NVE

Jernbaneverket

Statens vegvesen

Flom- og skredhendelsen Frida på Sørlandet 2012

Naturfareprosjektet: Delprosjekt 5.3: Hendelser og kostnader

124
2015

RAPPORT

NIFS
NATURFARE
INFRASTRUKTUR - FLOM - SKRED

Rapport nr 124-2015
Flom- og skredhendelsen Frida på Sørlandet 2012

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Maria Hetland Olsen

Forfattere: Olsen, M.H., Hopland, A.A., Myrabø, S., Viréhn, P., Glad, P.A.,Almenningen, O.E., Traae, E.,

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: P.O.D
Forsidefoto: Burud under flommen i 2012
ISBN 978-82-410-1176-4
ISSN 1501-2832

Sammendrag: Rapporten konkluderer med at det er viktig å se på nedbørfeltet i sin helhet når man skal finne årsaken til skadene. Rensk og vedlikehold av dreneringsveier er svært viktig for å forhindre vann på avveie og redusere skadeomfanget under flomhendelser. Samfunnsøkonomiske analyser har vist at det er stor lønnsomhet i forebyggende tiltak, og for å gjennomføre gode og fungerende tiltak er det viktig med riktig fagkunnskap.

Emneord: vedlikehold, dreneringsveier, vann på avveie

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

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

2015

Innhold

1 Sammendrag 1
2 Bakgrunn 1
3 Feltegenskaper 2
4 Hendelsen 3
4.1 Burud 3
4.2 Darbu 8
4.3 Krekling 15
4.4 Skotselv 18
4.5 Åmot 21
4.6 Krokstadelven 24
5 Meteorologiske forhold 36
5.1 Nedbør/regn 36
5.1.1 Oversikt over nedbørfordeling før og under flommen i 2012 37
6 Hydrologiske forhold 39
6.1 Grunnvannstand, markvannsinnhold og initialfuktighet 39
7 Menneskelig påvirkning – areal endringer og endring av drenering 43
7.1 Endringer i landskapet 47
8 Samfunnsøkonomiske kostnader til hendelsene 49
9 Utførte tiltak 51
9.1 Krokstadelven 51
10 Konklusjon 55
10.1 Årsak til hendelsene 55
10.2 Forslag til forbedringer og mer robuste tiltak 56
11 Referanser 58
Figurliste 59

1 Sammendrag

6. august 2012 ga kraftige regnbyger omtrent 70-130 mm nedbør i en smal sone gjennom Buskerud med høyest intensitet i Nedre Eiker. Ekstremværet ble døpt Frida. De store nedbørsmengdene forårsaket en flom med 50 års gjentaksintervall eller høyere i deler av Buskerud. Denne rapporten tar for seg seks områder hvor flommen førte til store skader på bebyggelse, vei og jernbane. Områdene ligger ved Krekling, Darbu, Burud, Skotselv, Åmot, som alle lå utenfor området med de største nedbørintensitetene, samt Krokstadelven, som lå i området med høyest intensitet. Flomhendelsen beskrives med utgangspunkt i de seks pilotfeltene, og fokuserer på skadepunkter, årsak til skadene, menneskelig påvirkning, gjennomførte tiltak etter flomhendelsen og samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til flomhendelsen.

Rapporten konkluderer med at det er viktig å se på nedbørfeltet i sin helhet når man skal finne årsaken til skadene. Rensk og vedlikehold av dreneringsveier er svært viktig for å forhindre vann på avveie og redusere skadeomfanget under flomhendelser. Samfunnsøkonomiske analyser har vist at det er stor lønnsomhet i forebyggende tiltak, og for å gjennomføre gode og fungerende tiltak er det viktig med riktig fagkunnskap. NIFS-prosjektet har erfart at med korrekt kunnskap og godt samarbeid kan man få til gode forebyggende tiltak mot naturfarer. Det har vært vanskelig å få tak i gode data fra hendelsene, noe som har ført til at prosjektet anbefaler en felles database hvor etatene, kommunene og grunneiere kan legge inn informasjon om blant annet skadepunkter og kostnader.

2 Bakgrunn

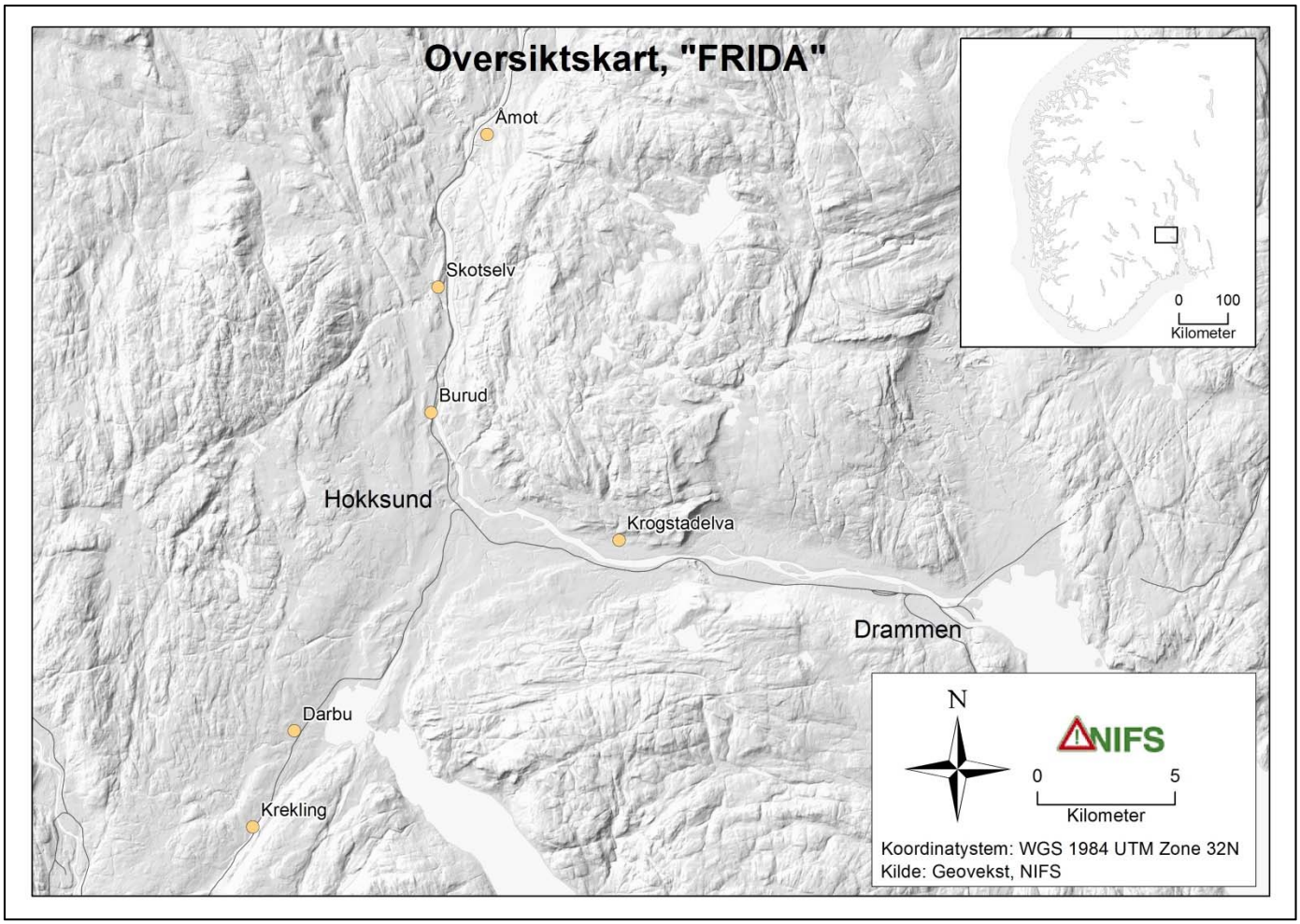
NIFS-prosjektet (Naturfare, infrastruktur, flom og skred) er et etatsprosjekt som involverer Jernbaneverket (JBV), Staten Vegvesen (SVV) og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Prosjektet er delt inn i flere delprosjekter med ulike fokusområder. Denne rapporten er skrevet i delprosjektet 5 "*Håndtering av flom og vann på avveie*", og er én av flere rapporter som skal publiseres i delprosjekt 5.3 "*Hendelser og kostnader*".

