Trollheimen i perioden september 2009 til oktober 2010. Trollheimen er et fjellområde som ligger i Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag. Selve studieområdet ligger i Oppdal kommune som ligger helt sør i Sør-Trøndelag. Vekveselva ligger cirka 7 kilometer i luftlinje nordvest for Auna, som er Oppdals sentrum.

1.4.1. Vekveselva

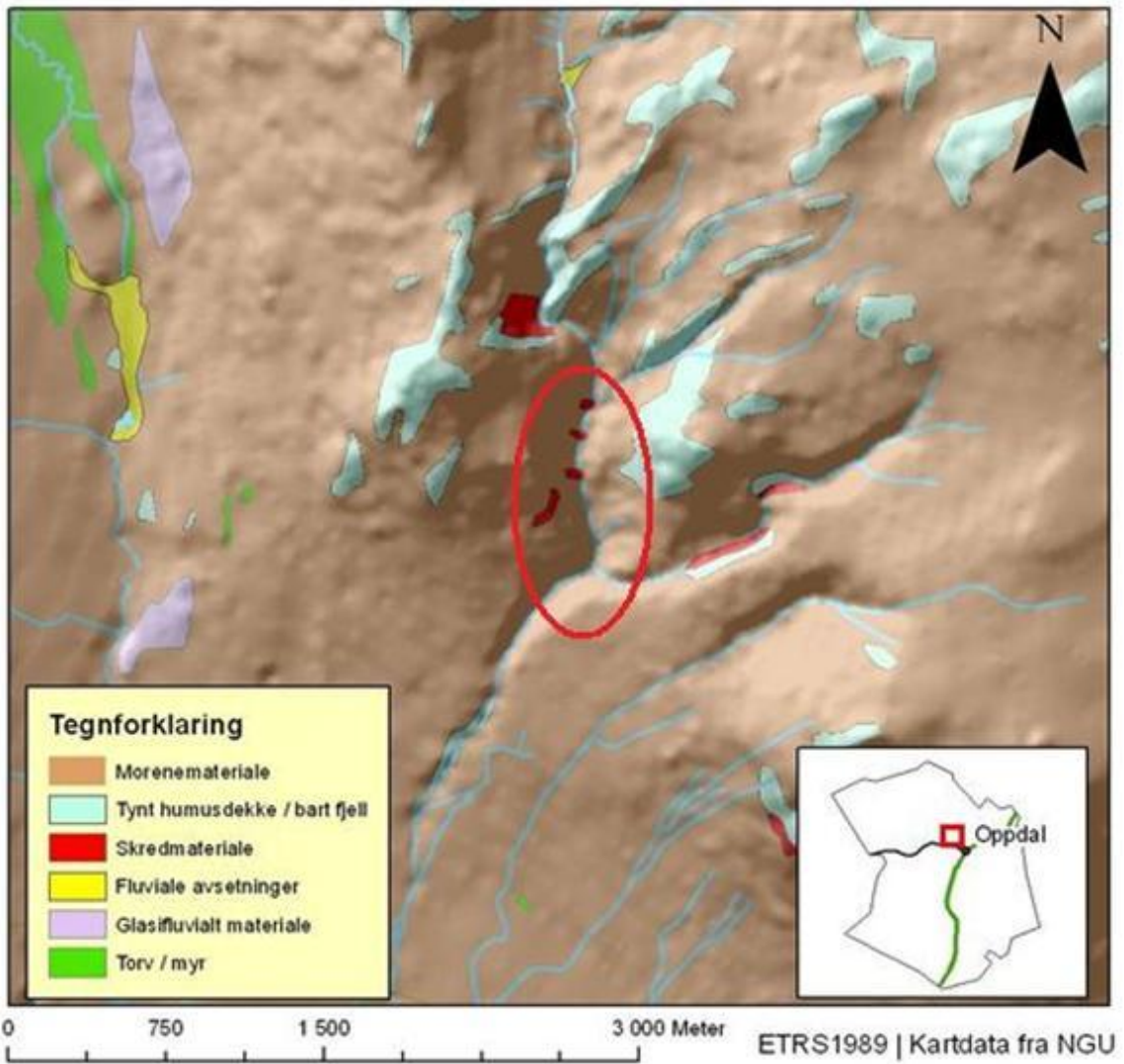
Vekveselva er en klassisk norsk fjellelv med en tydelig step-pool profil og heterogent materiale. Selve elva går gjennom en V-dal med morenemateriale som har stor mektighet (NGU.no, 2011). Dette bærer også elva preg av i form av stor variasjon av sedimentstørrelser fra silt og tynn leire til store immobile blokker. Den delen av elva hvor feltarbeidet har blitt utført starter på ca. 860 meter over havet og ender på ca. 760 meter over havet (Norgei3d.no). Studiestrekningen (fra punkt 1 til punkt 2 i figur 1.2) er ca. 1092 meter, og har en gjennomsnittsgradient på 8,9 %. I dette området er det er en årlig gjennomsnittsnedbør på 670 millimeter målt fra 1961-1990 (eklima.met.no). Disse dataene er hentet fra Nerskogen klimastasjon som ligger i cirka samme høyde og i samme fjellområde som studieområdet.

Langs elva er det en rekke skredsrår. I denne oppgaven vil det bli referert til tre stykk: (1) Storskredet, (3) Larsskredet og (4) Ivarskredet. Like oppstrøms for Larsskredet ligger (5) Tomaskulpen. Denne kulpen vil bli referert til flere ganger, og avsluttes på samme punkt hvor Larsskredet starter. Det er i denne kulpen søkingen etter tracere med PIT-sendere startet (se metodekapittel). Ved slutten av feltområdet ligger det en sedimentasjonsdam (2). Denne ble bygget av TrønderEnergi 2007 med den hensikt at den skal stoppe bunntransporten under flom slik at sedimentene ikke tetter og ødelegger vanninntaket til kraftverket. Figur 1.2 viser et oversiktsbilde over Vekveselva hvor man kan se Storskredet (1) til høyre i øverste billedkant og sedimentasjonsdammen (2) i nedre billedkant.



Figur 1.2: Oversiktsbilde over studieområdet i Vekveselva (Norgei3d.no).

Figur 1.3 viser en oversikt over avsetninger i og rundt studieområdet. Selve studiestrekningen er sirklet inn. Det kommer tydelig frem at området hovedsakelig består av morenemateriale, som er avsetninger fra istida. Det faktum at området består av store deler morenemateriale gjør at det er et gunstig område å utføre feltarbeidet til denne masteroppgaven. Nå det i tillegg er stor skredaktivitet i skråningene rundt studiestrekningen tyder dette på at Vekveselva er en kolluvial elv med stor sedimenttilgjengelighet. Store nedbørsmengder er med på å igangsette prosessene som får sedimentene til elva. På kartet er områder med skredaktivitet merket med rødt. De tre øverste markeringene i sirkelen viser også at skredsårene går helt ned til elva.



Figur 1.3: Kart over feltområde.

2. Teori

2.1. Fluvialgeomorfologi

Fluvialgeomorfologien er opptatt av vannets rolle i endring av landskapet over tid og i det geografiske rom. Viktige elementer er å forstå prosesser, forutse endring gjennom feltobservasjon, eksperimentelle studier og numeriske modeller (Thorndycraft, Benito, & Gregory, 2008). Dette kapittelet vil dreie seg om den delen av fluvialgeomorfologien som omhandler bunntransport i en fjellelv med step pool lengdeprofil. Først gjøres det rede for fjellelver, deretter step pool morfologien og videre teori på bunntransport.

2.2. Fjellelver

Vekkeselva beskrives innledningsvis som en klassisk fjellelv med tydelig step-pool profil. Det vil derfor i dette kapittelet bli presentert teori på fjellelver generelt, og mer spesifikt på step-poolselver. Dette gjøres på grunn av at det vil kun bli presentert teori om bunntransport som er relevant for denne typen elv.

Flere forskere har forsøkt å lage klassifiseringsskjema for alle fluviale systemer (Rosgen, 1994), men disse blir fort veldig generelle. I *Channel-reach morphology in mountain drainage basins* tar Montgomery og Buffington (1997) for seg fjellelver spesielt og danner derfor et godt grunnlag for teorien om disse fluviale systemene. Wohl (2006) definerer fjellelver som de nettverk av elver som drenerer i de forskjellige fjellområder på jorden. Videre forsøker Montgomery og Buffington (1997) å klassifisere de forskjellige typer elvesystemer som går under Wohls definisjon ut ifra en rekke fysiske karakteristikker som skiller dem fra hverandre. I motsetning til selvorganiserende elver i lavlandet er fjellelver sterkt påvirket av ytre faktorer som gradient og sedimenttilgang.

Montgomery og Buffington (1997) deler inn i tre typer underlag som fjellelver kan ha: Berggrunn, alluvial og kolluvial. Elver i fast fjell kjennes igjen ved at det ikke finnes sedimenter langs elvebunnen. Dette tyder på høy transportkapasitet og liten sedimenttilgang. Dette er gjerne elver med høy gradient. Alluviale elver varierer stort mellom morfologi, ruhet og gradient med sortert eller usortert bunnmateriale. Det er fem forskjellige typer alluviale elver: Dune ripple, pool riffle, plane bed, step pool og cascade (Montgomery & Buffington, 1997). Kolluviale elver skiller seg fra alluviale ved at de har stor sedimenttilgang men liten eller ingen transportkapasitet. Disse elvene er gjerne små kildeelver. Tabell 2.1 viser en

oversikt over de sju forskjellige kanaltypene med deres karakteristika som gir dem hvert sitt særpreg og derfor mulig å klassifisere hurtig ved observasjon.

Tabell 2.1: Tabellen viser karakteristika for fjellever. Step pool elv er merket i rødt (Montgomery & Buffington, 1997).

CHANNEL-REACH MORPHOLOGY IN MOUNTAIN BASINS							
TABLE 1. DIAGNOSTIC FEATURES OF EACH CHANNEL TYPE							
	Dune ripple	Pool riffle	Plane bed	Step pool	Cascade	Bedrock	Colluvial
Typical bed material	Sand	Gravel	Gravel-cobble	Cobble-boulder	Boulder	Rock	Variable
Bedform pattern	Multilayered	Laterally oscillatory	Featureless	Vertically oscillatory	Random	Irregular	Variable
Dominant roughness elements	Sinuosity, bedforms (dunes, ripples, bars) grains, banks	Bedforms (bars, pools), grains, sinuosity, banks	Grains, banks	Bedforms (steps, pools), grains, banks	Grains, banks	Boundaries (bed and banks)	Grains
Dominant sediment sources	Fluvial, bank failure	Fluvial, bank failure	Fluvial, bank failure debris flows	Fluvial, hillslope, debris flows	Fluvial, hillslope, debris flows	Fluvial, hillslope, debris flows	Hillslope, debris flows
Sediment storage elements	Overbank, bedforms	Overbank, bedforms	Overbank	Bedforms	Lee and stoss sides of flow obstructions	Pockets	Bed
Typical confinement	Unconfined	Unconfined	Variable	Confined	Confined	Confined	Confined
Typical pool spacing (channel widths)	5 to 7	5 to 7	None	1 to 4	<1	Variable	Unknown

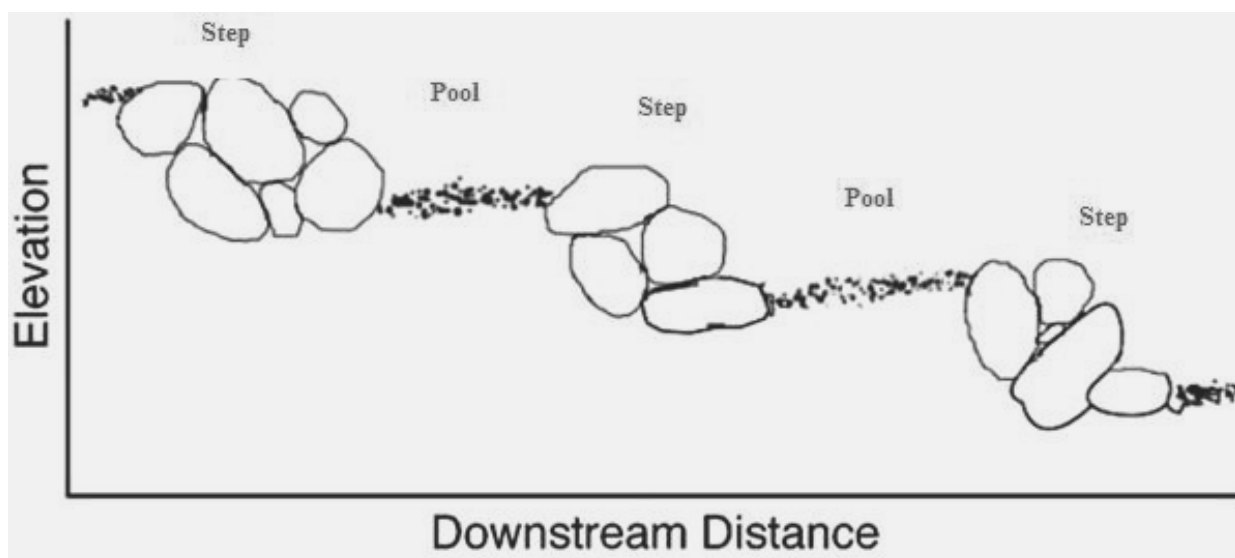
2.2.1. Step-pools

Bratte fjellever med grovkornet bunn og større kampesteiner, og med periodevis stor transportkompetanse, utvikler ofte en distinkt trappeformasjon som vist i figur 2.1 (Chin & Phillips, 2006; Molnar, Densmore, McArdell, Turowski, & Burlando, 2010; Whittaker, 1987). Denne type elver kjenner vi som step-pool elver. Step-pool kan løst oversettes til fall-kulp på norsk, men i denne oppgaven vil det engelske begrepet brukes. I kolluviale elver, som Vekveselva, er det de større formasjonsdannende pariklene, som vil bli kalt nøkkelsteiner i denne oppgaven, som danner step-poolformene (Montgomery & Buffington, 1997). Dette er steinblokker som er immobile bortsett fra ufrekvente hydrologiske hendelser, som 20-50 årsflommer.

De stabile nøkkelsteinene gjør at grove partikler akkumuleres og danner en forhøyning som strekker seg fra den ene elvebredden til den andre. Sedimentene som danner disse

forhøyningene kan være rester fra tidligere glasiære prosesser (Chin & Wohl, 2005). Grus og sand kan kile seg mellom nøkkelsteinene og danne en lite permeabel sammensetning. Disse forhøyningene kalles steps, og rett nedenfor disse dannes kulper, som kalles pools, som består av finere partikler (Molnar, et al., 2010). Pools er ofte en til fire kanalbredder lange, og svarer til maksimum strømningsmotstand, hvilket stabiliserer elvebunnen som ellers ville blitt mobil (Montgomery & Buffington, 1997). Steps fungerer altså regulerende på vannet som strømmer i elven. De utgjør en hydraulisk resistens som sørger for energitap (Chin & Wohl, 2005). Dette foregår ved at vannet strømmer over de grove partiklene som utgjør steps og faller ned i pools hvor det oppstår turbulente strømminger. Elven taper dermed energi som ellers ville ført til sedimenttransport og erosjon av elvebunnen. Man kan derfor se på step-pools elver som vertikalt meanderende. Energitapet er igjen regulert av hvor stor vannføringen er. Ved lav vannføring vil fallet fra et step sørge for 80-90 % av energitapet (Chin, 2003). Når vannføringen øker vil step-poolformasjonene bli mer og mer gjemt av vannmassene og det er de større formene og elvemorfologien som står for det meste av energitapet (Chin & Wohl, 2005).

For at step-pool morfologien skal kunne oppstå må gradienten på elven være mellom 3-5 % og 25-30 % (Lenzi, 2001). Den gjenkjennes også ved lav bredde til dybde ratio og at det er ofte bratte skråninger som sørger for hovedtilførselen av sedimenter (Montgomery & Buffington, 1997). Disse bratte skråningene er til stede i Vekveselva.



Figur 2.1: Lengdeprofil av step og pool sekvenser (Chin & Phillips, 2006).