En bakenforliggende årsak til flere av flom- og skredhendelsene de siste årene er mangel på vannfaglig kompetanse både i forvaltningen og konsulentbransjen. Det er også manglende bestillerkompetanse i etatene, og i driftsfasene mangler det ofte penger. Målet med denne rapporten er å vise at det er stor lønnsomhet i å benytte gode overvannsløsninger ved nybygging, og ikke minst synliggjøre og øke fokus på lønnsomheten av god rutinemessig drift, vedlikehold og ulike tiltak for eksisterende drensanlegg (*naturfare.no*).

Ønsket er å lage rapporter som synliggjør lønnsomheten av forebyggende tiltak basert på ulike hendelser de siste årene. Denne rapporten ser på flomhendelsen Frida i 2012, og på skadeomfanget ved Burud, Darbu, Krekling, Skotselv, Åmot og Krokstadelven (Figur 1).

3 Feltegenskaper

De seks områdene er situert i tre kommuner. Krekling, Darbu, Burud og Skotselv ligger i Øvre Eiker kommune, Krokstadelven ligger i Nedre Eiker og siste ligger i Åmot kommune (Figur 1). Alle kommunene ligger i Buskerud. Hvert område er basert på ett nedbørfelt tilhørende en elv eller bekk. Alle områdene er preget av menneskelige inngrep som bebyggelse, infrastruktur, hogst og/eller jordbruk.



Figur 1: Oversiktskart over de fem skadefeltene fra Frida. (Kart: Per Viréhn).

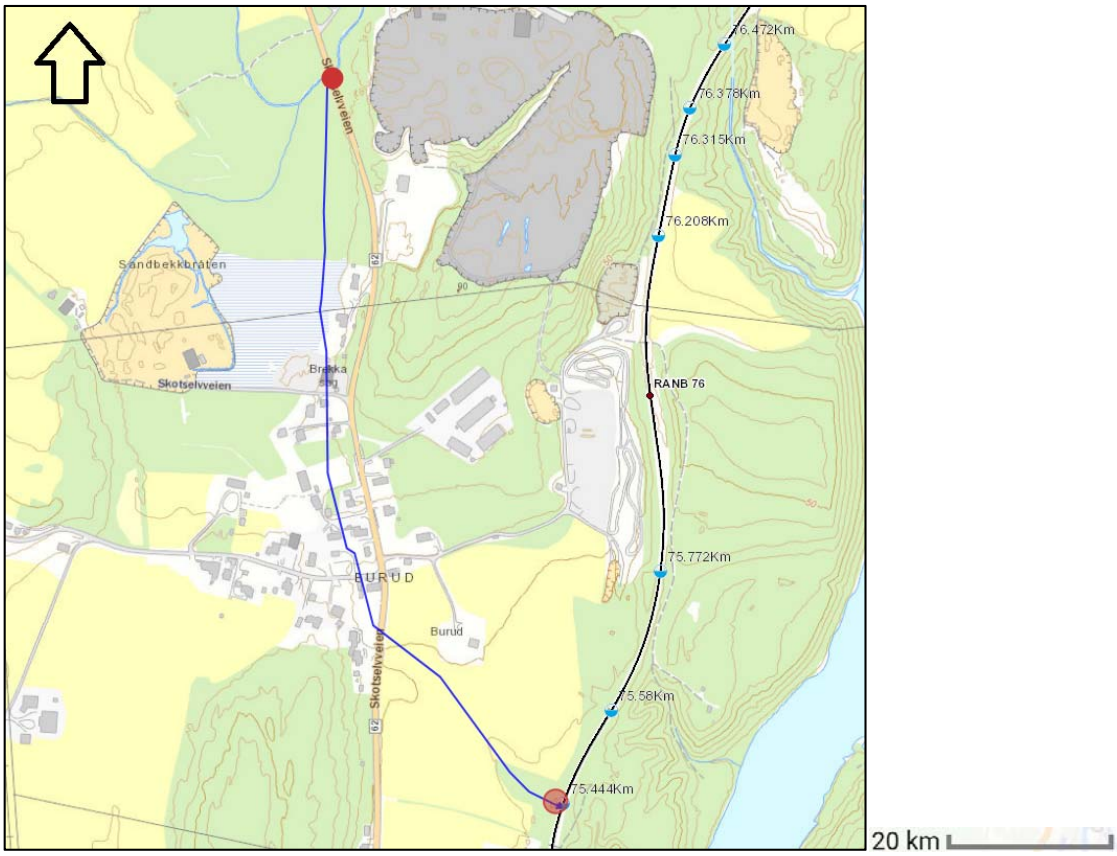
4 Hendelsen

Morgenen 6. august kom et frontsystem med kraftig bygeaktivitet nordover fra Danmark innover Aust-Agder og det sørlige Østlandsområdet. Bak fronten ble det dannet en linje med kraftige regnbyger som ga omtrent 70-130 mm nedbør i en smal sone gjennom Vestfold og Buskerud. 6. og 7. august 2012 forårsaket de store nedbørsmengdene flom med 50 års gjentaksintervall eller høyere i deler av Buskerud og Vestfold. Ekstremværet ble døpt Frida. I Telemark, Aust-Agder og Vest-Agder var det også høy vannføring og mye vann på avveie lokalt flere steder under Frida.

Frida kom brått og var brutalt. På kvelden 6. august ble det målt 124 mm nedbør på 2 timer i Mjøndalen i Buskerud. Uoffisielle målinger viste 70-130 mm nedbør i løpet av 2-3 timer sør-vest i Modum i Buskerud. Skadene var store for både bebyggelse, vei og jernbane. Flere steder var alle inkludert i samme hendelsesforløp, og problemer hos en eller flere av aktørene førte til større problemer for aktøren nedstrøms. Krokstadelven er en flomutsatt elv, og her har det vært flere skadeflommer blant annet i 2007, 2010 og 2012. Flommen i 2012 var den som gjorde størst skader. Jernbanen og mye annen infrastruktur fikk store skader på strekningene ved Burud, Darbu, Krekling, Skotselv, Åmot.

4.1 Burud

Ved Burud fikk bebyggelse og jernbanen store skader under Frida. Et oversiktskart over hvor vannet tok veien sees i Figur 2. Stikkrennen i Skotselvveien (Figur 2) gikk tett under flommen, og vannet fulgte et lavbrekk i terrenget sørover mellom Brekka sag og Sandbrekkbråten inn mot og gjennom Burud sentrum. Vannet ført til skade på flere eiendommer i Burud sentrum (Figur 4) før det rant videre i et lavbrekk mot Skotselvveien. Dreneringsanleggene i bebyggelsen og lokalveiene klarte ikke å håndtere vannmengdene. Erosjon, utvasking og igjenslamming av dreneringsveier (Figur 3)førte til at vannet rant over lokalveien og ut på et jorde nedstrøms, fortsatte over jordet (Figur 5) og traff jernbanefyllingen. Stikkrennen til jernbanen klarte ikke å ta unna alt vannet som kom, da tilførselen også ble delvis tettet igjen i bekkelukkingen på oversiden av veien. Vann og løsmasser ble stuet opp på baksiden av jernbanefyllingen og skapte et så stort trykk at hele fyllingen kollapset (Figur 6). Den murte stikkrennen hvor vannet skulle ha gått gjennom jernbanen var like hel og sees i Figur 7. Det ble også store erosjonsskader i skogsområdet ovenfor jernbanen (Figur 8).



Figur 2: Oversiktskart over Burud. Rødt punkt viser tett stikkrenne i Skotselvveien, blå pil viser vannets vei under flomhendelsen og rød sirkel på jernbanen viser hvor fyllingen ble vasket ut (Kart hentet fra jernbaneverkets kartløsning).

Figur 3: Vann på avveie ved Burud (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 4: Vann på avveie gjennom eiendom ved Burud (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 5: Vann på avveie laget nytt løp over/gjennom jordet (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 6: Store vannmasser ble samlet opp bak jernbanefyllingen og skapte så stort trykk av fyllingen raste ut (Foto: Steinar Myrabø).

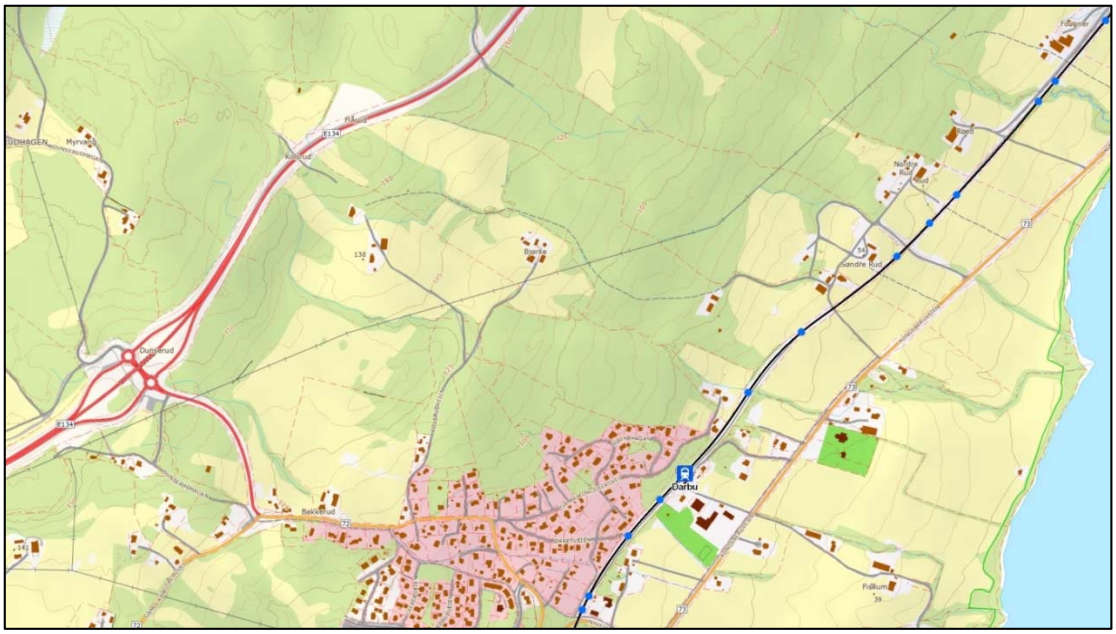
Figur 7: Stikkrennen står igjen etter at fyllingen har rast ut (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 8: Erosjon i bekkeløp i skogsområde oppstrøms jernbanen (Foto: Steinar Myrabø).

4.2 Darbu

Like nord for Darbu, hadde mye vann på avveie vasket ut hele gårdsveien på Søndre Rud (nord-øst for Darbu stasjon (Figur 9) fra rett ovenfor jernbaneundergangen og nesten ned til hovedveien (Figur 10), samt skapt store ødeleggelser på jordet og lokalveien nedenfor. Store vannmengder hadde drenert på overflaten både langs sporet og fra eiendommen ned til undergangen. Vannet fra eiendommen kom delvis fra taknedløp, bl.a. fra låvetaket (Figur 11), og ovenfra der en stikkrenne ovenfor boligene ikke hadde klart å ta unna de store vannmengdene (Figur 12), slik at mye vann har drenert på overflaten ned mellom boligene. Vannet som drenerte langs sporet til undergangen ble antatt å skyldes mye vann på avveie fra områdene ovenfor Jernbanen og at jernbanefyllingen hadde fungert som en barriere for ukontrollert overflateavrenning og ledet vannet mot undergangen.

Vannet passerte første stikkrenne sør-vest for undergangen og hadde kommet fra enda lenger borte langs sporet; det var tydelig spor i gresset i flere meters bredde etter at store vannmengder har presset det ned. Denne kummen var kun beregnet for å ta unna drensvann fra jordet ovenfor og ev. noe overflatevann (Figur 13). Kummen hadde ingen muligheter for å drenere unna særlig mye av vannet. Løsmasser bestående av alt fra store steiner til fine sedimenter, samt rusk og rask var kommet i store mengder ned langs det lille bekkefaret til neste stikkrenne (Figur 14 og Figur 15). Bekken hadde erodert her, gått over sine bredder flere steder og skiftet løp – dvs. det hadde vært vann var på avveie i ovenforliggende områder p.g.a. drenssystemene der ikke har fungert tilfredsstillende i forhold til nedbørmengdene. Figur 16 - Figur 20 viser spor etter vannets veier bl.a. på overflaten av jordene, der det er tydelig at bekkelukkingene ikke har fungert tilfredsstillende. Sannsynligvis har problemene startet mye lenger oppe i feltet hvor det er flere jorder og gårdsveier. For å få et helhetlig bilde kreves en mye mer omfattende befaring for å se på all drenering som fører ned mot Jernbaneverkets stikkrenne, og spesielt vurdere/finne ut om dreneringsveier har blitt endret, slik at nedbørfeltet har blitt større enn opprinnelig. I den forbindelse bør en også se på drenssystemene i forbindelse med E134, som kan være en "oppsamlende barriere" som kan ha ledet mer vann til den aktuelle bekken.



Figur 9: Oversiktskart: Viser nedre deler av nedbørfeltet for de to stikkrennene mellom Darbu stasjon og Søndre Rud (kart modifisert etter jernbaneverkets kartløsning)

Figur 10: Utvasking av gårdsvei (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 11: Mye overflatevann fra gårdsområdet (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 12: Vann rant på overflaten fra full stikkrenne, til venstre i bildet, og ned på gårdsplassen (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 13: Kum i tiknytning til stikkrennen nærmest undergangen (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 14: Sedimenttransport i bekk ned mot stikkrennen nærmest Darbu stasjon (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 15: Trær, samt rusk og rask, tettet delvis gjerdet foran stikkrenne (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 16: Vann på avveie over jorde (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 17: Vannmengdene skapte store erosjonsskader og utglidninger når de kom ned i skogsområdene (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 18: Lagring av masser i flatere terreng nedstrøms skogen førte til at flomvannet drenerte ut til begge sider, men mest til venstre (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 19: Opprinnelig bekkefar mot stikkrenne til høyre, mens flomvannet og sedimentene tok et nytt løp og drenerte mot venstre og langs jernbanen (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 20: Vannet som drenerte til venstre dannet en stor dam bak jernbanefyllingen før det drenerte videre mot undergangen ved Søndre Rud (Foto: Steinar Myrabø).

4.3 Krekling

Ved Krekling (Figur 1) var det store mengder vann på avveie på oversiden av jernbaneskråningene under Frida (Figur 21). Dette førte til erosjon, jordskred, gjentetting av drenssystemer, utvaskinger og utglidninger langs jernbanen på en strekning på omtrent 1 km. (se Figur 22 til Figur 25).

Figur 21: Vann på avveie oppstrøms jernbanen (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 22: Frida utløste jordskred på jernbanen ved Darbu (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 23: Utvasking langs jernbanesporet (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 24: Utvasking langs jernbanesporet (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 25: Utvasking av jernbanefylling etter Frida (Foto: Steinar Myrabø).