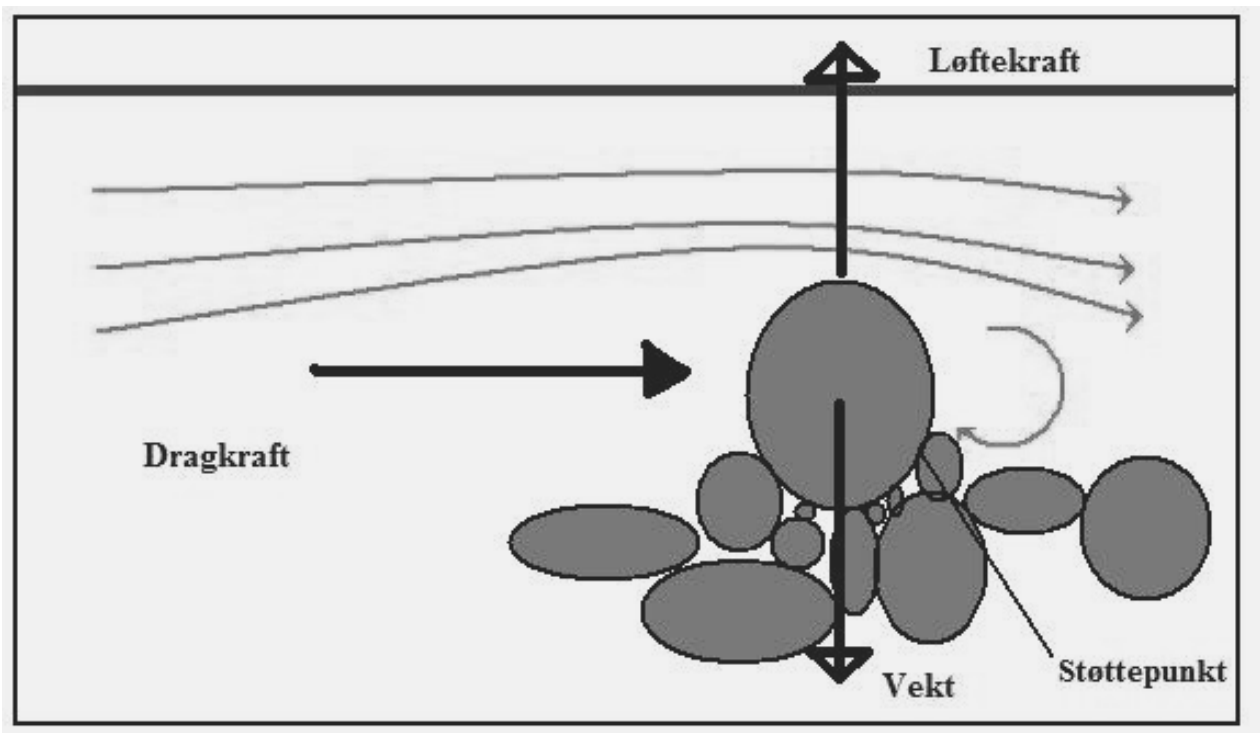
2.3. Bunntransport

Et viktig element i fluvialgeomorfologien er studeringen av bunntransport. Basil Gomez definerer bunntransport slik; ”De partikler som transporteres langs bunnen av elva i en rullende- og/eller saltasjonsbevegelse” (1991). Partiklene beveger seg i lavere hastighet enn vannføringen (Nelson, Bennett, & Wiele, 2003). I Gomez` artikkel ”Bedload Transport” fra 1991 gjøres det rede for forståelsen av bunntransport, metoder og teknikker for måling og forskning gjort på dette området det siste århundret. Forenklet kan man si at ved bunntransport blir sedimenter trukket med og transportert langs og avsatt på bunnen av elva. Sedimentene som transporteres som bunntransport er sjelden mindre enn 0,1 - 0,2 millimeter store da disse vil bli transportert som suspendert materiale (Gomez, 1991). I suspensjonstransport holder partiklene seg svevende i vannet på grunn av stigende turbulente vannbevegelser (Church, 2006). Disse partiklene kan bevege seg langt før de blir avsatt på elvebunnen.

Bunntransporten styres av tre viktige faktorer; transportkapasitet, transportkompetanse og sedimenttilgjengelighet (Hicks & Gomez, 2003). Transportkapasiteten bestemmer maksimum konsentrasjon av sedimenter elven kan transportere. Transportkompetansen bestemmer maksimum størrelse som kan transporteres i en gitt vannføring. Sedimenttilgjengeligheten sier noe om hvor mye sedimenter som tilføres elva. Dersom elven er ”*supply limitet*”, at elven tilføres mindre sedimenter enn transportkompetansen, eller at transportkompetansen øker, vil dette føre til erosjon (Gomez, 1991; Hey, 1987).

Men bunntransport foregår uavhengig av erosjon, og det er en rekke ytre krefter som påvirker bunnsedimentene og som avgjør om de blir satt i transport eller ikke. Dersom de ytre kreftene er sterke nok vil de klare å skyve, velte eller løfte partiklene (Sæterbø et. al., 1998). Og det er når disse kreftene er sterke nok man har bunntransport. Sæterbø (1998) forklarer dragkraften og løftekraften slik:

”*Dragkraften* er vannets trykk og sug parallelt med bunnen på den delen av materialet som stikker opp over resten av bunnen. *Løftekraften* skyldes trykkforskjeller på grunn av lokale hastighetsvariasjoner over kornet” (Sæterbø et. al., 1998).



Figur 2.2: Ytre påvirkninger på bunnsedimenter.

I figur 2.2 kan man se hvordan de forskjellige ytre faktorene løftekraft, dragkraft, vekt og eventuelt støttepunkt er med å påvirke om en partikkel vil flytte på seg eller ikke. Disse faktorene sammen med kohesjon, form på partiklene og hastighet på vannet er avgjørende for å finne terskelverdien for transport.

2.4. Size-selective- og equal mobility transport

Det har blitt gjort mye forskning på å finne terskelverdier for transport ut ifra enkle strømningsparametre (Charlton, 2008). Dette er fordi denne kunnskapen er relevant i forbindelse med bygging av infrastruktur i og ved fluviale systemer med tanke på erosjonsrater. Det er to rådende teorier som er aktuelle for bunntransport i en fjellelv med step-pool profil. Disse er size-selective teorien til Albert Shields fra 1936 og equal mobility teorien til Parker fra 1982.

Size-selective -teorien til Shields går ut på at større og større partikler mobiliseres til transport ved økende vannhastighet. Mer nøyaktig forklart handler denne teorien om den kritiske skjærstressverdien mot elvebunnen som er nødvendig for å sette partikler i transport.

Skjærstresset mot bunnen (τ_b) må være lik eller overstige den kritiske terskelverdien for partikkelen (τ_c) (Charlton, 2008).

$$\tau_b = \tau_c$$

Den kritiske terskelverdien kan defineres ved å bruke Shields parameter. Den kritiske skjærstressverdien er definert i en dimensjonsløs form (Bathurst, Graf, & H.H., 1987; Charlton, 2008). Shields parameter brukes i en rekke transportligninger og ser slik ut:

$$\theta_c = \frac{\tau_c}{g(\rho_s - \rho)D}$$

g = akselerasjon grunnet gravitasjon

ρ_s = Sedimenttetthet

ρ = Vanntetthet

D = Partikkelstørrelse

Equal-mobility -teorien til Parker fra 1982 sier at partikler med ulik størrelse kan settes i transport ved lik vannhastighet, noe som derfor utfordrer og motsier size-selective teorien. Parker mener at elver med grovkornet bunn må i løpet av et år transportere like mye grovt materiale som fint materiale for å tilnærme seg en likevektstilstand (Parker & Toro-Escobar, 2002). Dette skjer ved at de grove partiklene blir overeksponert for skjærstresset og satt i transport, og dermed skaper et mobilt deksjikt (se kapittel 2.3) som beskytter det finere materialet. I en elvebunn med heterogent materiale, som er det mest vanlige i naturen og tilfelle i Vekveselva, vil større partikler gi «beskyttelse» for de mindre slik at større krefter må til for å sette dem i transport. Større partikler som er omgitt av finere partikler er relativt sett mer utsatt for transportkreftene på grunn av at partikkelen har en større flate mot skjærstresset enn de ville vært om de lå sammen med like partikler (Charlton, 2008; Knighton, 1998). Partikler med lik størrelse er i liten grad påvirket av denne effekten. Empirisk forskning viser at det ved stor vannføring nærmer seg equal-mobility og at alle avvik fra denne teorien går mot size-selective (Charlton, 2007).

Både size-selective-teorien til Shields og equal mobility teorien til Parker kan knyttes til en 3-faseversjon av bunntransport. Warburton (1992) mener en tre-fase modell for transport er gjeldene step-pool elver. Fase en representerer transport under lav vannføring hvor fint materiale som sand og grus beveger seg over et stabilt dekk sjikt. I fase to transporteres grovere sedimenter og det skjer en oppriving av dekk sjiktet og en blottlegging av materiale som tidligere var isolert forekommer. Overgangen til fase to indikerer en drastisk økning av bunntransport. Fase tre resulterer i full mobilitet av alt bunnmateriale og ødeleggelse av step-pool topografien under flomhendelser (Marion & Weirich, 2003). Denne 3-faseversjonen for bunntransport antyder at større sedimentert blir satt i transport etter hvert som vannføringen øker, men den sier også at det i fase tre er full mobilitet av sedimenter hvilket antyder en equal mobility transport.

2.5. Dekk sjikt

I de fleste grovkornede fjellelver finnes det et dekk sjikt i elvebunnen. Dekk sjiktet er tettpakkede partikler som fungerer som beskyttelse mot erosjon og transport av det finere materialet i bunnen. Det deles inn i to typer dekk sjikt: (1) Statisk dekk sjikt og (2) mobilt dekk sjikt. Det statiske dekk sjiktet er stabilt under de fleste vannføringer og er typisk for elver med lite sedimenttilgang (Sutherland, 1987). Det mobile dekk sjiktet kan flyttes selv om bunnstrukturen beholdes (Powell, 1998). Mobile dekk sjikt oppstår når den dominerende formen for transport er equal mobility ettersom den reduserte mobiliteten til grovere sedimenter blir motvirket av det økte skjærstresset som oppstår under EMT (Gomez, 1991). Det er også visse faktorer som må være tilstede for at et statisk dekk sjikt skal kunne dannes. For det første må det være et visst spenn i størrelsene på partiklene. For det andre må den riktige vannføringen være til stede. Sutherland (1987) mener dekk sjikt oppstår når vannføringen er mellom grensen for at de minst motstandsdyktige partiklene og de mest motstandsdyktige partiklene settes i transport. Sutherland (1987) sier også at statisk dekk sjikt oppstår i elver med lite sedimenttilgang oppstrøms. Powell (1998) ser også en korrelasjon mellom gjeldende transportform og type dekk sjikt. Statische dekk sjikt har en tendens til å dannes der hvor size-selective transport dominerer, og videre har mobile dekk sjikt en tendens til å dannes under equal mobility transport.

3. Metoder

I dette kapitlet vil de to metodene, visuelle tracere og passive integrerte transpondere, bli presentert sammen med hvordan disse ble utført i felt. Begge disse to metodene ble utført i Vekveselva i perioden september 2009 til oktober 2010 for å måle bunntransporten i elva. Det ble også brukt sjokksensorer i Vekveselva i denne perioden. Dataene fra disse vil sammen med dataene fra steintellinger og kornfordelingsanalyser ligge til grunn for diskusjonen rundt hvilke faser av transport som er til stede og om SST eller EMT er best beskrivende for bunntransporten. Dataene fra sjokksensorene gir også en indikasjon på vannføringen i perioden de var aktive. Ettersom det ikke finnes gode vannføringsdata fra Vekveselva i studieperioden på grunn av ødelagte måleinstrumenter vil dataene fra sjokksensorene brukes til å gi et inntrykk av størrelsen på vannføringen.

3.1. Studiestrekning og gradient

Lengden på studiestrekningen er viktig å måle ettersom enkelte tracere ble transportert gjennom hele strekningen (se kapittel 4.3). Lengden ble estimert ved å bruke Google earth. Ved å sette to punkter på det digitale kartet finner programmet ut hvor langt det er i mellom punktene. Ettersom elven ikke er en rett strekning ble det målt totalt fire strekninger for å få mest mulig korrekt strekning i luftlinje fra Storskredet til sedimentasjonsdammen. Gjennomsnittsgradient for studiestrekningen ble målt for å se om Vekveselva er innenfor de gradientene (3-5 % til 25-30 %) som Lenzi mener må være tilstede for at step-poolformasjonen skal kunne oppstå (Lenzi, 2001). Økt gradient kan også øke bunntransportsakselerasjonen. Flere studier viser at gradient korrelerer med steplengde og stepløydde (Duckson & Duckson, 1995; Knighton, 1998; E. E. Wohl & Grodek, 1994). Steplengde- og høyde sammen med vannhastigheten påvirker også kornstørrelsen i elver (Chin & Wohl, 2005). Gradienten ble estimert gjennom å måle gradient på totalt åtte strekninger (T1 til T8), se figur 3.1 og 3.2. Studiestrekingens gradient ble målt med et inklinometer.



Gradient	%
T8 – T7	15,50
T7 - T5	6
T5 – SK	9
SK – T4	8
T4 – T2	7,50
T2 - T1	8
T1	8

Figur 3.1 og 3.2: T1 til T8 viser punkter hvor gradient ble målt. Gjennomsnitt av disse er satt som gjennomsnittsgradient for hele studiestrekningen fra Storskredet til sedimentasjonsdammen(norgei3d.no).

3.2. Passive integrerte transpondere

Passive integrerte transpondere forkortes gjerne til PIT, og videre i oppgaven vil denne forkortelsen vise til dette. PIT er en teknologi som kan brukes til å overvåke bevegelse av blant annet dyr og dødt materiale som for eksempel fluviale sedimenter. Selve systemet kan deles inn i tre deler; PIT-sendere, en transceiver, som er en sender og avleser i ett (Eng: Transmitter and receiver), og en antenne (Hill, Zydlewski, Zydlewski, & Gasvoda, 2005). En PIT-sender er en liten glasskapsel som inneholder en antennespiral, en kondensator og et lite kretskort. Størrelsen kan variere fra 10-32+ millimeter. Disse senderne festes til den organisme, eventuelt sediment i geomorfologisk forskning, som man ønsker å observere. Transcieveren gir strøm til PIT-senderen gjennom antenna når den registreres for første gang. PIT-senderen sender da en individuell kode tilbake til transcieveren gjennom antenna som blir lagret. Transcieveren har også et display og et tastatur for å lagre filer og lignende. Alle PIT-sendere som er satt i drift har sin egen individuelle kode som gjør den unik. Et eksempel på denne koden er: 985.121020987087. Den individuelle koden kan sammenlignes med

personnummer hos personer og er like pålitelig som et fingeravtrykk er for identifisering av mennesker (Gibbons and Andrews 2004). PIT-senderne trenger ingen batterier og levetiden er derfor tilnærmet uendelig (Castro-santos et al. 1996).

Prisene for dette utstyret kan variere noe hos de forskjellige leverandørene, men i denne undersøkelsen har det blitt tatt utgangspunkt i utstyret som ble kjøpt inn av Geografisk institutt ved Norges teknisk- og naturvitenskapelige universitet (NTNU) høsten 2009 hos leverandøren Biomark. Det nødvendige utstyret kan kjøpes i et "Tagging Kit" som inneholder transceiver, batterilader, liten håndholdt antenne og nødvendige kabler. Dette koster 3700 US dollar. Antennen, en tohånds antenne til bruk av søk i vann, som ble kjøpt inn som tillegg utstyr koster 1300 US dollar. Totalt sett dersom man kjøper inn 500 sendere vil prisen komme på 7875 US dollar. Alle priser er hentet fra Biomarks produktkatalog fra 2009.

Passive integrated transponders har allerede blitt brukt i stor grad innen biologisk forskning for å merke dyr (Allan, Hart, & Tranquili, 2006; Castro-Santos, Haro, & Walk, 1996; Gibbons & Andrews, 2004). Theodore Castro-Santos, Alex Haro og Stephen Walk (1996) viser i sin artikkel "*A passive integrated transponder (PIT) tag system for monitoring fishways*" til en forskningsstudie gjort allerede i 1990 av Prentice et al. (1990) der bruk av PIT gav en overlegen dataerhvervelse sammenlignet med "mark-recapture-metoden". Flere studier viser at bruken av dette systemet er både effektivt og nøyaktig innen biologisk forskning. Castro-Santos, Haro og Walk`s studie konkluderer med at PIT-taggingsystemet er et meget effektivt system for stor- og småskala overvåking av bevegelse av fisk til en relativt lav kostnad.

Første gang PIT ble brukt til geomorfologisk forskning var i 2005 og ble utført av Hèlène Lamarre, Bruce MacVicar og André G. Roy (2005). Deres paper "*Using passive integrated transponder (PIT) tags to investigate sediment transport in gravel-bed rivers*" tar for seg hvordan de utførte sitt feltarbeid og hvilke fordeler og ulemper de observerte ved bruken av PIT. Det vises i artikkelen til at eksisterende metoder for måling og observasjon av bunntransport møter problemer når det gjelder gjenervervelsesrate, kostnader og forringelse av utstyr. Disse utfordringene med mer tradisjonelle metoder gjør det vanskelig å utføre langtidsstudier med representative resultater. Dette mener Lamarre, McVicar og Roy (2005) er utfordringer man kan unngå ved å bruke PIT. Deres gjenervervelsesrate fra 204 PIT-sendere etter to flomhendelser var på henholdsvis 96 % og 87 %.