4.4 Skotselv

Ved Skotselv (Figur 1) ble fylling og løsmasser under sporet vasket ut under flommen. Årsaken var en kombinasjon av kollaps av lukket drenering, erosjon, utvasking (se Figur 26) og oppdemming av vann i grunnen oppstrøms jernbanen, samt dårlig drenering under sporet. Stikkrennen sør for skadepunktet var mer eller mindre tettet med løsmasser og biologisk avfall (Figur 27), noe som har gitt redusert kapasitet under flommen. Stikkrennen i nord antas å ha hatt bedre kapasitet frem til den ble tettet igjen da nedre deler av bekkelukkingen på hogstflaten oppstrøms kollapset. Tette stikkrenner førte til vann på avveie ned mot jernbanen og skapte stort vanntrykk i bakkant av fyllingen. Jernbanefyllingen ble vannmettet, massene fikk redusert skjærstyrke og fyllingen kollapset (Figur 28 og Figur 29).

Figur 26:Utvasking av løsmasser oppstrøms jernbanesporet (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 27: Biologisk avfall ble tatt med av vannmassene og avsatt oppstrøms sporet (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 28: Utvasking av jernbanefylling (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 29: Utvasking av fylling (Foto: Steinar Myrabø).

4.5 Åmot

Vann på avveie (Figur 30 og Figur 31) førte til erosjon, igjenslamming av dreneringsveier, utvasking og utglidninger oppstrøms jernbanen ved Åmot (Figur 1). På jernbanen førte vannet til utvasking av fylling (Figur 32), og sporet hang i løse luften flere steder (se Figur 33 og Figur 34).

Figur 30: Vann på avveie langs vei ved Krekling (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 31: Vann på avveie gjennom bebyggelse ved Krekling (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 32: Utvasking av løsmasser og fylling langs jernbanespor ved Krekling (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 33: Utvasking av jernbanefylling førte til at sporet hang i løse luften flere steder (Foto: Steinar Myrabø).

Figur 34: Utvasket fylling og jernbanespor som henger i løse luften (Foto: Steinar Myrabø).

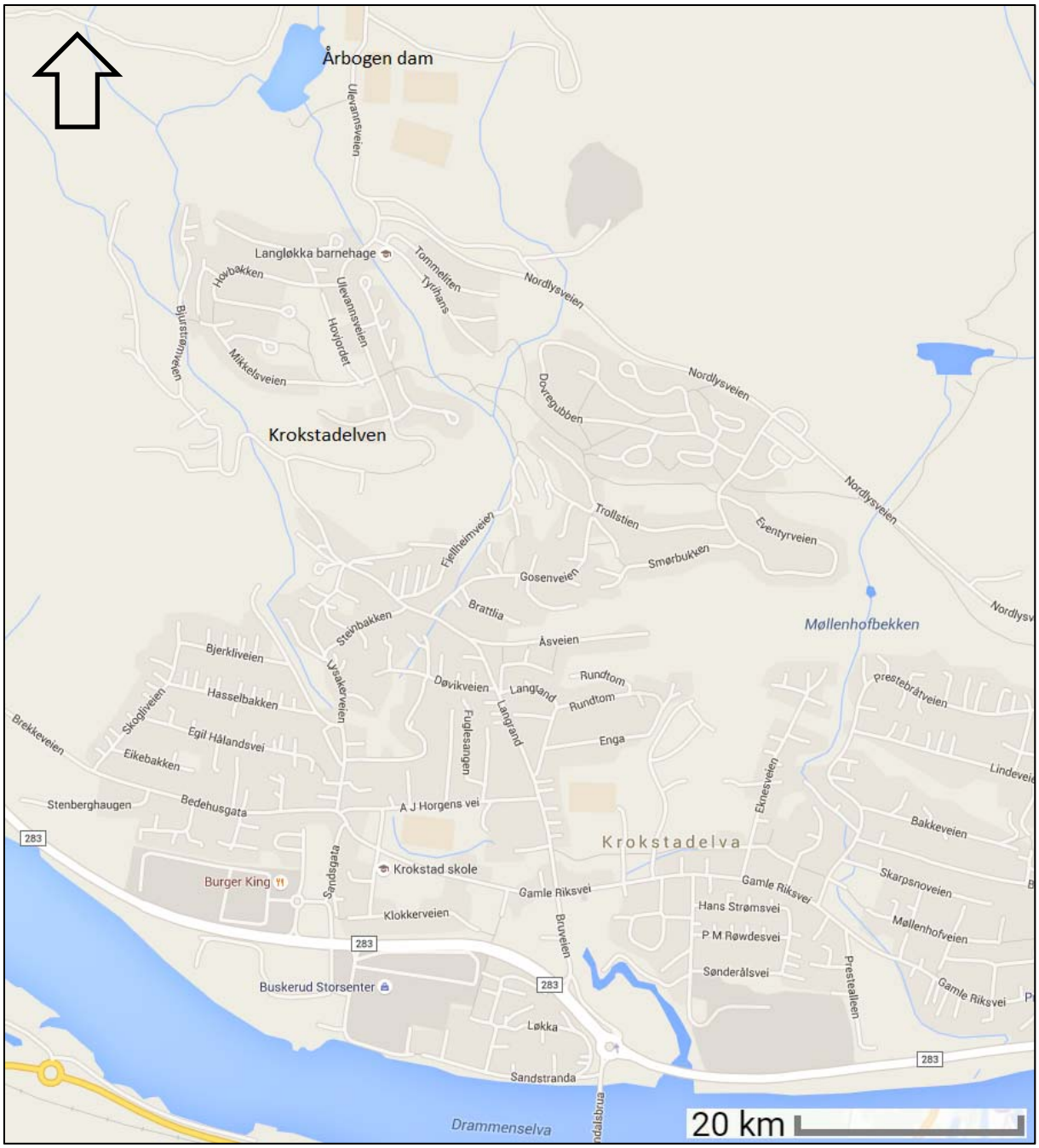
4.6 Krokstadelven

Områdene langs Krokstadelven (Figur 35) fikk store skader under Frida. Hovedårsaken til skadene var de store nedbørsmengdene som kom i løpet av kort tid. I Mjøndalen ble det registrert 110 – 120 mm nedbør på to timer. En av utfordringene var overtopping av terrenget på østsiden av Årbogen dam, markert med rød firkant øverst i kartet i Figur 36. Dette førte til stor massetransport nedover i vassdraget, og i etterkant av flommen lå det mye masser i og langs bekkeløpet.

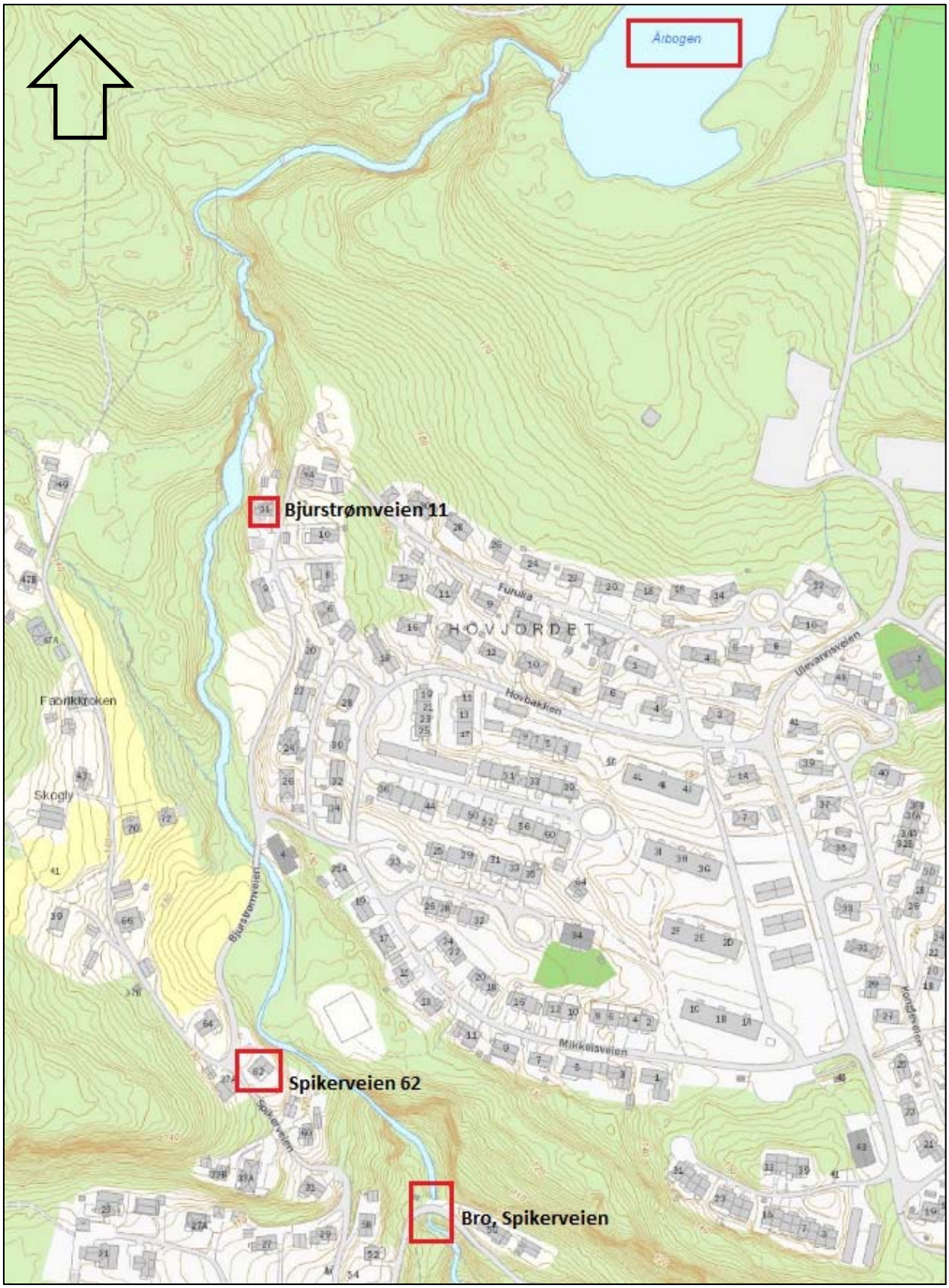
Store deler av sideterrenget langs Krokstadelven fikk erosjonsskader under flommen. Flere steder eroderte vannet i skråninger inntil boligområder, og ved Spikerveien 62 hang garasjen i løse luften etter flommen (se Figur 38). Steder hvor kulverter gikk tett ble vannet ført over og langs lokalveiene. Spikerveien fikk store skader etter at en kulvert gikk tett og vannet ble ført over veien (se Figur 39). Ved Lysakerveien (Figur 37) var det erosjonsskader på en 25 meter lang strekning i bekkens yttersving (se Figur 40, Figur 41 og Figur 42). Vann gikk over bekkekanten, inn i boligfelt og førte til skader på vei, bebyggelse og hager.

Lengre nedstrøms, ved M.O. Orningsvei 2 (Figur 37 og Figur 43), gravde vannet seg inn mot og delvis under grunnmuren på huset. Årsaken til dette var trolig at en bro like oppstrøms kollapset og endret retningen på vannet, i tillegg til oppfylling av løsmasser i bekkeløpet. Ved A.J. Horgensvei 11 (Figur 37 og Figur 44) fikk de også flomvann inn mot hus, hage og innkjørsel. I tillegg til at bekkeløpet allerede er trangt her, ble løpet fylt opp med løsmasser under flommen. Broen der A.J. Horgensvei krysser Krokstadelven (Figur 45) ble delvis gjenfylt av løsmasser, og vannet flommet derfor over elvebreddene her. Nedstrøms for bruen går det en mur mellom bekk og bebyggelse som også ble skadet (Figur 46).

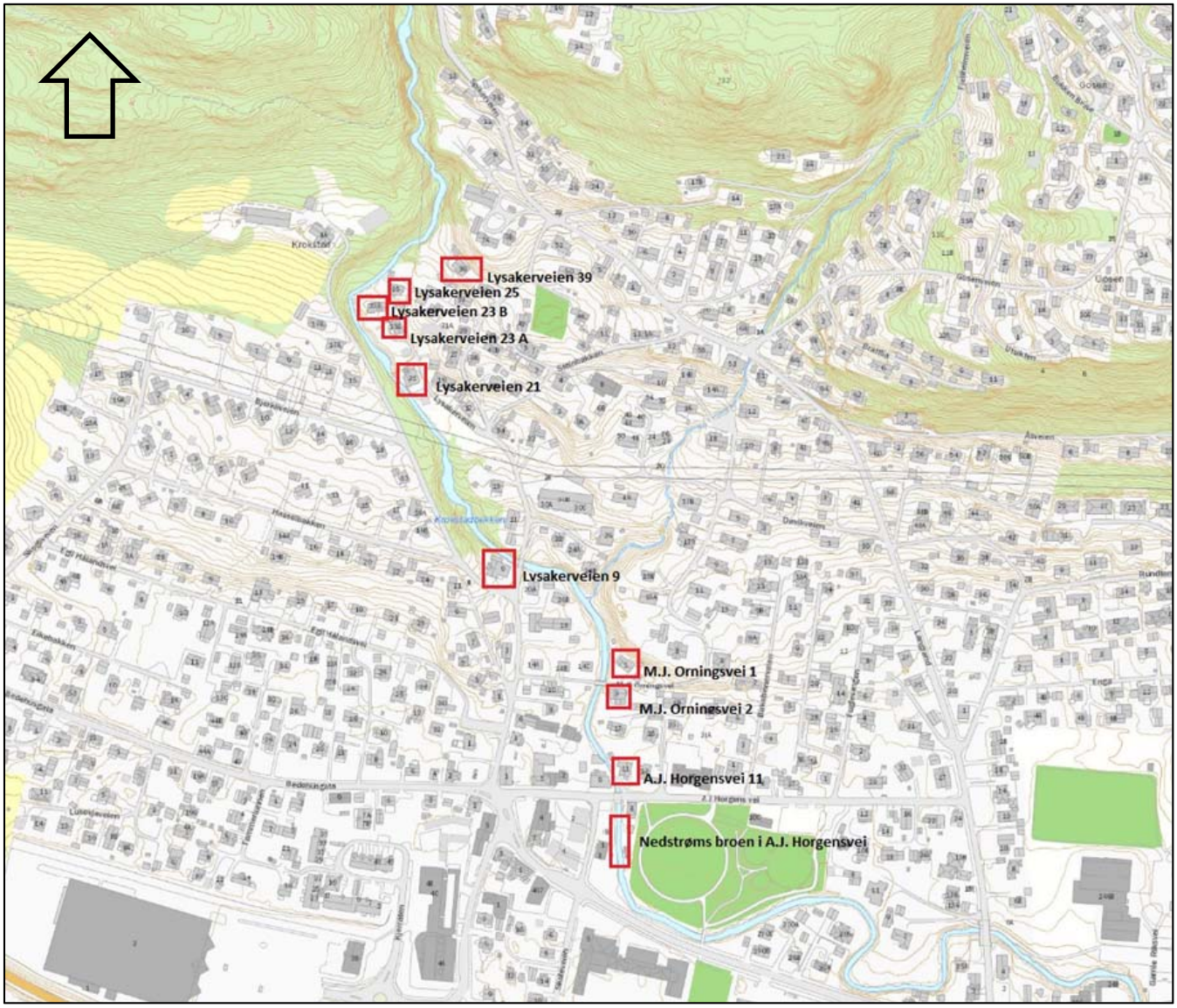
Videre nedstrøms fra A.J. Horgensvei flater terrenget ut langs Krokstadelven. Her flommet vannet over elvebredden og medførte store skader på Krokstad skole, hager, veier og flere hus fikk vann i kjellere og store materiale ødeleggelser (Figur 47, Figur 48, Figur 49,Figur 50, Figur 51, Figur 52 og Figur 53).



Figur 35: Oversiktskart over Krokstadelven fra Årbogen dam til Drammenselva. (Modifisert i Google maps)



Figur 36: Oversiktskart over øvre del av Krokstadelven (Modifisert av i Jernbaneverkets kartløsning).