3.2.1. PIT-metoden brukt i Vekveselva

Arbeidet med å bruke PIT i Vekveselva startet i september 2009. Totalt sett ble 229 steiner med PIT-sender festet til seg plassert i elva. Disse steinene ble delt inn i 8 grupper og plassert på forskjellige plasser i elva (se bilde 3.2). Alle steinene (bortsett fra gruppe 7) ble plukket ut langs elvebredden under lav vannføring og har blitt transportert på et tidligere tidspunkt. Dette var for å benytte steiner som hører naturlig til i vassdraget. For å feste PIT-senderne til steinene ble det brukt superfix som er et elastisk monteringslim brukt i byggebransjen. Dette ble gjort dels i felt og dels på geo-laboratoriet på NTNU. PIT-senderne som ble brukt i denne undersøkelsen er 2 millimeter brede og 8 millimeter lange. På de større steinene ble det boret et hull hvor senderen ble plassert og etterfylt med superfiks. Etter at alle tracere hadde fått en PIT-sender festet til seg ble de skannet inn med en antenne slik at alle steinene fikk en individuell PIT-id knyttet til seg. Å knytte de enkelte steinenes egenskaper (gruppetilhørighet, størrelse, vekt, plasseringspunkt og plasseringsdato) ble gjort i ettertid ved å bruke Microsoft Office Excel. Alle steinene ble nummerert og skannet inn i en bestemt rekkefølge, og på denne måten kan man lett knytte PIT-id til riktig stein ved å følge den kronologiske rekkefølgen de ble skannet inn i. Men gruppe 8 skapte problemer. Av grunner som er ukjente var det skannet inn flere PIT-id enn det fantes steiner i gruppen. Dette gjorde det umulig å kunne knytte PIT-id til riktig stein, så funn som blir gjort fra denne oppgaven kan ikke knyttes til en enkelt stein, men de kan uansett brukes da det kan vises til at de eventuelle funnene tilhører gruppe 8. Det vil da brukes gjennomsnittsstørrelse på B-akser og vekt på funn av steiner i denne gruppen.

I tabell 3.1 ser man plasseringsdatoene for alle 8 gruppene. Figur 3.3 viser hvor i elva de ble plassert. Gruppen 1 ble plassert i et lite pool rett før Tomaskulpen. Stepet før dette poolen er relativt høyt, og dette skaper mye luftbobler i poolen som gjorde at bunnen og de plasserte tracerne ikke kunne sees etter plasseringen. Gruppe 2, 3, 4, og 5 ble plassert spredt fra starten på Tomaskulpen og cirka 30 meter nedstrøms til midten av Larskredet. Plasseringsmetodene varierte fra å kaste dem ut i elva fra bredden til å legge dem ut på linje i forskjellige plasser i poolene. Gruppe 6 ble plassert på en linje i Storskredet cirka 5 meter opp fra elvebredden. PIT-senderne til gruppe 7 ble festet til steinene mens de lå i elva. Det ble boret hull i dem, og senderen ble sluppet ned i hullet før det ble tettet igjen med superfix. Gruppe 8 ble plassert i et pool cirka 50 meter oppstrøms fra Tomaskulpen. Disse ble kastet ut i poolen fra elvebredden.

Tabell 3.1: Plasserte steiner i Vekvelselva.

	Antall steiner	Størrelse i B-akse	Plasseringsdato
Gruppe 1	70	1,4 cm - 15,5 cm	18.09.2009
Gruppe 2	20	1,4 cm - 5,2 cm	27.10.2009
Gruppe 3	19	1,5 cm - 4,1 cm	27.10.2009
Gruppe 4	20	1,9 cm - 4,1 cm	27.10.2009
Gruppe 5	20	1,0 cm - 3,6 cm	27.10.2009
Gruppe 6	22	2,2 cm - 4,4 cm	27.10.2009
Gruppe 7	20	15 cm - 75 cm	27.10.2009
Gruppe 8	38	2,1 cm - 7,5 cm	27.10.2009



Figur 3.3: Oversikt over plasseringspunkt for steiner(gruppe 1-8) med PIT-sender (Norgei3d.no).

I juli 2010 startet arbeidet med å søke etter steinene med PIT-sendere. Søket startet i Tomaspooleet rett nedstrøms for Storskredet. Herifra ble det gjennom flere etapper søkt ned til Ivarskredet. Det ble søkt både i elva og på tørre områder der det antas at elva går ved større flomhendelser. Måten det søkes på er viktig for at alle PIT-sendere som ligger i strekningen blir funnet. Men på grunn av Vekveselvas naturlige ruhet er det en utfordring å komme til over alt, og av sikkerhetsmessige grunner ble enkelte steps utelatt.

Selve søkingen etter PIT-sendere ble en prøve/feileprosedyre for å finne den mest fornuftige måten å gjøre dette på. Problemet var ikke selve søkingen, men hvordan man skulle registrere hvor i elva PIT-senderne ble funnet. Til å begynne med ble strekningen delt inn i soner. Hver sone hadde lengde på ca 20 meter og inneholdt 2-4 step-pool sekvenser. Søkingen ble gjennomført av to personer hvor den ene søkte og den andre noterte tid og sted det ble søkt. På denne måten kunne vi i ettertid se på dataene som ble lastet ned fra transponderen, til hvilket tidspunkt en sender ble funnet, og samkjøre det med klokkeslettet som ble notert under selve søkingen. Eksempelvis kan man anta at en sender som ble funnet 5 minutter etter søket startet befinne seg helt øverst i sonen. Det vil da ha en antatt feilmargin på to til tre meter i lengderetningen. Etter å ha funnet en tilfredsstillende måte å gjennomføre søkingen på ble det gjort søk på datoene 23.07.10, 15.09.10 og 20.09.10. Det er søkingen som ble gjennomført disse dagene som har gitt datagrunnlaget for denne masteroppgaven. Søket som ble gjort 23.07.10 startet ved Tomaskulpen og endte ved Ivarskredet. Her ble både våte og tørre områder gjennomført etter beste evne. Søket 15.09.10 fortsatte fra Ivarskredet og cirka 50 meter nedstrøms. Siste søkedag var 20.09.10 og foregikk 20 meter oppstrøms sedimentsjonsdammen og inkluderte de delene av sedimentsjonsdammen hvor det var mulig å skanne. Figur 3.4 viser en operatør som søker etter steiner med PIT-sendere i Vekveselva.

På den siste dagen av feltarbeidet ble det brukt GPS for å kunne registrere hvor senderne ble funnet. Dette fungerte slik at GPSen registrerte hvor man befant seg til ethvert tidspunkt. Dette tidspunktet kunne igjen samkjøres med tidspunktet hvor en sender ble funnet. GPSen som ble brukt hadde en relativ oppløsning på 15 meter. Med denne oppløsningen kan man ikke med sikkerhet si annet enn at en tracer befinner seg innenfor en omkrets på 15 meter fra hvor observatøren befant seg, til det tidspunktet den ble funnet av antenna.



Figur 3.4: Søkning etter passive integrerte transpondersendere i Vekveselva. Utstyr som er påkrevd er vadere, antenne, mottaker og batteri. Foto: Stine Waldum.

Det ble gjort en test av PIT-utstyret der 2 steiner med PIT-sendere ble plassert nede ved sedimentasjonsdammen. Da denne delen av elva ble skannet visste ikke vedkommende som utførte skanningen at disse ble lagt ut. Derfor ble dette en reel test på om selve skannemetoden og utstyret fungerte slik som antatt. Begge steinene ble funnet som forventet.

3.3. Fargede tracere

Å bruke fargede tracere er en tradisjonell metode for å måle bunntransport i fluviale systemer. Steiner som hører naturlig til i vassdraget farges med maling og injiseres i elva. Malingen gjør det lettere å lokalisere dem etter en tidsperiode eller hendelse som har ført til transport. Metoden har blitt brukt i utallige studier (Hassan & Ergenzinger, 2003). Den første til å bruke denne metoden var Einstein (1937), men Takayama (1965) og Leopold, Emmet, & Myrick

(1966) ansees for å være pionerene for bruk av denne metoden. Det største problemet ved å bruke fargede tracere er gjenfinningsraten som viser seg å være veldig varierende. Leopold, Emmet, & Myrick (1966) fant korrelasjon mellom strømming og gjenfinningsrate, mens Laronne og Carson (1976) fant en videre korrelasjon mellom størrelse på tracere og gjenfinningsrate. De estimerte at raten varierer mellom 100 % for større tracere og 0,5 % for små.

I Vekveselva ble metoden gjennomført i perioden september 2009 og frem til oktober 2010. Det ble samlet inn steiner, eller tracere, i seks forskjellige størrelser og i forskjellige former (disk, rund, avlang etc.). Den minste størrelsen ble betegnet "Rød Liten," mens den største var "Gul Stor". I tillegg ble det samlet tre ekstra store steiner (Oransje Stor) som kontroll i tilfelle alt annet beveget seg. Se figur 3.5 under.



Figur 3.5: Visuelle tracere. Foto: Ove Marthinussen

Tracerne ble samlet inn på land i et flomområde. De har blitt transportert med elven ved et tidligere tidspunkt og ble derfor ansett som representative. Alle tracerne ble plassert i elva i et pool nedstrøms Storskredet. Totalt sett ble det plassert 237 steiner som veide fra 46 gram til 19 kilo. Alle steinene ble målt i 3 akser (a, b og c), veid og nummerert. Dermed hadde alle plasserte steiner egen identitet som gjenkjennes ved farge og nummer. På denne måten skulle steiner som ble funnet igjen senere lett identifiseres fra datamaterialet.

Lokalisering av de fargede tracerne ble gjennomført ved å lete etter dem med det blotte øye og ved hjelp av en vannkikkert. Dette ble gjennomført delvis samtidig med skanningen av elva etter PIT-sendere ettersom man da er naturlig å la blikket følge antennen mens den føres langs bunnen. Det viste seg vanskelig å finne tracerne ettersom fargen på dem ble skuret vekk som følge av transporten (se figur 3.6). Bruk av vannkikkert viste seg å være problematisk da det er mye turbulens i de områder hvor en vannkikkert kunne vært hensiktsmessig. Det er også betydelig fysisk krevende å gå med vannkikkert.



Figur 3.6: En av de større fargede tracerne som ble funnet til venstre. Til høyre vises en stein som er naturlig farget orange. Dette illustrerer problemene med å skille tracere fra andre partikler i Vekveselva

En del av tracerne som ble merket med PIT-sender ble også malt som visuell tracer. Dette ble gjort for å se om en kombinasjon av metodene ville være mest hensiktsmessig. Dette ble gjort med tanke på at dersom PIT-senderne ble ødelagt under transport ville det kanskje være mulig å finne dem ved observasjon.

3.4. Sjokksensorer

Sjokksensorer (eng: impact sensors) fungerer på den måten at de registrerer det største sjokket (akselerasjon) i et gitt tidsintervall. (Reid, Lane, Berney, & Holden, 2007; Vatne, Takøy Naas, Skårholmen, Beylich, & Berthling, 2008). Med andre ord det største utslaget som blir målt. Dette kan være en større stein som ruller borti sensoren, eller en mindre stein som treffer sensoren i stor hastighet. Dette skiller ikke sensoren fra hverandre. Utstyret som ble brukt var Gemini Tinytag Plus data logger² (TGP-0610) med dimensjonene $34 \times 68 \times 73$ mm og vekt på 140 g. Sensorene som ble brukt i Vekveselva hadde tidsintervall på 5 minutter. Instrumentet bruker en piezoelektrisk sensor som har en rekkevidde på $0 - 100g$ (980 ms^{-2}) og en sensitivitet og nøyaktighet på $0,4 \text{ g}$ ($3,5 \text{ ms}^{-2}$), og måler det største støtet i løpet av tidsintervallet. Figur 3.7 viser en sjokksensor festet til en aluminiumsplate.

26.05.10 ble det plassert fire sjokksensorer for å måle maks akselerasjon på bunntransport gjennom vårflommene. Sjokksensor 4 ble plassert oppstrøms for Storskredet. Sjokksensor 2 og 3 ble plassert ved enden av Tomaskulpen og sjokksensor 1 ble plassert ved Ivarskredet. Sensorene ble plassert slik at platen som registrerer treff lå så nært bunnen at ingen partikler ville passere under og derfor bli utelatt i datamaterialet. Dette ble gjort ved at sensorene ble festet til en stålplate som lå horisontalt i forhold til sensoren. Denne stålplaten ble begravd i bunnmaterialet slik at kun sjokksensoren ble stikkende opp fra bunnen slik at ingen partikler kunne passere under. Sjokksensor 2 og 3 ble plassert på et relativt smalt område av elva, et tverrsnitt målt til å være 5,65 meter, der man på grunn av topografien kan anta at elven renner også ved breddfull og over breddfull vannføring. Det er derfor rimelig å anta at disse to sjokksensorene gir best bilde av bunntransporten av de fire som ble plassert. Med dette utgangspunktet er det data fra disse to som blir brukt i oppgaven.



Figur 3.7: Sjokksensor som registrerer maks akselerasjon gjennom et gitt tidsintervall (Foto: Stine Waldum).

3.5. Kornfordeling og steintelling

For å finne ut kornstørrelsene på sedimentene i sedimentasjonsdammen ble det høsten 2010 gravd ut en bøtte med sedimenter som senere ble gjort en kornfordelingsanalyse på ved geolaboratoriet ved NTNU. En prøve på 14,3 kilo ble gravd ut av deltaavsetningene i dammen. Analysen ble gjort ved at de innsamlede sedimentene ble kjørt gjennom en ristemaskin som fordeler sedimentene i 10 klasser (se tabell 3.2). Resultatene man får med denne metoden er vekten på de forskjellige klassene. Ut ifra dette kan man finne prosentvis fordeling av partikler i den utvalgte prøven.

Tabell 3.2: Klasseinndeling for kornfordelingsanalyse.

Over 16 millimeter
8-16 millimeter
4-8 millimeter
2-4 millimeter
1-2 millimeter
500 mikrometer -1 millimeter
250-500 mikrometer
125 -250 mikrometer
63 -125 mikrometer
Mindre enn 63 mikrometer

Steintellinger ble gjort i forbindelse med feltkurs i faget GEOG1513, *Sedimentproduksjon og –transport i skråninger og vassdrag* høsten 2009. Dette ble gjort for å se om steintellinger kunne si noe om SST og EMT i Vekveselva, og dataene fra disse steintellingene vil bli brukt i denne oppgaven også. Ved steintellinger må det tas et tilfeldig utvalg av steiner fra elvebunnen (Bunte & Abt, 2001). For å få et tilfeldig utvalg finnes det to hovedmetoder, enten å samle inn steiner fra faste intervall langs en linje eller heel-toe. Heel-toe metoden er den lettest gjennomførbare metoden da man ikke trenger noe utstyr. Ved denne metoden går operatøren et visst antall tå-til-hæl -skritt og plukker opp steinen som er under tåen (Bunte & Abt 2001). Den andre metoden er å plukke opp steiner langs faste lengdeintervaller på et målebånd. Avstanden på intervallene bør være større enn den største steinens B-akse slik at ikke samme steinen blir talt flere ganger (Bunte & Abt 2001). Metoden som gir best utvalg er å velge ut fra faste intervaller langs en linje fordi operatører har tilbøyelighet til å velge de letteste rutene ved heel-toe. Spesielt øker en slik tilbøyelighet jo mer risikabelt det blir å gå i elva, som for eksempel ved stor vannføring, kaldt vann, glatt underlag og så videre (Bunte & Abt 2001). Begge metodene ble brukt ved steintellinger i Vekveselva.

3.6. Metodekritikk

I denne delen vil det reflekteres over eget arbeid med gjennomføringen av felteksperimentene som var utgangspunkt for denne masteroppgaven. Det var under feltkurs i faget GEOG1513, *Sedimentproduksjon og –transport i skråninger og vassdrag* høsten 2009, jeg først ble introdusert til metodene. Der og da virket det åpenbart for meg hvilken av metodene som ville være ”best”, og dette har vært styrende for hvordan jeg gjennomførte feltarbeidet. Videre vil dette bli forklart nærmere.

Dersom man antar at geomorfologiske observasjoner er teoriladet er det essensielt å unngå at dette blir styrende for objektiviteten i arbeidet (Rhoads & Thorn, 1996). Man anerkjenner fem faktorer som påvirker objektiviteten, troverdigheten og sikkerheten rundt testingen.

1. Graden av uavhengighet mellom utforskende og forklarende teorier
2. Tilgjengeligheten til uavhengig informasjon om årsak/effekt
3. Til hvilken grad informasjonen om årsak/effekt er blitt påvirket og/eller endret av ytre faktorer
4. Påliteligheten og presisjonen av observasjonsteknikken
5. Påliteligheten og presisjonen av de teoretiske argumentene som de empiriske bevisene sammenlignes med

Faktorene er her isolerte, men i realiteten går de over i hverandre. Grunnen til at de er isolert her er for og lettere kunne diskutere hvorvidt objektiviteten er kritikkverdig i enkeltsituasjoner. Ved å isolere ut enkeltpunkter er det enklere å diskutere hvorvidt objektiviteten er satt på prøve i enkelte aspekter ved observasjon. I etterkant kan man se det mer i en helhet, og derifra avgjøre om observasjonen er objektiv. Det vil her bli fokusert på punkt 1 og 4 i forbindelse med mitt feltarbeid, og det vil, med et kritisk blikk, bli sett på det jeg har gjort gjennom disse punktene.