Figur 37: Oversiktskart over midtre del av Krokstadelven (Modifisert i Jernbaneverkets kartløsning)

Figur 38: Garasjen ved Spikerveien 62 henger i løse luften etter at grunnen er erodert bort av vannmassene (Foto: NVE).

Figur 39: Krokstadelven krysser Spikerveien (Foto: NVE).

Figur 40: Erosjonsskader langs Lysakerveien (Foto: NVE).

Figur 41: Erosjonsskader langs Lysakerveien (Foto: NVE).

Figur 42: Skader ved Lysakerveien 23 A og B på grunn av vann som har rent i veien. (Foto: NVE)

Figur 43: M.O. Orningsvei 2 (Foto: NVE).

Figur 44: A.J. Horgens vei 11 (Foto: NVE).

Figur 45: Bruen i A.J. Horgens vei (Foto: NVE).

Figur 46: Bilde tatt fra bruen i A.J. Horgens vei og nedstrøms (Foto: NVE).

Figur 47: A.J. Horgens vei (Foto: NVE).

Figur 48: Flomskader under Frida nedstrøms i feltet ved Krokstadelven (Foto: NVE).

Figur 49: Hus som fikk store skader etter Frida (Foto: NVE).

Figur 50: Flommerker omtrent en meter opp på veggen på dette huset. (Foto: NVE)

Figur 51: På denne garasjen kan man se merker etter flomhøyden over en meter opp på veggen (Foto: NVE).

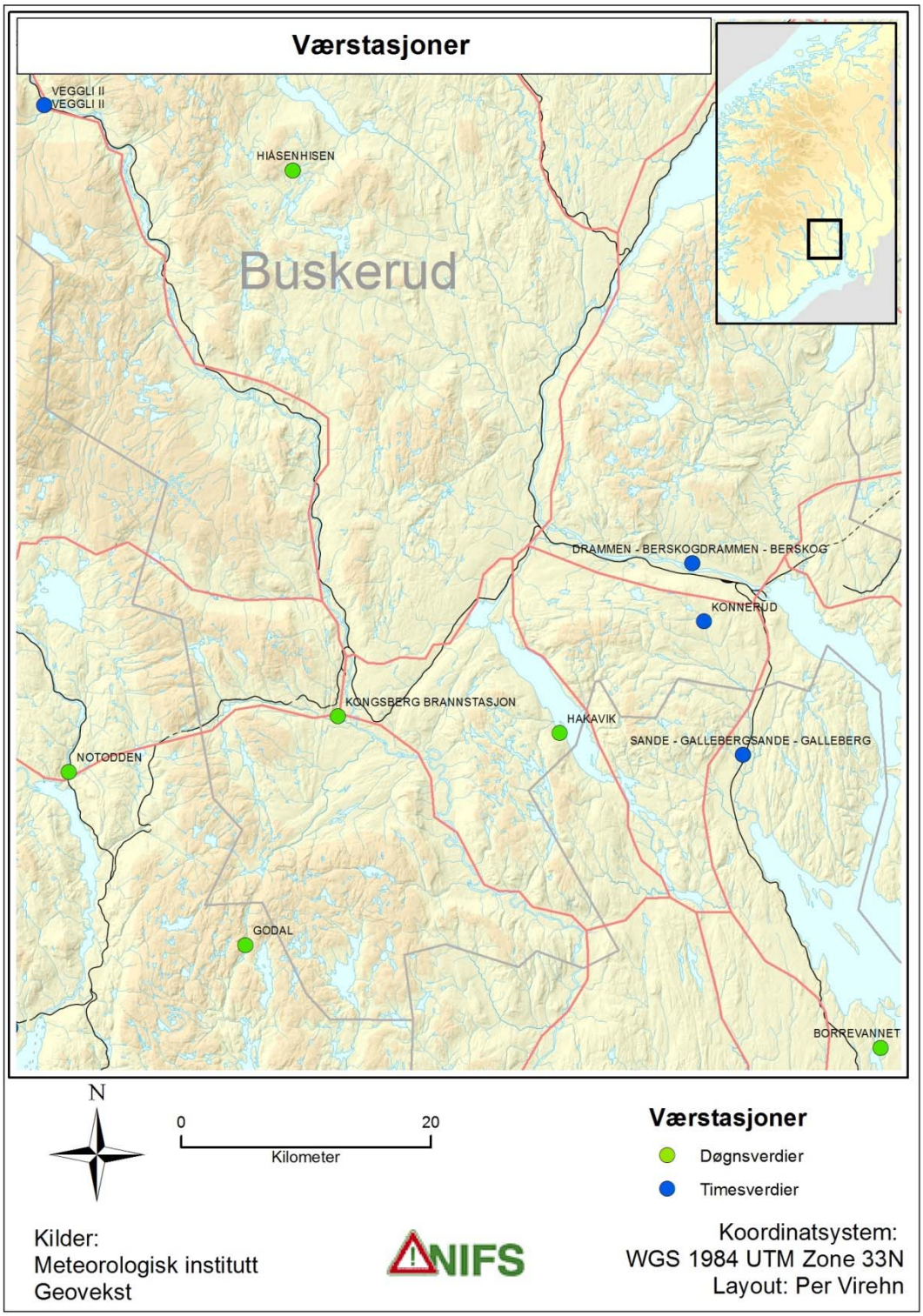
Figur 52: Store vannmengder gikk inn i bebygde områder (Foto: NVE).

Figur 53: Vann gikk inn i denne boligen og stod ca. 60 cm opp på veggen (Foto: NVE).

5 Meteorologiske forhold

I dette kapitlet presenteres nedbørsdata for flomhendelsen under Frida. Data er utarbeidet av Metrologisk institutt.

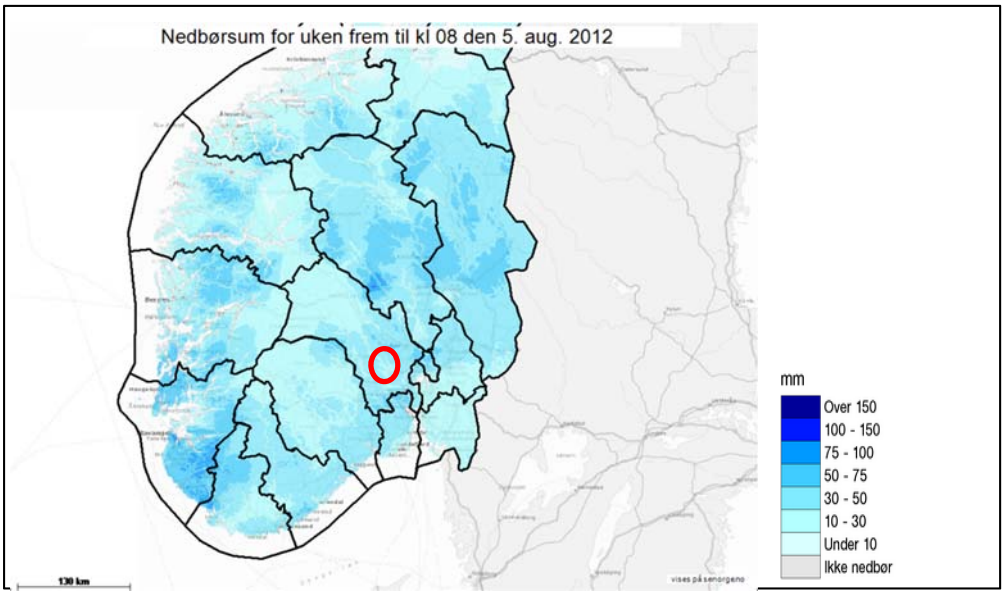
5.1 Nedbør/regn



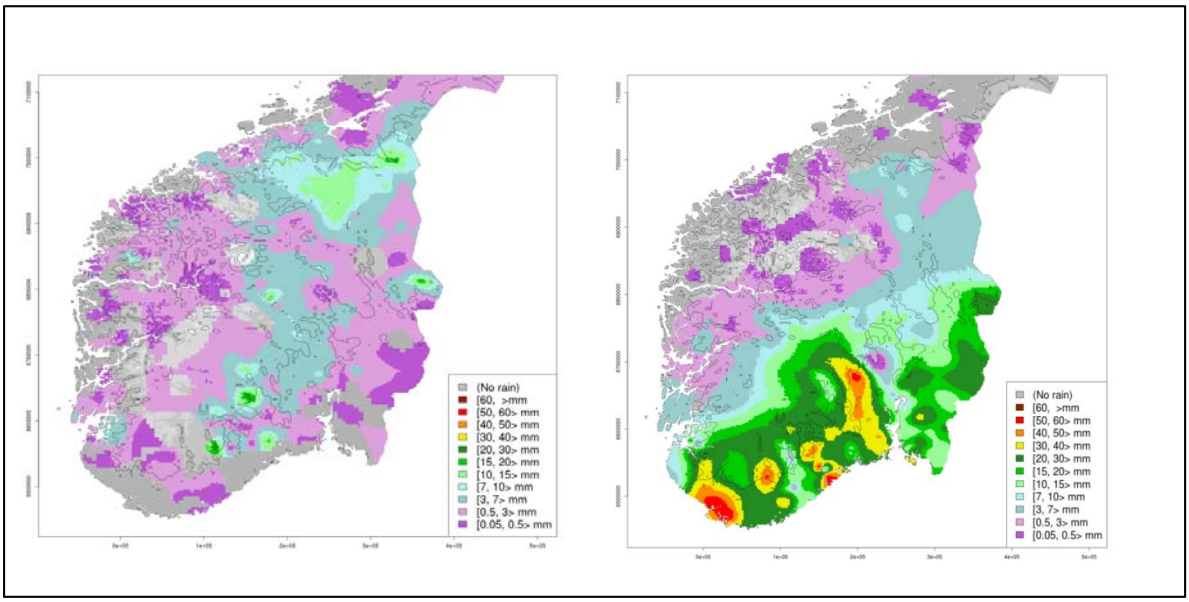
Figur 54: Kart over nedbørstasjoner i Buskerud. (Kart utarbeidet av Per Viréhn).

5.1.1 Oversikt over nedbørfordeling før og under flommen i 2012

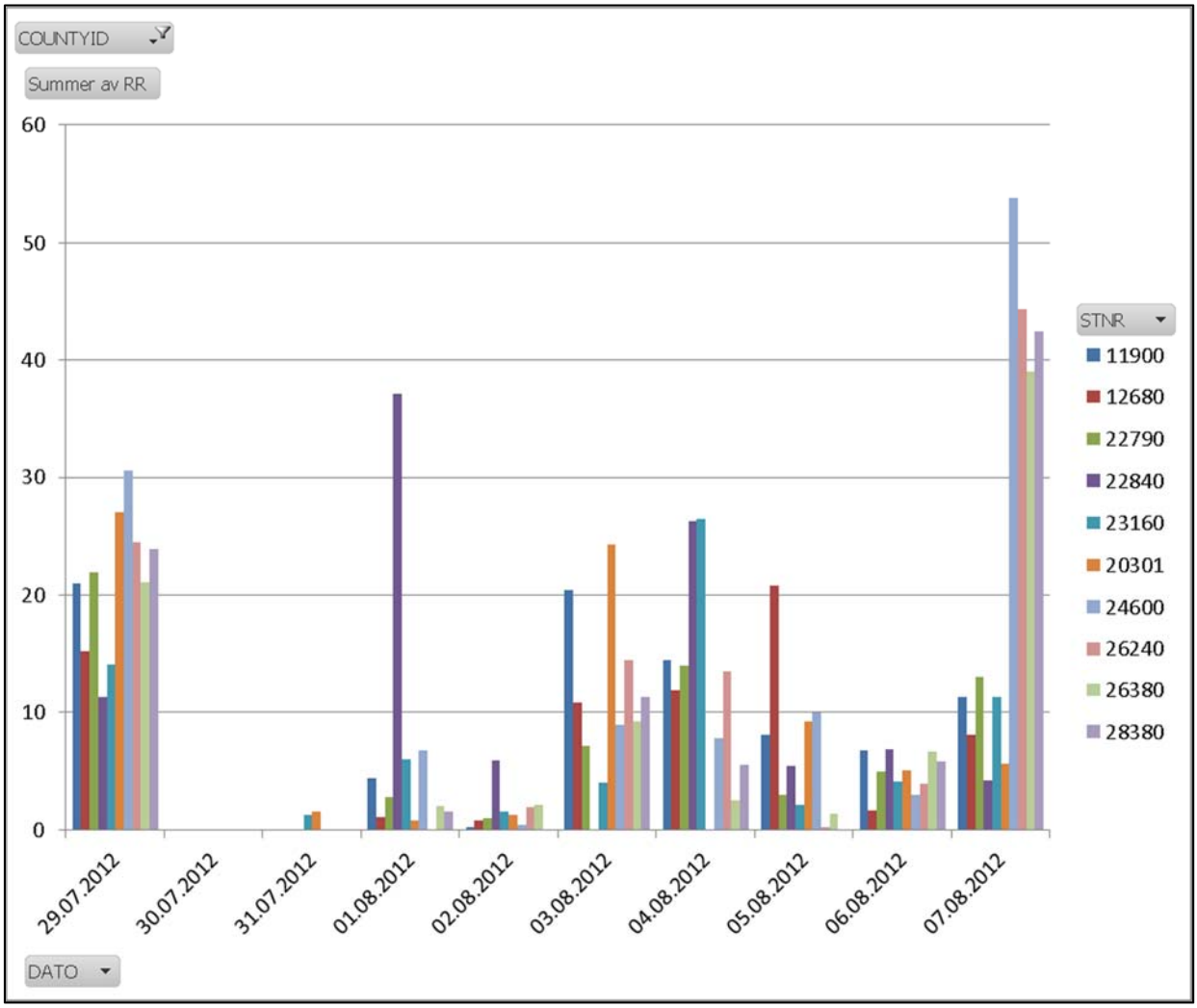
Episoden 6.8.2012 (forårsaket av uværet Frida) kl. 20-21 var det svært høy nedbørintensitet i Nedre Eiker-Hokksund området. Kjellere ble oversvømt, og veier og jernbane ble stengt i flere dager. Ved Oslo-Blindern ble det kun registrert ca. 2 mm nedbør i denne episoden. Radarregistreringene viser nedbør over store deler av Buskerud og med kraftige nedbørsbyger like vest for Drammen. Høyeste 1-times verdi fra radar var ca. 24 mm. Figur 55 viser nedbørsum for uken før flomhendelsen, mens Figur 56 viser ett-døgns nedbør morgenen 6. og 7. august. Tidsforløp av 1-døgns nedbør for uken frem til hendelsen vises i Figur 57, og ut fra grafen ser man at det kom mye nedbør i løpet av døgnet 7. august.