Graden av uavhengighet mellom utforskende og forklarende teorier vil her bli tolket slik at det er viktig å skille mellom teori som kan styre observasjonen, og teori som bistår til å kunne gjennomføre observasjonen for å gi mest mulig reelle data. Et av utgangspunktene for gjennomføringen av feltarbeidet mitt i Vekveselva var å finne ut om bruk av passive integrerte transpondersendere ville gi større gjenfinnsesrate enn ved bruk av fargede tracere.

Litteraturen viste at PIT-sendere gav en høyere gjenfinnsrate enn fargede tracere (Allan, et al., 2006; Lamarre, et al., 2005; Lamarre & Roy, 2008). Det kan ikke utelukkes at denne informasjonen styrte meg i gjennomføringen av metodene. Var jeg like nøye med å lete etter fargede tracere som ved letingen etter PIT-sendere? Ønsket jeg at den ene metoden skulle fungere bedre enn den andre? Popper og den kritiske rasjonalismen viser til at en hypotese kan kun falsifiseres og ikke bevises. Dette brukes i naturvitenskapen i dag også (Inkpen, 2005). Da feltarbeidet startet ønsket jeg å bevise at PIT-sendere var en bedre metode enn bruk av visuelle tracere. I ettertid viser det seg at dette kan kompromittere objektiviteten til observasjonene som ble gjort, og de faktiske resultatene.

Påliteligheten og presisjonen til observasjonsteknikken bør også diskuteres. Bruk av PIT-sendere er nytt for geomorfologien, og derfor finnes det ikke noen klare retningslinjer for hvordan dette skal gjennomføres. Mye prøving og feiling ble gjort, noen som også var en del av hensikten med masteroppgaven, før det ble funnet en tilfredsstillende måte å gjennomføre det på. Men det kreves mer forskning på metoden før det er mulig å konkludere hvilken måte som er mest hensiktsmessig. Så hvordan påvirker dette påliteligheten og presisjonen til det som ble gjort i Vekveselva? Påliteligheten til instrumentet kan tvilsomt kritiseres. Det ble gjennomført testing av instrumentet i overførbare omgivelser, og det fungerer slik empirien sier. Presisjonen derimot reflekteres av personen som gjennomfører metoden. Det er naturgitte faktorer som spiller inn hvor presis man kan være under skanningen av elvebunnen etter PIT-sendere. Det er i hovedsak knyttet til forholdene i elva og hvor vidt man kan skanne 100 % av elvebunnen. Faktorer som vanddybde, gradient og vannføring gjør det spesielt utfordrende å gjennomføre metoden. Det er også en fysisk krevende metode, og det kan føre til at man blir noe mindre fokusert når man er sliten. Dette er også gjeldende for leting etter fargede tracere dersom man bruker vannkikkert. Da går man fremoverbøyd med kikkerten ned i vannet. Dette er en påkjenning på ryggen, og det skal vanskelig gjøres å drive med dette over lengre perioder.

4. Resultater

I dette kapittelet vil det bli presentert gjenfinningsrater for passive integrerte transpondere og visuelle tracere. Det vil også bli presentert målinger gjort med sjokksensorer, kornfordelingsanalyse av sedimentene i sedimentasjonsdammen og steintellinger.

4.1. Tracerdata for PIT og visuelle tracere

Tabell 4.1 viser gjennomsnitt og median for tracere som ble brukt i felteksperimentene med PIT og visuelle tracere. Man ser her at de visuelle tracerne er noe større enn tracerne med PIT. Tabell 4.2 viser en oversikt over alle tracere med PIT som ble plassert. Gruppe 7 lot seg ikke veie på grunn av størrelsen, og det er følgelig ingen gjennomsnittlig vekt på denne gruppen. Disse ble også merket mens de lå i elva, og ble derfor ikke tatt ut av systemet for så å bli plassert ut igjen som de resterende sju gruppene.

Tabell 4.1: Gjennomsnitt og median av visuelle tracere og PIT-sendere.

Visuelle tracere		PIT-sendere	
Gjennomsnitt B-akse	8,2 cm	Gjennomsnitt B-akse	7,5cm
Median	6,8 cm	Median	3,5 cm

Tabell 4.2: Oversikt over plasserte tracere med PIT.

	Antall steiner	Max & min B-akse	Gj.snitt B-akse	Gj.snitt vekt i gram	Dato
Gruppe 1	70	1,4 cm - 15,5 cm	5,9	448,3 g	18.09.2009
Gruppe 2	20	1,4 cm - 5,2 cm	2,6	27,3 g	27.10.2009
Gruppe 3	19	1,5 cm - 4,1 cm	2,6	28,4 g	27.10.2009
Gruppe 4	20	1,9 cm - 4,1 cm	3,2	44,7 g	27.10.2009
Gruppe 5	20	1,0 cm - 3,6 cm	2,4	17,6 g	27.10.2009
Gruppe 6	22	2,2 cm - 4,4 cm	3	39,3 g	27.10.2009
Gruppe 7	20	15 cm - 75 cm	43,3	X	27.10.2009
Gruppe 8	38	2,1 cm - 7,5 cm	3,9	82,3 g	27.10.2009
Totalt	229				

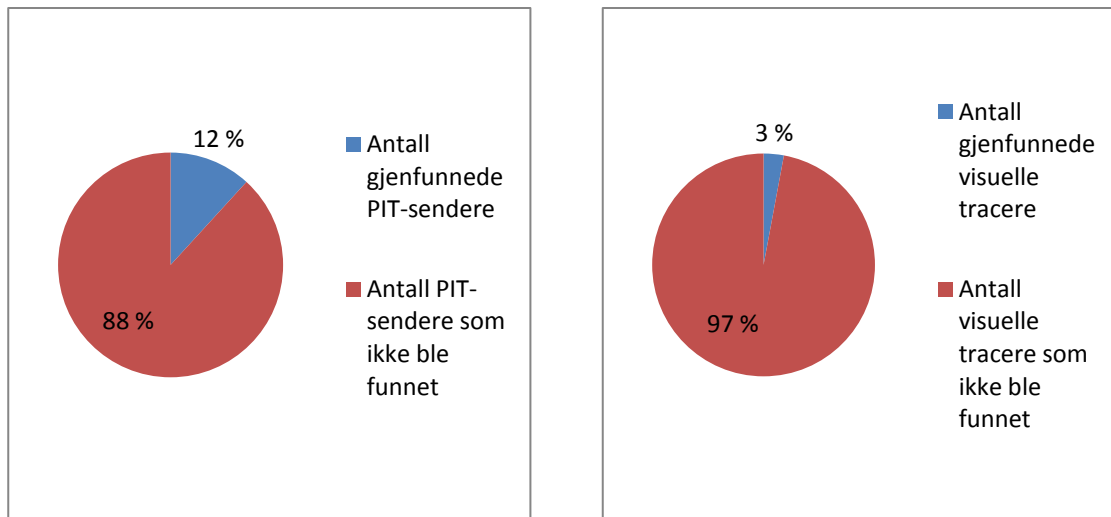
De visuelle tracerne ble også plassert i elva høsten 2009. Disse ble målt og veid av studenter inkludert undertegnede på feltkurs i GEOG 1513 08.09.09 og plassert i elva 09.09.09. Det totale antallet steiner er 237 og gruppene er delt inn etter størrelse. Alle steinene ble plassert i elva på samme punkt rett nedstrøms storskredet.

Tabell 4.3: Oversikt over alle plasserte visuelle tracere

	Antall steiner	Max & min B-akse	Gj.snitt B-akse i cm.	Gj.snitt vekt i gram	Dato
Gruppe 1 (rød)	91	1,8 - 5,5 cm	3,4	58,7	09.09.2009
Gruppe 2 (gul)	56	3,7 - 9,2 cm	5,9	227,1	09.09.2009
Gruppe 3 (orange)	48	5,0 - 11,4 cm	6	497,1	09.09.2009
Gruppe 4 (rød)	24	9,5 - 15,5 cm	13	2833,3	09.09.2009
Gruppe 5 (gul)	15	11,0 - 19,5 cm	14,7	4160	09.09.2009
Gruppe 6 (orange)	3	18,0 - 22,0 cm	20	14000	09.09.2009
Totalt	237				

4.2. Gjennfinningsrater

Av de plasserte steinene merket med PIT-sendere ble 27 av 229 funnet igjen. Dette gir en gjennfinningsrate på 11 %. Av visuelle tracere ble 7 av 239 gjenfunnet. Dette gir en rate på 3 %. Den prosentvise gjennfinningsraten på begge metodene vises i figur 4.1. Det må nevnes at det ble funnet 2 steiner hvor den ene PIT-senderen hadde falt ut av det borede hullet og den andre hadde blitt ødelagt. Disse har blitt utelatt fra resultatene som gav den prosentvise gjennfinningsraten på grunn av at det ikke kan knyttes PIT-id til dem.



Figur 4.1: Gjenfinningsrate PIT og visuelle tracere

I tabell 4.4 vises alle funnene som ble gjort gjennom felteksperimentet med passive integrerte transpondere. Fire av funnene kunne ikke kobles til datamaterialet over PIT som ble plassert i elva høsten 2009. Det er derfor ingen data på størrelse eller vekt på disse. 9 av 26 funn er fra gruppe 7 som er gruppen med de største tracerne. 7 av de 27 funnene er fra gruppe 6 som ble plassert i Storskredet. 4 funn er fra gruppe 1 og en tracer fra hver av gruppe 4 og 5 ble funnet. Det ble ikke gjort funn fra gruppe 2 og 3. Gruppe 8 har ingen PIT-id knyttet til seg, men det ble gjort fire funn som ikke kunne knyttes til en enkelt stein, men de tilhører de steinene som ble skannet inn som gruppe 8. I tabell 4.3 vil disse funnene kun ha gjennomsnitt av B-akse og gjennomsnitt av vekt å vise til.

Tabell 4.4: Funn av tracere med PIT-sendere.

Funn nr:	Dato og klokkeslett for funn	Gruppe	Nummer	A-akse	B-akse	C-akse	Vekt	Plasseringsdato og PIT-id	
1	23.07.2010, 05:24:59		8		3,9 cm		82 g		
2	23.07.2010, 05:25:06		7	17	68 cm	55 cm	40 cm	ikke målt	27-10-2009 09:21:34 985.121020990533
3	23.07.2010, 05:25:18		7	20	65 cm	50 cm	20 cm	ikke målt	27-10-2009 09:22:08 985.121020984787
4	23.07.2010, 05:25:28		7	16	1,15 m	75 cm	40 cm	ikke målt	27-10-2009 09:21:28 985.121020992654
5	23.07.2010, 05:26:44		7	12	65 cm	60 cm	20 cm	ikke målt	27-10-2009 09:21:03 985.121020932680
6	23.07.2010, 05:26:52		7	14	95 cm	70 cm	50 cm	ikke målt	27-10-2009 09:21:12 985.121020988441
7	23.07.2010, 05:27:24		7	5	100 cm	47,5 cm	40 cm	ikke målt	27-10-2009 09:19:22 985.121020992439
8	23.07.2010, 05:28:18		7	3	80 cm	55 cm	30 cm	ikke målt	27-10-2009 09:18:42 985.121020909182
9	23.07.2010, 05:30:42		6	83	3,6 cm	3 cm	1,9 cm	32 g	27-10-2009 08:48:38 985.121020905795
10	23.07.2010, 05:32:18		7	4	55 cm	50 cm	20 cm	ikke målt	27-10-2009 09:19:17 985.121020905313
11	23.07.2010, 05:34:06		7	15	70 cm	40 cm	25 cm	ikke målt	27-10-2009 09:21:21 985.121020918252
12	23.07.2010, 07:25:12		4	98	8,7 cm	2,2 cm	1,5 cm	50 g	27-10-2009 07:45:19 985.121020991917
13	23.07.2010,07:41:19		1	14	14,7 cm	7,5 cm	5,6 cm	1686 g	18-09-2009 05:51:02 985.121020985477
14	23.07.2010, 07:49:41		5	48	3,8 cm	1,9 cm	0,8 cm	10 g	27-10-2009 07:50:41 985.121020917402
15	23.07.2010, 09:19:35		8			3,9 cm		82 g	
16	13-09-2010, 07:14:32		8			3,9 cm		82 g	
17	13-09-2010, 08:15:22		8			3,9 cm		82 g	
18	15.09.2010, 03:49:08		1	44	8,2 cm	5,8 cm	4,9 cm	301 g	18-09-2009 06:00:38 985.121020990453
19	15.09.2010, 04:39:24		1	13	12,3 cm	7,5 cm	5,6 cm	787 g	18-09-2009 05:50:47 985.121020924633
20	20.09.2010, 07:55:48		1	25	15,3 cm	5,5 cm	2,6 cm	446 g	18-09-2009 05:56:20 985.121020933810
21	20.09.2010, 09:59:33		6	1	6,6 cm	2,6 cm	1,5 cm	34 g	27-10-2009 08:40:24 985.121020987087
22	20.09.2010, 10:05:52		6	3	4,9 cm	3,2 cm	2,2 cm	67 g	27-10-2009 08:40:32 985.121020911810
23	20.09.2010, 10:07:48		6	7	4 cm	2,8 cm	1,5 cm	42 g	27-10-2009 08:40:48 985.121020992156
24	20.09.2010, 10:09:38		6	11	3,8 cm	2,9 cm	1,5 cm	32 g	27-10-2009 08:42:33 985.121020919355
25	20.09.2010, 10:12:20		6	21	3,7 cm	3,4 cm	1,9 cm	47 g	27-10-2009 08:43:03 985.121020919520
26	20.09.2010, 10:15:33		6	23	4,5 cm	3,6 cm	1,7 cm	26 g	27-10-2009 08:43:25 985.121020929751
27	25.05.2011, 04:25:15		1	28	9,2 cm	8,4 cm	4,3 cm	560 g	18-09-2009 05:57:34 985.121020095550

Det ble funnet totalt 7 visuelle tracere som kan dokumenteres. Dette gir en gjennfinelsesrate på 3 %. Bilde 4.2-4.8 viser størrelse og form på tracerne som ble funnet. Disse ble ikke plukket opp og målt, men bildene gir en viss indikasjon på størrelsen av tracerne som ble funnet. Alle hadde oransje farge som gjør at de tilhører gruppe 3 eller 6.



Figur 4.2-4.8: Visuelle tracere som ble dokumentert funnet sommer/høst 2010.

4.3. Hvor ble tracerne funnet?

Funn 1 til og med 15 ble alle gjort 23.07.10. Ut i fra klokkeslettet funn nummer 1 til og med 11 ble gjort antas disse funnene å være gjort i og rett nedstrøms fra Tomaskulpen. De funnene som er fra gruppe 7 er nøkkelsteiner som ikke har beveget seg mer enn en meter, om de i det hele tatt ble flyttet. Funn 1 kunne ikke knyttes til en enkelt stein, men er fra gruppe 8 som ble plassert oppstrøms Storskredet. Denne traceren har blitt transportert cirka 50 meter. Funn nummer 6, som ble plassert i Storskredet har først blitt transportert ned skråningen og cirka 20 meter ned elven. De neste fire funnene ble i følge klokkeslettet for funn gjort spredt fra Tomaskulpen og ned til Ivarskredet. Funn 12, 13 og 14 knyttes henholdsvis til gruppe 4, 1 og 5 og funn 15 er fra gruppe 8, men det kan ikke knyttes PIT-id til dem.

De to neste funnene ble gjort 13.09.10 og ble gjort mellom Ivarskredet og punktet hvor elven svinger av mot høyre. Her viser klokkeslettet at funnene ble gjort med 50 minutters mellomrom som indikerer at funn 16 ble funnet rett nedstrøms for Ivarskredet og funn 17 ble funnet nærmere punktet hvor elven svinger. Disse funnene kunne ikke knyttes til noen PIT-id og antas å være fra gruppe 8.

Funn nummer 18 og 19 ble gjort 15.09.10 og ble gjort i sedimentasjonsdammen. Funn nummer 20 som ble utført 20.09.10 ble gjort rett oppstrøms sedimentasjonsdammen. De seks neste funnene som tilhører gruppe seks ble gjort i Storskredet. Dette vil altså si at disse ikke har beveget seg ned fra skråningen og ut i elva. Funn nummer 27 ble gjort 25.05.2011 og ble funnet blant materialet som ble gravd ut av sedimentasjonsdammen høsten 2010. Dette materialet ble gitt til en lokal bonde som brukte det til å planere en eiendom. PIT-senderen ble funnet på denne eiendommen.

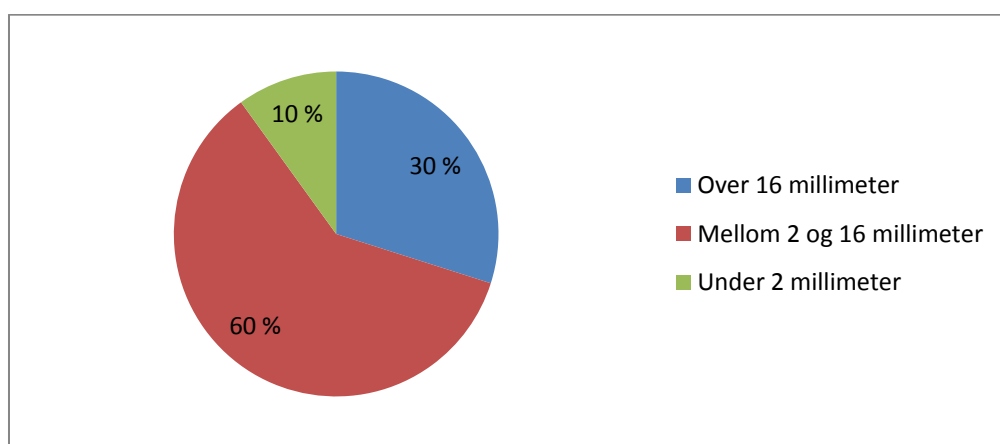
Av de tracere med PIT-sendere som ble funnet hadde kun 11 vært i transport. Disse varierer i størrelse i B-akse fra 1,9 cm til 7,5 cm og har transportlengde fra ca. 25 meter til hele studiestrekningen på ca. 1092 meter (se tabell 4.5).

Tabell 4.5: Ca. transportlengde på tracere med PIT-sendere.

Gruppenr.	B-akse	Ca. transportlengde
6	3 cm	25 m
8	3,9 cm	130-140 m
8	3,9 cm	130-140 m
8	3,9 cm	130-140 m
8	3,9 cm	130-140 m
4	2,2 cm	250 m
1	7,5 cm	250 m
5	1,9 cm	250 m
1	5,8 cm	1092 m
1	7,5 cm	1092 m
1	5,5 cm	1050 m

4.4. Kornfordeling i sedimentasjonsdammen

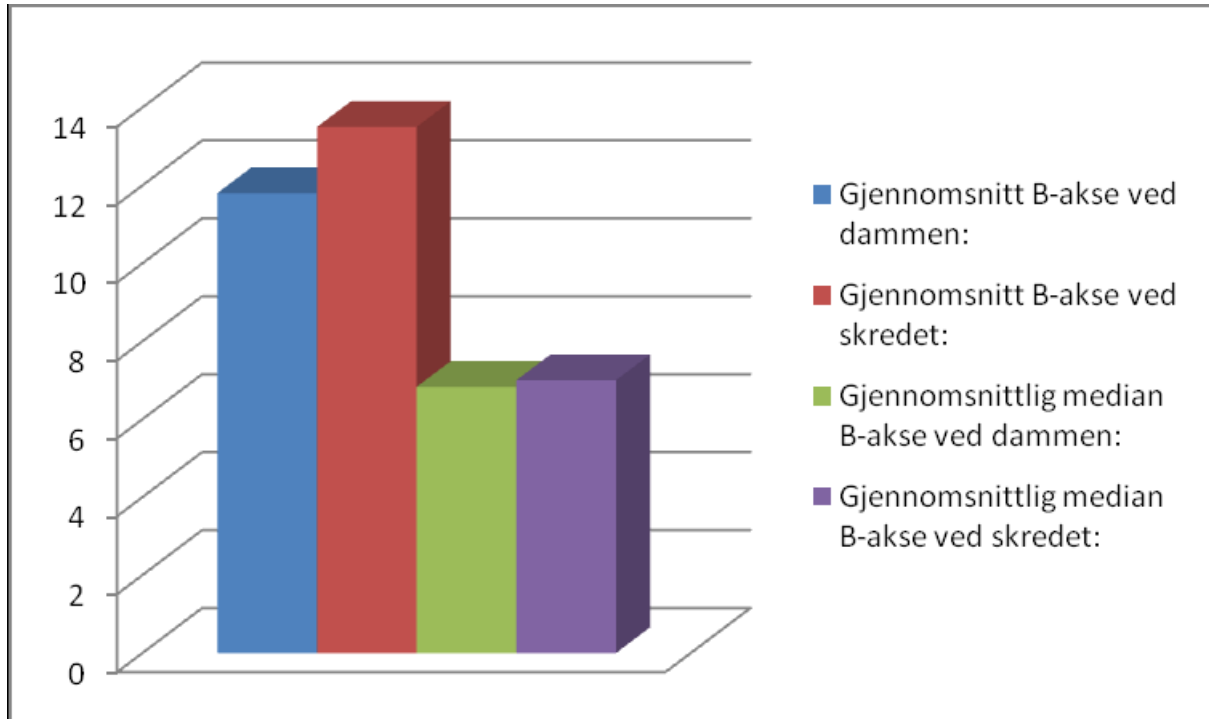
Kornfordelingsanalysen av sedimentene i sedimentasjonsdammen viser en fordeling av sedimenter 10 størrelsesklasser. For denne undersøkelsen er det delt inn i tre klasser. Over 16 millimeter, mellom 2 og 16 millimeter og under 2 millimeter. Begrunnelsen for dette er at man ikke kan feste PIT-sendere til partikler under 16 millimeter. Partikler under 2 millimeter transporteres som suspensjonstransport. De partiklene mellom 2 og 16 millimeter sees derfor på partikler som transporteres som bunntransport, men som ikke kan måles med PIT-metoden. Kornfordelingsanalysen viser at 60 % av sedimentene i dammen faller innenfor denne klassen (se figur 4.9).



Figur 4.9: Kornfordeling av sedimentene i sedimentasjonsdammen.

4.5. Steintellinger

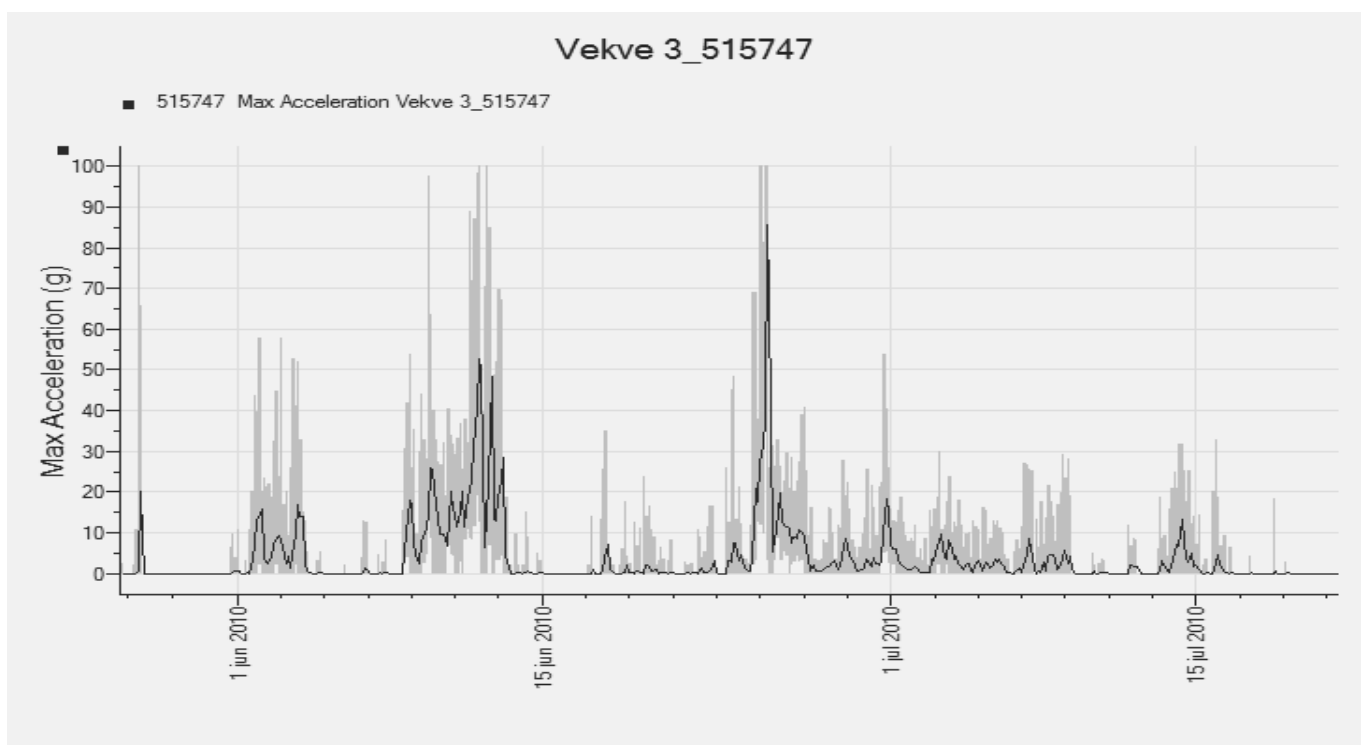
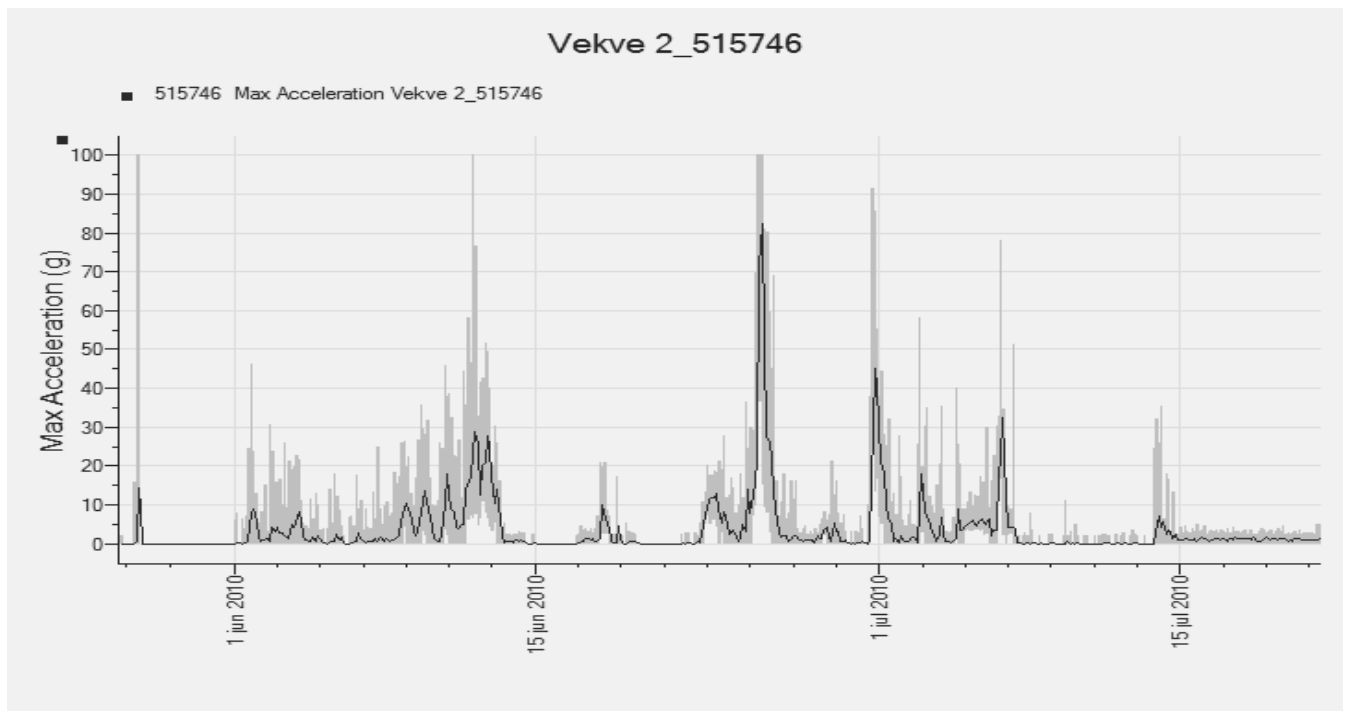
Steintellingene som ble gjort ved Storskredet og ved sedimentasjonsdammen viser liten differanse i gjennomsnittsstørrelse og medianstørrelse på steinene (se figur 4.10). Størst er differansen på gjennomsnittsstørrelsen på steinene som ble målt Storskredet og sedimentasjonsdammen. Medianen på de to stedene er tilnærmet like.



Figur 4.10: Gjennomsnitt og median for steintellinger ved Storskredet og sedimentasjonsdammen.

4.6. Data fra sjokksensorer

Dataene fra sjokksensorene er veldig synkroniserte og viser tydelig økt bunntransport i enkelte perioder. Størst er transporten i dagene 24-26 juni. Diagrammene i figur 4.2 og 4.3 viser maks akselerasjon målt i gram i perioden 26. mai til 25. juli 2010. Vekve 4 var plassert oppstrøms fra Storskredet, Vekve 2 og 3 var plassert i Tomaskulpen og Vekve 1 var plassert ved Ivarskredet. Ingen av sjokksensorene ble funne på samme lokalitet som de ble plassert, og Vekve 1 ble ikke funnet i det hele tatt. Dette antyder stor transportkapasitet i denne perioden.



Figur 4.11 og 4.12: Maks akselerasjon målt ved Tomaskulpen i tidsperioden 26.05.10 til 25.07.10

Figur 4.3 og 4.4 viser dataene fra sjokksensor to og tre satt i diagram. Den blå linjen viser median av verdiene i det gitte tidsintervallet på fem minutter. De grå markeringene viser ekstremverdiene. Man kan se på diagrammene at de er synkrone og at datoene 13.06.10 og 27.06.10 viser spesielt stor aktivitet.

5. Diskusjon

I dette diskusjonskapittelet vil det først bli diskutert hvilken form for transport, SST eller EMT, som er til stede i Vekveselva ut ifra de data som er ervervet gjennom de metodene som er brukt. Det vil også bli diskutert hvilke av de tre fasene av bunntransport som har vært til stede gjennom studieperioden. Ut ifra det som ble erfart gjennom å undersøke dette vil de to metodene, PIT og visuelle tracere, bli diskutert. De erfaringene som ble lært gjennom å utføre metodene vil også bli diskutert for å kunne komme frem til hvilken av metodene som vil være mest hensiktsmessig å bruke for å måle bunntransport i en grovkornet fjellelv.

Resultatene viser en lav gjenfinningsrate både ved bruk av passive integrerte transpondere og visuelle tracere. Her i diskusjonskapittelet vil det bli diskutert faktorer som kan ha påvirket dette resultatet og eventuelt på hvilken måte. Resultatene viser også et stort avvik fra resultatene til Lamarre og Roy (2005) i forhold til størrelsen på gjenfinningsratene.

5.1. Size-selective eller equal mobility?

Et viktig spørsmål å stille er hvor vidt de plasserte tracerne, både de som er merket med PIT-sendere og farget, er en naturlig del av elva, og om dette påvirker gjenfinningsraten. I den forbindelse er det hensiktsmessig å trekke inn det naturlige dekk sjiktet i elva. I elver med løsmassebunn er dannelse av dekk sjikt en naturlig del av bunnutviklingen (Sutherland, 1987). Det er ikke foretatt noen målinger på om det finnes dekk sjikt i Vekveselva i forbindelse med denne undersøkelsen, og det lar seg ikke gjøre å konkludere ut ifra teorien om dette er tilstede her eller ikke. Enkelte av faktorene som Sutherland (1987) mener må være tilstede for å danne et statisk dekk sjikt er et spenn av partikler i forskjellige størrelser og vannføring og liten sedimenttilgang oppstrøms. Resultatene fra både sjokksensorene og kornfordelingsanalysen av sedimentene i sedimentasjonsdammen indikerer at det i perioder er stor sedimenttransport her, og de aktive skredårene (Storskredet, Larsskredet og Ivarskredet) indikerer også at sedimenttilgangen er stor. Når vi da vet at statisk dekk sjikt er typisk for elver med lav sedimenttilgjengelighet (Sutherland, 1987) kan det antas at det er et mobilt dekk sjikt i Vekveselva. Men igjen vet vi at mobile dekk sjikt indikerer EMT (Gomez, 1991) kan det ikke bekreftes at det er mobilt dekk sjikt Vekveselva før det blir klargjort om det er SST eller EMT som er gjeldende type transport her.

Resultatene fra Vekveselva antyder at SST kan være en vesentlig form for transport her. Dette støttes ved å se på forskjellen mellom kornfordelingen i elvebunnen og i sedimentasjonsdammen. Sedimentene i elva er i gjennomsnitt betydelig større enn sedimentene i dammen. Dette kan tyde på at elva ikke transporterer større sedimenter enn de som ligger i dammen. Men dette taler da imot at det er EMT som best beskriver typen transport i step-pool elver (Marion & Weirich, 2003). Dersom EMT hadde vært gjeldende, ville ikke det gitt en lik kornfordeling i elva og dammen? Svaret på dette kan være enkelt. For verken EMT eller SST sier noe om hvor langt sedimenter blir fraktet når de blir satt i transport, men er mer en indikasjon på hvilke sedimenter som blir satt i transport. Det er naturlig å tenke seg at en stein på 20 kilo vil bruke mer tid på å bli transportert 10 meter enn en stein på 50 gram. Med dette i minne er det rimelig å anta at selv ved EMT vil de minste sedimentene bli transportert lengre enn de større, selv om de har lik terskel for å bli satt i transport. At EMT er mest gjeldende selv om det i hovedsak er sand og grus som blir transportert, støttes av Blizard og Wohl (1998) som konkluderte med at EMT er dominerende for transport av sand og grus i step-poolen East St. Luis Creek. Marion og Weirich støtter også dette i sin artikkel Equal-mobility bed load transport in a small, step-pool channel in the Ouachita Mountains (2003).

Det kan altså med støtte i litteraturen antas at det er et mobilt dekk sjikt i Vekveselva. Og ettersom alle tracere, både med PIT-sendere, farge og kombinasjon, ble plassert ut i elva på det mobile dekk sjiktet kan det ikke påstås at disse steinene vil ha lik terskel for transport, eller skjærstress, som de steinene som ligger i dekk sjiktet. Dette er fordi disse steinene ikke vil ha den samme beskyttelse mot skjærstresset og løftkraften som de steinene som ligger delvis eller helt begravd i dekk sjiktet (se figur 2.2). Man kan anta at steinene vil innta en mer naturlig og stabil posisjon etter en flomhendelse med stor nok vannføring til å sette dem i bevegelse (Lamarre & Roy, 2008).

Om dette har en innvirkning på transporten, må det også diskuteres videre hvilken type transport som foregår i Vekveselva. Er det size selective transport eller equal mobility transport? Dette ble undersøkt gjennom feltkurs i faget GEOG 1513 *Sedimentproduksjon og –transport i skrånninger og vassdrag* som undertegnede tok del i. Her ble det gjort en rekke steintellinger rett nedstrøms for Storskredet og rett oppstrøms fra sedimentasjonsdammen for å sammenligne størrelsene. Dette skulle gi en indikasjon på hvilken type transport som er gjeldende i Vekveselva ved at hvis størrelsen på steinene var gjennomsnittlig like ville dette tyde på EMT. Og resultatene fra steintellingene ved disse lokalitetene viste at størrelsen på

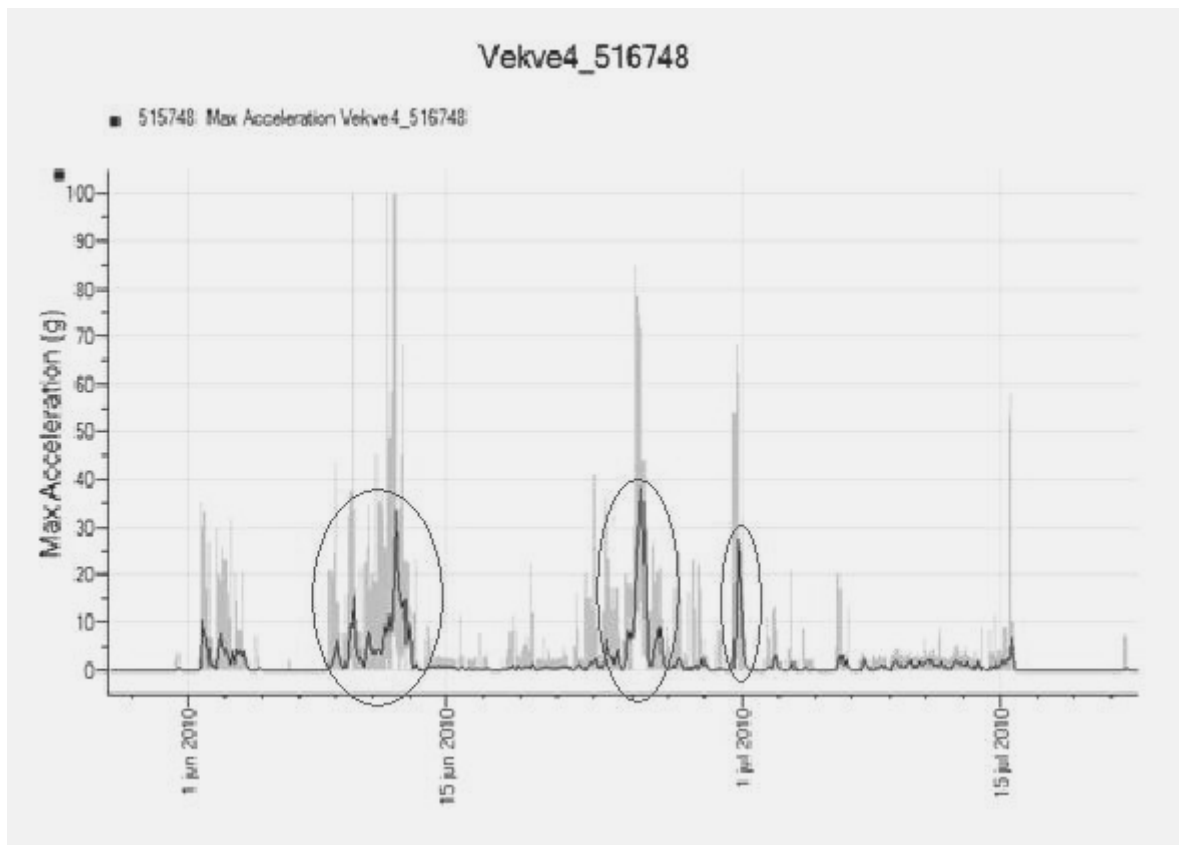
steinene var tilnærmet like ved disse punktene (se figur 4.2). Disse resultatene kunne tolkes dit hen at det er EMT som best egnet til å beskrive bunntransporten i Vekveselva før videre undersøkelser ble gjort. Men resultatene for kornfordelingsanalysen gjort av sedimentene i sedimentasjonsdammen viser en betydelig mindre partikkelstørrelse her enn partiklene i elva. Hele 70 % av partiklene av prøven som ble gravd ut av sedimentasjonsdammen er mindre enn 16 millimeter i B-akse. Dette korrelerer ikke med litteraturen som viser at EMT er den fremtredende typen transport i step-pool elver ved bankfull vannføring (Marion & Weirich, 2003), dersom man antar at dette representerer sedimenttransporten i Vekveselva. Spørsmålet blir derfor om sedimentene i dammen er representative for transporten i Vekveselva. Det må i den forbindelse påpekes at kun en prøve på totalt 14,3 kg av de sedimentene som befant seg i sedimentasjonsdammen ble analysert. Og det kan vanskelig sies å representere den totale fordelingen av sedimentene. Men det gir en god indikasjon, og denne indikasjonen er at sedimentene er betydelig mindre i sedimentasjonsdammen enn de i elva.

En undersøkelse som ble gjort i Spruce Creek (Quebec, Canada), som er en grovkornet klassisk step-poolelv, viste en generell trend mot EMT for steiner i størrelsen 40 millimeter til 256 millimeter (Lamarre & Roy, 2008). Resultatene fra denne undersøkelsen viste også at SST ikke oppstår i individuelle sedimenttransporthendelser selv om step-poolsystemet består av et stort mangfold av partikkelstørrelser. Dette stemmer overens med de resultatene som har kommet frem fra Vekveselva. Av de steinene merket med PIT-sendere som ble satt i transport (som ble gjenfunnet) varierte størrelsen fra 1,9 cm og til 7,5 cm. Altså kan det antas at det er EMT som er den gjeldende formen for transport for partikler i denne størrelsesklassen. For steiner i størrelsen 40 cm til 70 cm, som de største steinene merket med PIT-sendere var, ble ikke satt i transport. Resultatene fra PIT-metoden viser også at de steinene som ble transportert lengst (1092 m) var større enn medianen (3,5 cm) for de som ble plassert (se tabell 4.1 og 4.4). Dette indikerer også at EMT har forekommet i studieperioden.

I litteraturen vises det også til at det skiftes mellom typer transport ved forskjellig vannføringer. Ryan et. al. (2005) foreslår en to-fase modell hvor EMT blir dominerende ved 60-100 % bankfull vannføring (Ryan, Porth, & Troendle, 2005). Warburton (1992) mener en 3-fase modell for transport er gjeldene step-pool elver, og det er denne modellen som blir brukt i denne oppgaven. 3-fasemodellen sier at ved fase 3 vil elvemorfologien brytes ned, og step-poolformene vil bli ødelagte og flyttet. I Vekveselva er det ingenting som tyder på at steps har blitt flyttet på, og dette tilsier at det ikke har vært transport over fase to under perioden felteksperimentet ble utført. Resultatene fra PIT viser at de tre største tracerne som

ble funnet (5,5 cm, 5,8 cm og 7,5 cm) ble funnet i sedimentasjonsdammen, og har blitt transportert cirka 1092 meter (se tabell 4.4). Dette kan tolkes slik at fase 2, med oppriving av dekk sjiktet, har forekommet ettersom disse steinene kan antas å ha blitt en del av dekk sjiktet etter den første flomhendelsen. Fase 2 indikerer også en drastisk økning i bunntransporten (Marion & Weirich, 2003), hvilket transportlengden på de tre tracerne som ble funnet i sedimentasjonsdammen også indikerer.

Dette kan sees i sammenheng med når transporten har funnet sted. Dataene fra sjokksensorene viser som nevnt tidligere tre toppar hvor det har vært stor aktivitet. Men de sier også noe om hva som skjer mellom disse toppene. Bortsett fra de tre toppene er det lave utslag, hvilket indikerer lav bunntransport og videre lav vannføring. Figur 5.1 viser maks akselerasjon for sjokksensor 4. Innrington er de periodene hvor sensoren har hatt store utslag. Disse utslagene kan vise at store steiner har truffet i lav hastighet eller mindre steiner i stor hastighet. Uansett indikerer dette høy vannføring. Dersom vi ser disse i sammen med resultatene fra PIT kan vi få gode indikasjoner på bunntransporten i Vekveselva. Når vi vet at empirien viser at det ved stor vannføring nærmer seg equal-mobility og at alle avvik fra denne teorien går mot size-selective (Charlton, 2007), kan bunntransporten i Vekveselva gjennom studieperioden sies å ha vært preget av SST under fase 1 form for transport med enkelthendelser med fase 2 transport hvor EMT er best beskrivende for transporten.



Figur 5.1: Perioder hvor det har vært stor transport.

At sedimentasjonsdammen hovedsakelig består av grus og mindre sedimenter sier også noe om hvor sedimentene som blir transportert hit kommer fra. De tre skredsårene, Storskredet, Larsskredet og Ivarskredet, tilfører Vekveselva stadig nye sedimenter. Chin og Wohl (2005) observerte at transportert materiale i step-pooler hovedsakelig stammer fra skråninger langs elven. Disse sedimentene består av morenemateriale som er alt fra fin leire til større steiner (potensielle nøkkelsteiner). Når man da igjen ser på kornfordelingen i elva og i dammen (figur 5.2), kan man anta at de sedimentene som blir tilført elva fra skredene i all hovedsak blir transportert ned til dammen gjennom bunntransport og suspensjonsstransport for de finere materialene. Laget med grovere sedimenter som ligger øverst antas å ha blitt transportert gjennom EMT i løpet av vårflommene.

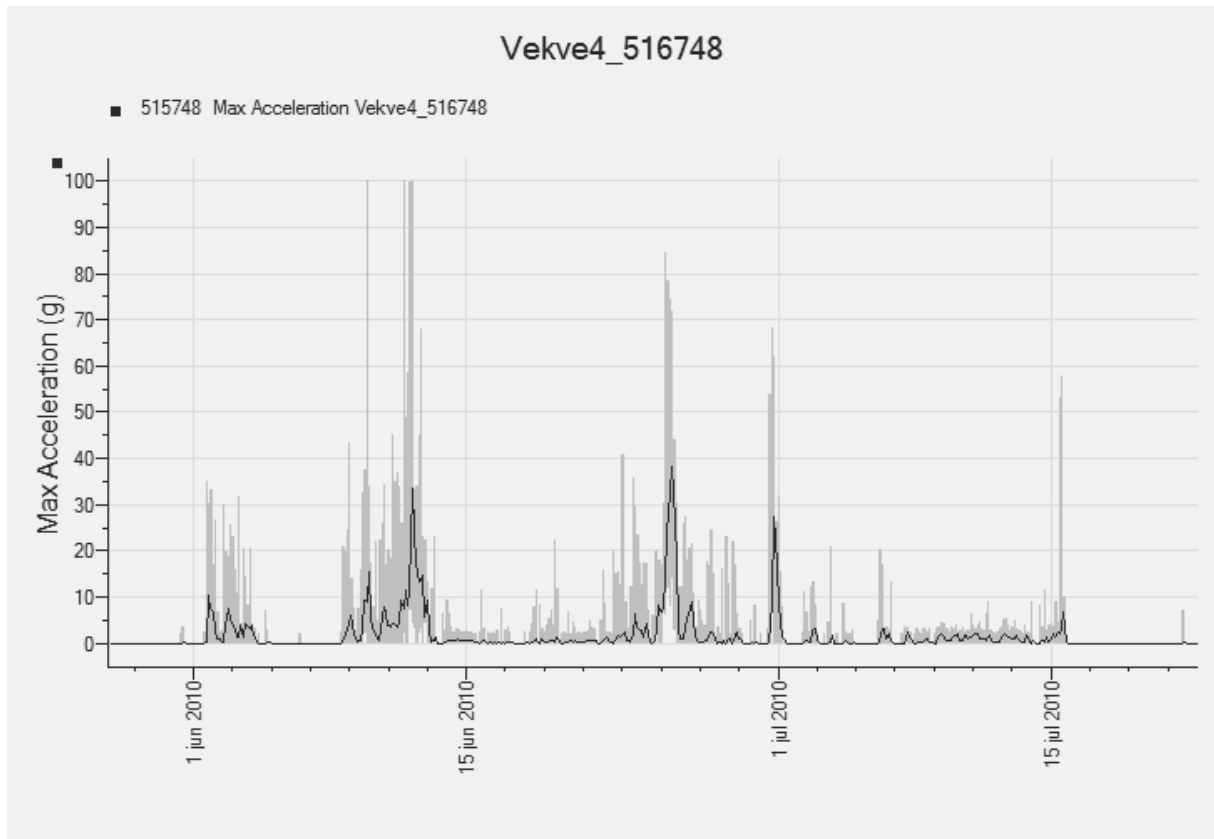


Figur 5.2: Sedimenteringsdammen høsten 2010 før tømming. Til venstre sees kornfordeling med grus og silt med et lag av grovere sedimenter på toppen. Foto: Stine Waldum

5.2. Flom

Under felteksperimentet var det flere hendelser med høy vannføring i Vekveselva sommeren 2010. Resultatene fra sjokksensorene Vekve 2, Vekve 3 og Vekve 4 viser at det er tre større hendelser rundt datoene 13-15. juni 2010, 24-26. juni 2010 og 29. juni- 1. juli. Figur 5.3 viser de tydelige toppene på disse datoene. Data fra Norges vassdrags- og energidirektorat fra 2010 bekrefter at det er vårflommene som dominerer i dette området (NVE.no). Hendelsene kan defineres som tidsperioder med bunntransport som gir store utslag ut ifra de høye verdiene som dataene fra sjokksensorene viser. Om utslagene kommer av store steiner som treffer sensoren eller små i stor hastighet er det vanskelig å si sikkert, men ettersom det antas å være EMT under disse fasene vil det kunne være begge deler. *De tre toppene* viser at det i disse periodene var høy bunntransport hvilket antyder høy vannføring. Dette kan være en forklaring på hvorfor gjenfinningsraten i denne undersøkelsen er mindre enn det Lamarre og Roy (2005) kunne vise til. Dette kan også støttes ved at det er en spredning av størrelse og vekt

blant de steinene som ble funnet igjen med PIT-metoden. Dette betyr at disse store flomhendelsene sommeren 2010 har satt de aller fleste av tracerne (PIT og visuelle) i transport. Som resultatene viser er det bare de aller største steinene i gruppe 7 som det kan bekreftes at ikke har blitt transportert nevneverdig. Av de gjenfundne steinene med PIT-sendere og farge har tracere i størrelsene (B-akse) 1,9 cm til 22 cm blitt transportert. Alle steiner i denne undersøkelsen, bortsett fra gruppe 7 merket med PIT-sendere, har B-akse mindre enn 22 cm.



Figur 5.3: Data fra sjokksensor Vekve_4 viser tre tydelige topper.

5.3. Passive integrerte transpondere eller visuelle tracere?

Det er en rekke faktorer å ta hensyn til når det skal diskuteres hvorvidt en PIT skiller seg ifra bruk av visuelle tracere. Dette er faktorer som går på turbulens i elva, ulent terreng som byr på utfordringer når metodene skal gjennomføres, at det kan være fysisk krevende å gjennomføre metodene og at utvalget av steiner til de to metodene. Her vil de enkelte faktorene bli diskutert i forhold til hvordan de kan ha påvirket resultatene.

5.3.1. Uklart vann

I en elv som Vekveselva, klassifisert som step-pool (Montgomery & Buffington, 1997), vil det oppstå en del turbulens etter fallet ved steps ned til pools. Dette gjør det utfordrende å bruke synssansen til å se etter visuelle tracere. Turbulensen fører til luftbobler i vannet som gjør det vanskelig å se bunnen. Bruk av vannkikkert viste seg ikke å være til hjelp hvor dette oppsto. Dette gjør at det er mange områder hvor man ikke klarer å se om det ligger en visuell tracer på bunnen eller ikke. Etersom Vekveselva er har en step-pool morfologi er det mange deler av elva som det ikke lar seg gjøre å lete etter visuelle tracere. På grunn av turbulensen som dannes i poolet rett etter steppet vil det her være større transportkapasitet enn ved motsatt ende av poolet. Høyde på step og vannføring styrer skjærstress og løftkraft i dette området (E. E. Wohl & Thompson, 2000). På grunn av løftkraften turbulensen skaper kan sedimenter bli satt i transport og avsatt ved, eventuelt bli transportert over, overløpskanten av poolet (Zimmermann & Church, 2001). Ut ifra dette kan man anta at de minste tracerne i denne undersøkelsen vil ligge nær overløpskanten til steps mens de større vil ligge nær fallet av steps.

Visuelle tracere kan også være vanskelig å se dersom det er mye suspensjonstransport i elven under søking. I denne undersøkelsen var ikke dette et problem da søkingen foregikk under lav vannføring om høsten, da suspensjonstransporten var ubetydelig i denne sammenheng.

5.3.2. Leting etter PIT er fysisk krevende

Å skanne elvebunnen etter tracere med PIT-sendere og visuelle tracere er fysisk krevende. Det er spesielt skanning etter tracere med PIT-sendere som skiller seg ut her. Utstyret som skal bæres er tungt og det kreves bevegelser som kan være slitsomt for ryggen. Dette gjør at skanningen må deles inn i etapper dersom det skal gjøres alene. Hvis ikke kan man fort bli sliten og ufokusert, og utførelsen av metoden vil ikke være tilfredsstillende. I denne undersøkelsen ble skanningen i hovedsak gjennomført av to personer slik at den en hvilte mens den andre skannet. Dette medførte at den som skannet var uthvilt og fokusert til enhver tid.

Å lete etter visuelle tracere har ikke samme utfordringer når det gjelder fysisk krevende arbeid. Det kreves naturligvis at man går i, eventuelt langs, elva og ser etter tracere. Men erfaringen som ble gjort med denne metoden var at man måtte gå med bøyd rygg og se nøye på bunnen. Mange steiner i Vekveselva hadde en naturlig farge som kunne ligne på de

visuelle tracerne som ble plassert i elva og måtte derfor plukkes opp for nærmere undersøkelse. Dette ble også fysisk krevende over tid. Utfordringene med å lete etter visuelle tracere er også knyttet til elvas naturlige hindringer. Med dette menes luftbobler som gjør det vanskelig å se, dybde fra bunnen til vannoverflaten som gjør det vanskelig å komme til og områder som man ikke kan lete på av sikkerhetsmessige årsaker.

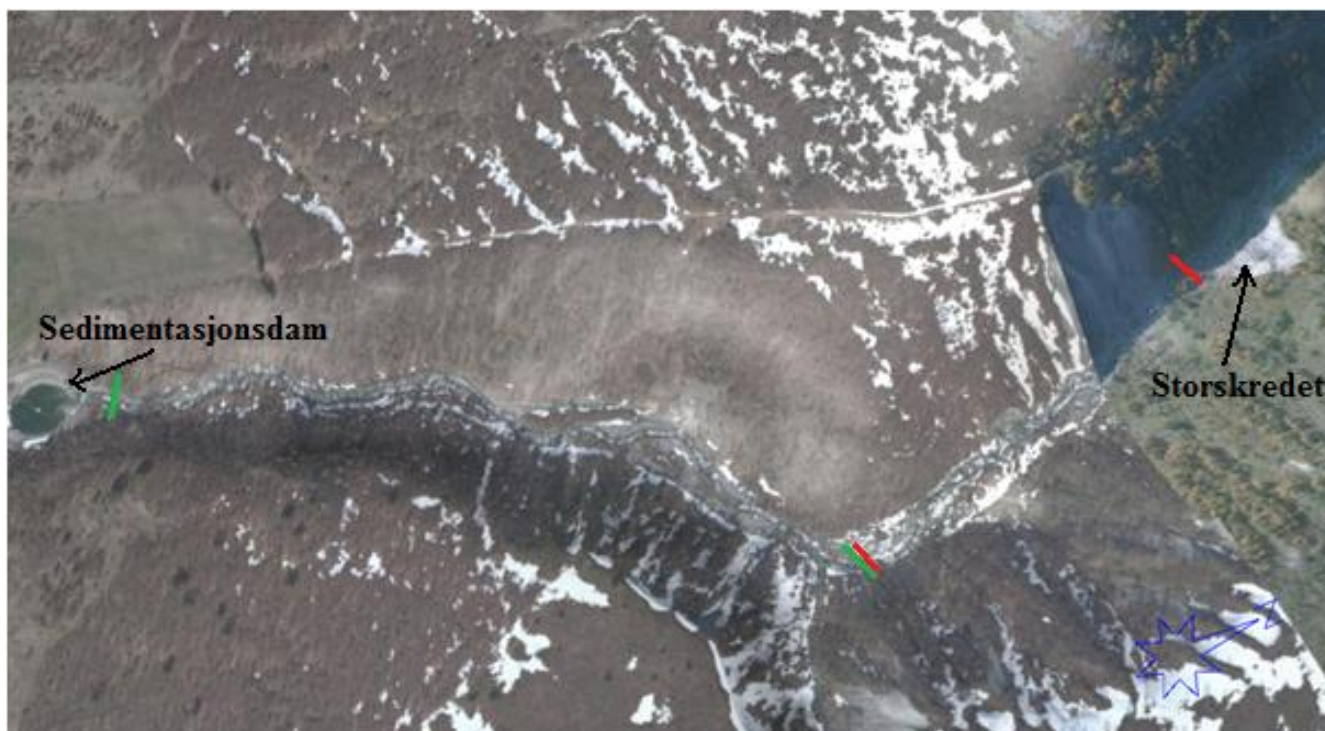
5.3.3. Utvalg av stein

Utvalget av steiner brukt til de to metodene kan ha en innvirkning på gjenfinningsraten. Ideelt sett skulle utvalgene vært helt tilnærmet like i gjennomsnittlig B-akse og form, men dette ble ikke gjennomført ved utvelging av steiner til felteksperimentene til de to metodene. Utvalgene ble ikke gjort på grunnlag av at de skulle være mest mulig like, men kun med tanke på den enkelte metode. Utvelging av steiner til visuelle tracere ble gjort i forbindelse med feltkurs i GEOG1513, hvor utgangspunktet var å undersøke om det var size-selective eller equal mobility som var fremtredende i Vekveselva gjennom en 14 dagers periode høsten 2009. Det ble valgt steiner i størrelsen 1,8 cm til 22 cm i B-aksen, hvor den største andelen ligger mellom 1,8 cm til 10 cm. De tre største på henholdsvis 18, 20 og 22 cm ble valgt ut som kontroll for å se om vannføringen i perioden klarte å transportere steiner av denne størrelsen. Dette utvalget ble videreført til å brukes i felteksperimentet til denne undersøkelsen. Utvalget til PIT ble gjort kun med tanke på denne undersøkelsen og steinene som ble valgt hadde en større spredning i størrelse på B-aksen og vekt enn utvalget til visuelle tracere. På grunn av dette ble det brukt steiner i PIT som er betydelig mye større enn de største i utvalget av visuelle tracere. På grunn av disse forskjellene kan utvalgene ha blitt transportert ulikt under vannføringer under bredfull vannføring hvor size-selective er fremtredende. Det er derfor grunn til å anta at større prosentandel av de visuelle tracerne hadde blitt transportert før flomhendelsene enn PIT-tracerne. Det kan ikke utelukkes at dette er en faktor for at resultatene viser høyere gjenfinningsrate for PIT enn visuelle tracere. Men på grunn av manglende data på hvor tracerne befant seg før flomhendelsene, eller hvor stor betydning dette har, er det ikke lagt vekt på dette i denne undersøkelsen. Dataene fra sjokksensorene antyder at bunntransporten var stor nok til at alle tracere (bortsett fra gruppe 7 med PIT-sendere) ble transportert utenfor det området som ble søkt i under flomhendelsene.

5.4. Hvor ble PIT funnet?

Søket etter tracere merket PIT-sendere startet i Tomaskulpen. Denne kulpen ligger rett nedstrøms kulpen hvor gruppe 1 ble plassert i. Det ble satt som mål å få skannet ned til punktet hvor elva skifter retning, ca 320 meter nedstrøms fra Storskredet (se røde markeringer i figur 5.3). Bakgrunnen for valget av kun å ta denne strekningen lå i begrensninger i form av tid og økonomi. I tillegg til forventningene til hvor langt tracerne ville bli transportert, falt det naturlig å fokusere på denne strekningen under planleggingen av feltarbeidet. I etterkant av skanningen på dette området, og på grunn av den lave gjenfinningsraten, ble det også forsøkt å skanne sedimentasjonsdammen og cirka 20 meter oppstrøms. Dette resulterte i tre funn av tracere med PIT-sendere i tillegg til en stein med borehull i som det er rimelig å anta er en del av utvalget. Denne steinen ble målt på nytt i alle tre akser og veid, men ingen stein i datamaterialet samsvarte eksakt med disse målene. Det er derimot kun gruppe 1 som har steiner med akser og vekt i denne størrelsen, og det antas følgelig at denne steinen tilhører denne gruppen. At det ikke finnes samsvar med målene gjort i ettertid og de som ble gjort i felt kan brukes som kritikk mot å bruke visuelle tracere. For det er på denne måten man kan identifisere tracere etter funn for å vite hvilken stein det gjelder.

Disse tre funnene utgjør en signifikant del av den totale gjenfinningsraten for PIT. Og ettersom de har blitt transportert ned til sedimentasjonsdammen er det naturlig å anta at det finnes flere tracere i strekningen som ikke ble skannet (se grønne markeringer i figur 5.4). I ettertid kan det stilles spørsmål til om skanningen heller burde startet ved sedimentasjonsdammen og fortsette videre oppover. Dette kunne ha gitt en større gjenfinningsrate, men dette kan verken verifiseres eller falsifiseres i etterkant.



Figur 5.4: Søkeområde for tracere. De røde strekene marker start og slutt for strekning som har blitt skannet. De grønne strekene markerer strekning som ikke har blitt skannet. Sedimentasjonsdammen ble skannet (Norgei3d.no).

5.5. Hvilke tracere ble funnet?

Det er viktig å diskutere betydningen av hvilke tracere som ble funnet, både av fargede tracere og tracere med PIT-sendere. Dette kan være nyttig kunnskap i forhold til å diskutere hvilken type transport som er gjeldende i Vekveselva, og i forhold til egnetheten til metodene. Spørsmålet er om man kan konkludere med at de som ikke ble funnet har blitt transportert ut av søkeområdet, eller om det er andre faktorer som spiller inn. La oss først se på de tracerne med PIT-sendere som ble funnet.

Det som først kan sies å være betydningsfullt i begge sammenhenger er at kun 9 av 20 steiner i gruppe 7 ble funnet, som var de største som var del av felteksperimentet. Hva vil det si at 11 av disse steinene ikke ble funnet under søking med PIT-antenna? Det kan bety at de har blitt transportert ut av studieområdet, eller at utstyret ikke fungerer riktig. Eller er det andre faktorer som spiller inn? Av de steinene i gruppe 7 som ikke ble funnet er tre stykker over 40 centimeter i B-akse, og resten ligger under denne størrelsen. Dette vil si at de som er funnet er de aller største som er merket med PIT-sendere. Disse steinene kan betraktes som nøkkelsteinene. Men stein nummer 2, 18 og 19 i gruppe 7 ble ikke funnet, og disse har en B-akse på henholdsvis 51, 65 og 43 centimeter og kan også sees på som nøkkelsteinene. En mulig

forklaring på dette er at de kan ha blitt veltet på en slik måte at PIT-senderen ble liggende i en slik posisjon at rekkevidden på antennen (20-30 cm) ikke er god nok til å registrere dem. Men ettersom de ikke er funnet kan man altså ikke utelukke at de har blitt transportert ut av søkeområdet.

5.6. Metodenes egnethet

En vesentlig del av denne oppgaven er å diskutere metodenes egnethet for måling av bunntransport i en klassisk fjellelv. Ovenfor har det blitt diskutert hvilke og hvordan ytre faktorer har påvirket resultatene. Videre vil det bli diskutert fordeler og ulemper med bruk av de to metodene som er i fokus for denne undersøkelsen. Her vil utgangspunktet være erfaringer som undertegnede gjorde selv ved felteksperimentene (se metodekapittel) med begge metodene.

Bruk av passive integrerte transpondere er i teorien en god og effektiv metode for å måle bunntransporten (Lamarre, et al., 2005). Grunnen til dette er den prosentvis høyere gjenfinningsraten i forhold til den mer tradisjonelle metoden med visuelle tracere. Lamarre et al. (2005) poengterer også at forringelse av utstyr ikke er et problem da PIT-sendere kan ha en levetid på opp til 50 år. Dette kan ikke støttes i denne undersøkelsen ettersom det viste seg at 7 % av de gjenfundne tracerene hadde enten ødelagte PIT-sendere, eller så hadde de falt ut av steinen den var festet til. Dette kan være et argument for å ikke anbefale metoden til bruk i elver med tidvis store massetransporterende flommer. Men hvor store flommer man vil få under et studie kan vanskelig estimeres på forhånd. Metodens evne til å finne tracere som er nedgravd og som ikke er observerbare med synssansen taler også til dens fordel. Man kommer også til i deler av elva med antenna der det er vanskelig å komme til med vannkikkert.

Det største problemet som ble erfart gjennom felteksperimentet med PIT var hvordan man på en god måte skulle dokumentere hvor i elva de enkelte tracerne ble funnet. Trancieveren gir fra seg et svakt pip og identifikasjonsnummeret dukker opp på displayet. I utgangspunktet skulle dette gi observatøren mulighet til å notere ned funn og plassering, men på grunn av støy, og det faktum at man ikke kan se på displayet på trancieveren til enhver tid kan man oppleve at funn ikke blir oppfattet av observatøren. Dette ble løst ved å bruke GPS og samkjøring av klokkeslett (se metodekapittel). GPSen som ble brukt i dette felteksperimentet hadde en oppløsning på 15 meter, noe som ikke gav en tilfredsstillende indikasjon på hvor de forskjellige tracerne ble funnet.

Det er i datatilgjengeligheten at PIT har sin store styrke i forhold til visuelle tracere. I resultatene ser vi at en av tracerne med PIT-sender som ble funnet hørte til gruppe 6, som ble plassert i Storskredet. Dette kunne enkelt finnes ut ved å bruke søkeprogrammet på Microsoft Office Excel. Ved å søke på identifikasjonsnummeret til en bestemt traser som ble funnet, finner man raskt ut hvilken gruppe den hørte til og hvor den opprinnelig ble plassert. Her står også alle mål av steinen. Forarbeidet må gjøres likt på begge metodene (måling og veiing av steinene), og dette må føres ned og eventuelt legges i en fil på datamaskinen. Ved funn kan man med PIT ha muligheten til å foreta et raskt søk i datamaterialet for å finne all informasjon om den enkelte traser og derifra foreta analyser. Med visuelle tracere må observatøren plukke traceren opp av elven, måle den på nytt og deretter lete i datamaterialet etter en stein med tilsvarende mål. Dette kan gi feilmarginer på grunn av observatøren kanskje ikke måler helt likt de to gangene og derfor ikke finner den igjen i datamaterialet, eller tar feil stein på grunn av at mange av steinene er like i form og vekt.

Et annet vesentlig problem med begge metodene er det faktum at vi ikke kan si noe om de tracere som ikke blir funnet. På grunn av periodevis veldig høy sedimenttransport i studieperioden ble det lav gjenfinningsrate ved begge metodene. Ble de som ikke ble funnet begravd, transportert ut av studieområdet eller ødelagt (evt. farge slipt bort)? Dette er spørsmål denne undersøkelsen ikke evner å finne svar på. Derfor må alle analyser gjøres ut fra de tracere som ble funnet igjen, og på grunn av de lave gjenfinningsratene kan det ikke gjøres annet enn å antyde hva disse viser. Det blir indikasjoner.

Kostnad er også en faktor som må nevnes. Det er ingen tvil om at utstyret til PIT-metoden er betydelig dyrere ved innkjøp enn utstyret som trengs til visuelle tracere. Med PIT er det snakk om en engangssum ved innkjøp av mottaker, antenne og sendere. Dette utstyret kan da brukes videre i flere undersøkelser eller den samme undersøkelsen gjennom flere år. Denne undersøkelsen gav imidlertid en lav gjenfinningsrate, noe som betyr et betydelig tap av sendere.

5.6.1. Fargede tracere

Den viktigste erfaringen som ble gjort med denne metoden er at fargen har en tendens til å bli slipt bort fra steinene under transport. Dette gjorde det meget problematisk å finne igjen tracerne, og de som ble funnet hadde fått slipt bort nummeret som ble skrevet med sprittusj for å identifisere dem. For å kunne identifisere dem må de da måles i A, B og C – akse på nytt, og lokaliseres blant dataene fra målingene som ble gjort før injiseringen. Dette kan være problematisk på grunn av feilmarginen på målingen ettersom kan ha blitt gjort av forskjellige individer, og de kan ha forskjellig oppfatning av hva som er A, B og C- akse på en stein.

Et annet viktig aspekt å påpeke er at det er fysisk krevende å bruke vannkikkert for å lete etter tracere. Man står fremoverbøyd og holder vannkikkerten mot strømmen for å holde den stødig. Dette er en påkjenning for rygg og overkropp generelt. I dette feltarbeidet var vi to stykker som delte på arbeidet hvilket var en stor fordel.

Et annet aspekt som bør påpekes i forbindelse med metodekritikken er prioriteringen av arbeidet med søk etter visuelle tracere i forhold til søk etter tracere med PIT-sendere. Som nevnt ovenfor ble det hovedsakelig søkt etter visuelle tracere samtidig som det ble søkt etter PIT. Det kan derfor diskuteres hvorvidt dette var tilstrekkelig, eller om det burde vært gjort søk kun med tanke på å finne visuelle tracere.

5.6.2. Passive integrerte transpondere

Et viktig punkt å påpeke i forhold til feilkilder med denne metoden er det faktum at det viste seg at enkelte PIT-sendere ble ødelagt, eller falt ut av de borede hullene hvor de ble plassert. Det ble funnet en tracer hvor restene av en ødelagt PIT-sender fortsatt var festet, men var ute av drift. En annen tracer ble funnet med et hull hvor både PIT-sender og superfixlimet hadde falt ut. Dette antas å være på grunn av at restene av borestøvet hadde forhindret superfixlimet å feste seg til steinen. Det er rimelig å anta at dette kan ha skjedd med flere av tracerne med PIT-sendere. Disse to steinene ble utelukket fra gjenfinningsraten, men man kan si at 28 steiner som hadde fått festet PIT-sender til seg ble funnet. 2 av disse var ødelagt, og det vil si at 7 % av de som ble funnet var ødelagte. Om dette kan ekstrapoleres til å si at 7 % av alle PIT-tracere har blitt ødelagt kan vanskelig gjøres, men det gir en indikasjon på at slike forhold, som i denne undersøkelsen, vil kunne ødelegge en betydelig del av utvalget.

Et annet punkt som må påpekes med denne metoden er at den er kostbar. I metodekapittelet vises det til at utstyret som ble brukt til denne undersøkelsen kostet 7875 US dollar. I forhold til kostnadene forbundet med visuelle tracere er dette kostbart. Det bør også påpekes at metoden er fysisk krevende. Utstyret er tungt, og det er krevende å skanne elvebunnen med antenna. Det er en påkjenning på hele kroppen og det er vanskelig å skanne mer enn time av gangen dersom man skal holde konsentrasjonen oppe og gjøre jobben best mulig.

6. Konklusjoner

6.1. Passive integrerte transpondere eller visuelle tracere?

Det denne masteroppgaven hadde som første problemstilling å undersøke om passive integrerte transpondere eller visuelle tracere gir best data for måling av bunntransport. De tre store flomhendelsene sommeren 2010 gjorde det vanskelig å finne igjen tracerne, og førte til lav gjenfinnelsesrate med begge metodene. Men dette førte også til at fordelene med PIT kom tydelig frem. Selv om gjenfinnelsesraten var lav var den høyere enn raten for visuelle tracere. Dette kan antas å være på grunn av metodens evne til å finne tracere som er begravd og/eller ligger skjult i vann med masse luftbobler på grunn av turbulens. De visuelle tracerne led av at malingen ble slipt bort under transporten, og det ble derfor særdeles vanskelig å finne dem igjen.

Det er fysisk krevende å lete etter tracere med PIT-sendere, og den er relativt kostbar, men fordelene med bruken veier opp for dette. I motsetning til bruk av visuelle tracere får man dataene lett tilgjengelig på PC som er klare til analyser i ettertid. I denne undersøkelsen kunne disse dataene brukes til å se både på hvilke faser av bunntransport som har vært til stede, og hvorvidt SST eller EMT er best beskrivende for bunntransporten i Vekveselva. Dataene fra de visuelle tracerne er mer begrenset, men ved korrekt bruk kan også de gi det samme datamaterialet. Men dette er mer arbeidskrevende, og muligheten for feilkilder er større. Derfor vil svaret på problemstilling (1) være at det er passive integrerte transpondere som gir best datamateriale av de to metodene som ble brukt i dette felteksperimentet.

6.2. Bunntransport i Vekveselva

Gjennom å bruke PIT sammen sjokksensorer, kornfordelingsanalyser og steintellinger ble det i denne undersøkelsen samlet inn gode data som kunne si noe om bunntransporten i Vekveselva. Dataene fra de visuelle tracerne ble i liten grad brukt til dette. Denne undersøkelsen har kommet frem til at SST og EMT er begge beskrivende for formen av bunntransport i Vekveselva. Hvilken av dem som er gjeldende til et gitt tidspunkt er avhengig av vannføringen og hvilken fase av transport som er rådende. Resultatene viser at det i Vekveselva er lange perioder med lav vannføring og fase 1 form for bunntransport hvor SST best beskriver hvordan transporten foregår. I enkelthendelser med høy vannføring (flom) vil

fase 2 form for bunntransport være gjeldende, og EMT vil være best beskrivende. På grunnlag av dette vil svaret på problemstilling (2) være: ja, de valgte metodene er egnet til å si noe om fase-transport og om SST eller EMT er beskrivende for bunntransporten i Vekveselva.

6.3. Forslag til videre arbeid

Å bruke passive integrerte transpondere som metode for å måle bunntransport trenger videre undersøkelser. Det som kan være interessant å undersøke er levealderen til PIT-senderne i disse forholdene. Som nevnt i oppgaven ble det funnet to steiner hvor senderen enten har blitt ødelagt eller falt ut av hullet som ble boret for den. Det er rimelig å anta at de gjeldene forholdene i norske fjellelver med step-poolmorfologi, som i denne undersøkelsen, gjør at levealderen på utstyret er betraktelig kortere enn den er i sitt opprinnelige element; biologien.

Det ville også vært interessant å benytte en stasjonær antenne som legges på tvers over elvebunnen for å registrere alle tracere med PIT-sendere som passerer over denne. Dette gjøres også i biologien for å registrere merkede fisker som passerer punkter i en elv. Dette ville gitt gode data på hvor mange tracere som passerer, og til hvilket tidspunkt. Det vil dermed kunne si mer om når bunntransporten foregår. I denne undersøkelsen antas det at de fleste tracerne ble transportert under flomhendelsene, men dersom en hadde stasjonære antenner på et eller flere punkter i elva kunne man også se når under flomhendelsene de ble transportert. Det hadde vært interessant å vite om det er på stigende eller synkende vannføring transporten er størst, og det er mulig stasjonære antenner ville kunne gi denne informasjonen.

7. Litteratur

- Allan, J. C., Hart, R. J., & Tranquili, V. (2006). The use of Passive Integrated Transponder (PIT) tags to trace cobble transport in a mixed sand-and-gravel beach on the high-energy Oregon coast, USA. *Marine Geology*, 232, 24.
- Bathurst, J. C., Graf, W. H., & H.H., C. (1987). Bed Load Discharge Equations for Steep Mountains Rivers. In C. R. Thorne, J. C. Bathurst & R. D. Hey (Eds.), *Sediment transport in gravel-bed rivers* (pp. 453-492). New York: John Wiley & Sons Ltd.
- Blizard, C. R., & Wohl, E. E. (1998). Relationship between hydraulic variables and bedload transport in a subalpine channel, Colorado Rocky Mountains, U.S.A. *Geomorphology*, 22, 359-371.
- Bunte, K., & Abt, S. R. (2001). Sampling surface and subsurface particle-size distributions in wadable gravel-and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics, and streambed monitoring. *Gen. Tech.*
- Castro-Santos, T., Haro, A., & Walk, S. (1996). A passive integrated transponder (PIT) tag system for monitoring fishways. *Fisheries Research*, 28, 9.
- Charlton, R. (2008). *Fundamentals of fluvial geomorfology* New York: Routledge.
- Chin, A. (2003). The geomorphic significance of step-pools in mountain streams. *Geomorphology*, 55(1-4), 125-137.
- Chin, A., & Phillips, J. D. (2006). The self-organization of step-pools in mountain streams. *Geomorphology*, 83(3-4), 346-358.
- Chin, A., & Wohl, E. (2005). Toward a theory for step pools in stream channels. *Progress in Physical Geography*, 29(3), 275-296.
- Church, M. (2006). BED MATERIAL TRANSPORT AND THE MORPHOLOGY OF ALLUVIAL RIVER CHANNELS. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 34(1), 325-354.
- Duckson, D. W., & Duckson, L. J. (1995). MORPHOLOGY OF BEDROCK STEP POOL SYSTEMS1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 31(1), 43-51.
- Einstein, H. A. (1937). *Bedload transport as a probability problem*. Colorado State University.
- eklima.met.no. Gratis tilgang til Meteorologisk institutts vær- og klimadata fra historiske data til sanntidsobservasjoner. Retrieved June 9, 2011, from

http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL

- Gibbons, W. J., & Andrews, K. M. (2004). PIT tagging: Simple Technology at Its Best. [Biology]. *BioScience*, 54(5), 8.
- Gomez, B. (1991). Bedload transport. *Earth-Science Reviews*, 31(2), 89-132.
- Hassan, M. A., & Ergenzinger, P. (2003). Use of Tracers in Fluvial Geomorphology. In G. M. Kondolf & H. Piègay (Eds.), *Tools in Fluvial Geomorphology* (Vol. 1, pp. 397-423). Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Hey, R. D. (1987). River Dynamics, Flow Regime and Sediment Transport. In C. R. Thorn, J. C. Bathurst & R. D. Hey (Eds.), *Sediment Transport in Gravel-bed Rivers* (pp. 17-42). New York: John Wiley & Sons Ltd.
- Hicks, D. M., & Gomez, B. (2003). Sediment transport. In G. M. Kondolf & H. Piègay (Eds.), *Tools in fluvial geomorphology* (Vol. 1, pp. 425-461). Sussex: Wiley & Sons Ltd.
- Hill, M. S., Zydlewski, G. B., Zydlewski, J. D., & Gasvoda, J. M. (2005). Development and evaluation of portable PIT tag detection units: PITpacks, *US Fish and Wildlife Service* (pp. 8).
- hoelogsonner.no. Vekve sedimenteringsdam. Retrieved June 8, 2011, from <http://www.hoelogsonner.no/Referanse%20Vekve%20sedimenteringsdam.html>
- Inkpen, R. (2005). *Science, Philosophy and Physical Geography*. New York: Routledge.
- Knighton, D. (1998). *Fluvial forms & processes*. London: Hodder Education.
- Lamarre, H., MacVicar, B., & Roy, A. G. (2005). Using passive integrated transponder (PIT) tags to investigate sediment transport in gravel-bed rivers. *Journal of Sedimentary Research*, 75, 6.
- Lamarre, H., & Roy, A. G. (2008). The role of morphology on the displacement of particles in a step-pool river system. *Geomorphology*, 99(1-4), 270-279.
- Laronne, J. B., & Carson, M. A. (1976). Interrelationships between bed morphology and bed-material transport for a small, gravel-bed channel*. *Sedimentology*, 23(1), 67-85.
- Lehner, B., Döll, P., Alcamo, J., Henrichs, T., & Kaspar, F. (2006). Estimating the Impact of Global Change on Flood and Drought Risks in Europe: A Continental, Integrated Analysis. *Climatic Change*, 75(3), 273-299.
- Lenzi, M. A. (2001). Step-pool evolution in the Rio Cordon, northeastern Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(9), 991-1008.
- Leopold, L. B., Emmet, W. W., & Myrick, R. M. (1966). Channel and hillslope processes in a semi-arid area. *US Geological Survey Professional Paper*, 193-253.

- Marion, D. A., & Weirich, F. (2003). Equal-mobility bed load transport in a small, step-pool channel in the Ouachita Mountains. *Geomorphology*, 55(1-4), 139-154.
- Molnar, P., Densmore, A. L., McArnell, B. W., Turowski, J. M., & Burlando, P. (2010). Analysis of changes in the step-pool morphology and channel profile of a steep mountain stream following a large flood. *Geomorphology*, 124(1-2), 85-94.
- Montgomery, D., & Buffington, J. M. (1997). Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*, 16.
- Nelson, J. M., Bennett, J. P., & Wiele, S. M. (2003). Flow and Sediment-transport Modeling. In G. M. Kondolf & H. Piégay (Eds.), *Tools in fluvial geomorphology* (pp. 539-576). Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- NGU.no. (2011). Løsmassekart. Retrieved June 13, 2011, from <http://www.ngu.no/kart/losmasse/>
- Norgei3d.no. (2011). Norge i 3D med Nordkart Virtual Globe. from <http://www.norgei3d.no/>
- Parker, G., & Toro-Escobar, C. M. (2002). Equal mobility of gravel in streams: The remains of the day. *Water Resour. Res.*, 38(11), 1264.
- Petterson, L. (2009). Flomforhold i Sør- og Midt-Norge Retrieved June 8, 2011, from <http://www.nve.no/Global/Publikasjoner/Publikasjoner%202009/Rapport%202009/rapport3-09.pdf>
- Powell, D. M. (1998). Patterns and processes of sediment sorting in gravel-bed rivers. *Progress in Physical Geography*, 22(1), 1-32.
- Reid, S. C., Lane, S. N., Berney, J. M., & Holden, J. (2007). The timing and magnitude of coarse sediment transport events within an upland, temperate gravel-bed river. *Geomorphology*, 83(1-2), 152-182.
- Rhoads, B. L., & Thorn, C. E. (1996). Observation in Geomorphology *The scientific nature of geomorphology* (pp. 21-56): John Wiley & sons Ltd.
- Rosgen, D. (1994). A classification of natural rivers. *CATENA*, 22, 30.
- Ryan, S. E., Porth, L. S., & Troendle, C. A. (2005). Coarse sediment transport in mountain streams in Colorado and Wyoming, USA. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30(3), 269-288.
- Sutherland, A. J. (1987). Static armor layers by selective erosion. In C. R. Thorne, J. C. Bathurst & R. D. Hey (Eds.), *Sediment transport in gravel-bed rivers* (pp. 243-268). Chichester: John Wiley and Sons.
- Takayama, S. (1965). bedload movement in torrential mountain streams. *Tokyo Geographical Paper*, 9, 169-188.

- Thorndycraft, V. R., Benito, G., & Gregory, K. J. (2008). Fluvial geomorphology: A perspective on current status and methods. *Geomorphology*, 98(1-2), 2-12.
- Vatne, G., Takøy Naas, Ø., Skårholmen, T., Beylich, A. A., & Berthling, I. (2008). Bed load transport in a steep snowmelt-dominated mountain stream as inferred from impact sensors. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 62(2), 66-74.
- Warburton, J. (1992). Observation of bed load transport and channel bed changes in a proglacial mountain stream. *Arctic and Alpine Research*, 24(3), 195-203.
- Whittaker, J. G. (1987). Sediment Transport in Step-pool Streams. In C. R. Thorne, J. C. Bathurst & R. D. Hey (Eds.), *Sediment Transport in Gravel-bed Rivers* (pp. 545-579). New York: John Wiley & Sons Ltd.
- Wohl, E. (2006). Human impacts to mountain streams. *Geomorphology*, 79(3-4), 217-248.
- Wohl, E. E., & Grodek, T. (1994). Channel bed-steps along Nahal Yael, Negev desert, Israel. *Geomorphology*, 9(2), 117-126.
- Wohl, E. E., & Thompson, D. M. (2000). Velocity characteristics along a small step-pool channel. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25(4), 353-367.
- Zimmermann, A., & Church, M. (2001). Channel morphology, gradient profiles and bed stresses during flood in a step-pool channel. *Geomorphology*, 40(3-4), 311-327.