Figur 55: Nedbørsum for uken frem til kl 08 den 5.august 2012. Rød sirkel viser område hvor pilotfeltene er situert (Modifisert etter xgeo.no)



Figur 56: Kartet til venstre viser Ett-døgns nedbør målt kl 08 den 6.august 2012, mens kartet til høyre viser Ett-døgns nedbør målt kl 08 den 7.august 2012 (MET)



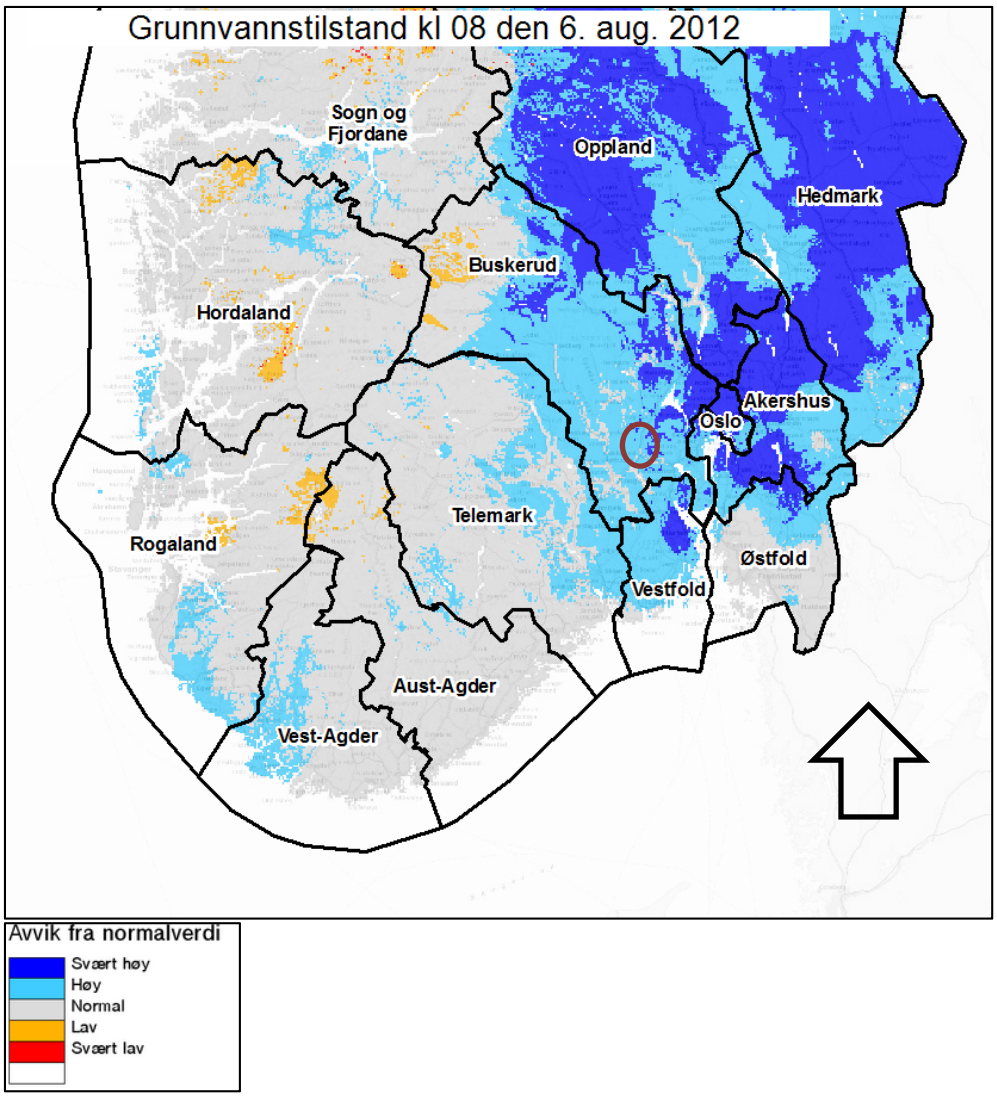
Figur 57: Tidsforløp av 1-døgns nedbør for uken frem til hendelsen. Stasjoner i Oppland og Buskerud (MET).

6 Hydrologiske forhold

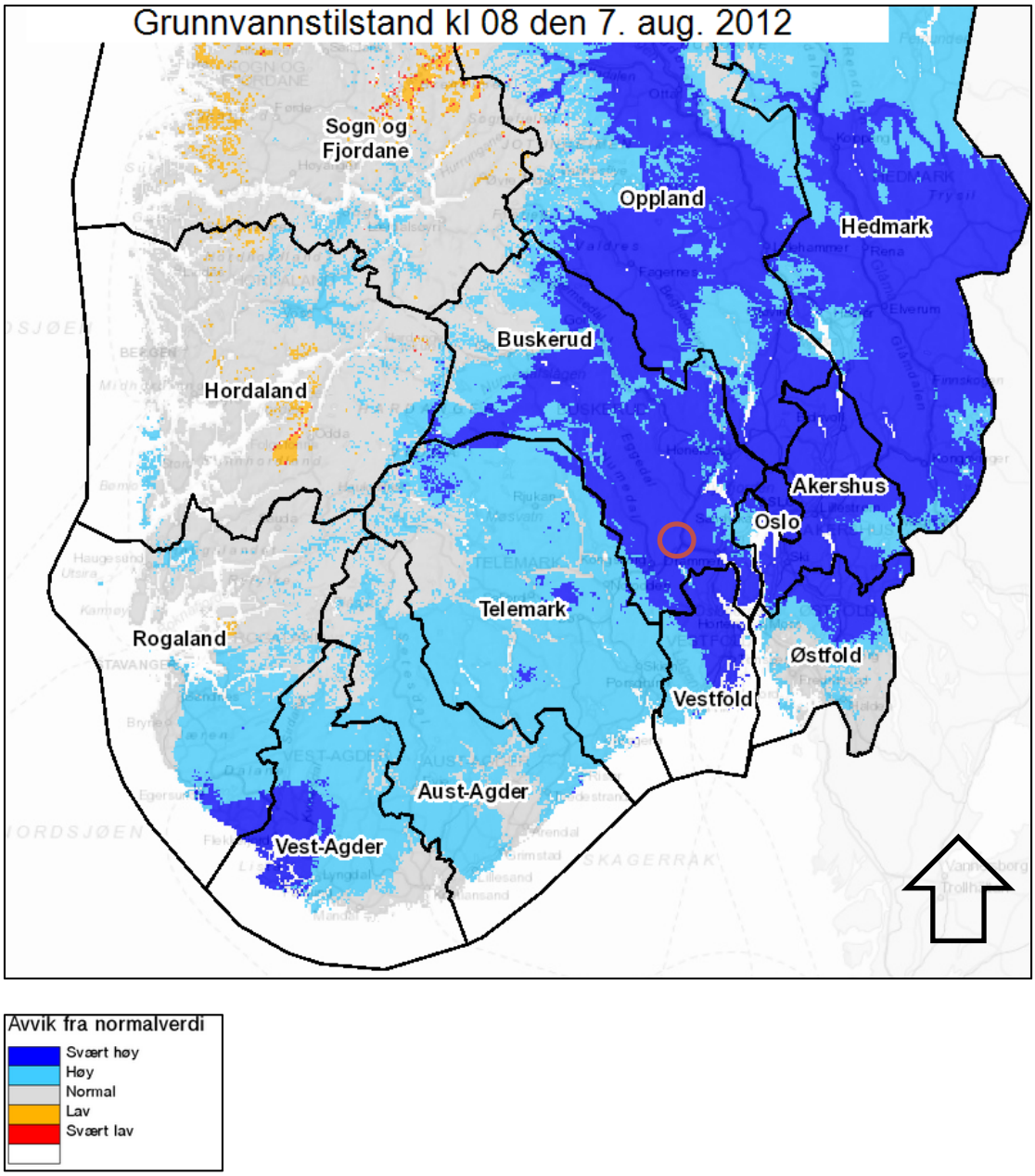
I dette kapitlet er det gjort en analyse og vurdering av romlig fordeling av hydrologiske forhold før og under hendelsen. Dette gjelder både grunnvannstand, markvannsinnhold og vannføring. Disse faktorene gir en beskrivelse av initialtilstanden, initialfuktigheten og situasjonen før og under flomhendelsen 6. og 7. august 2012. De hydrologiske forholdene under flomhendelsen har vært vanskelig og vurdere da det ikke eksisterer vannføringsstasjoner i små nedbørsfelt i nærheten.

6.1 Grunnvannstand, markvannsinnhold og initialfuktighet

Figur 58 viser grunnvannstand i Sør-Norge morgenen 6. august 2012. Grunnvannsstanden var normal i forhold til årstiden i Agder-fylkene og Telemark, mens den var høy i Vestfold og Buskerud. Morgenen 7. august hadde grunnvannstanden økt til høy i Agder-fylkene og Telemark, og svært høy i store deler av Vestfold og Buskerud (Figur 59).

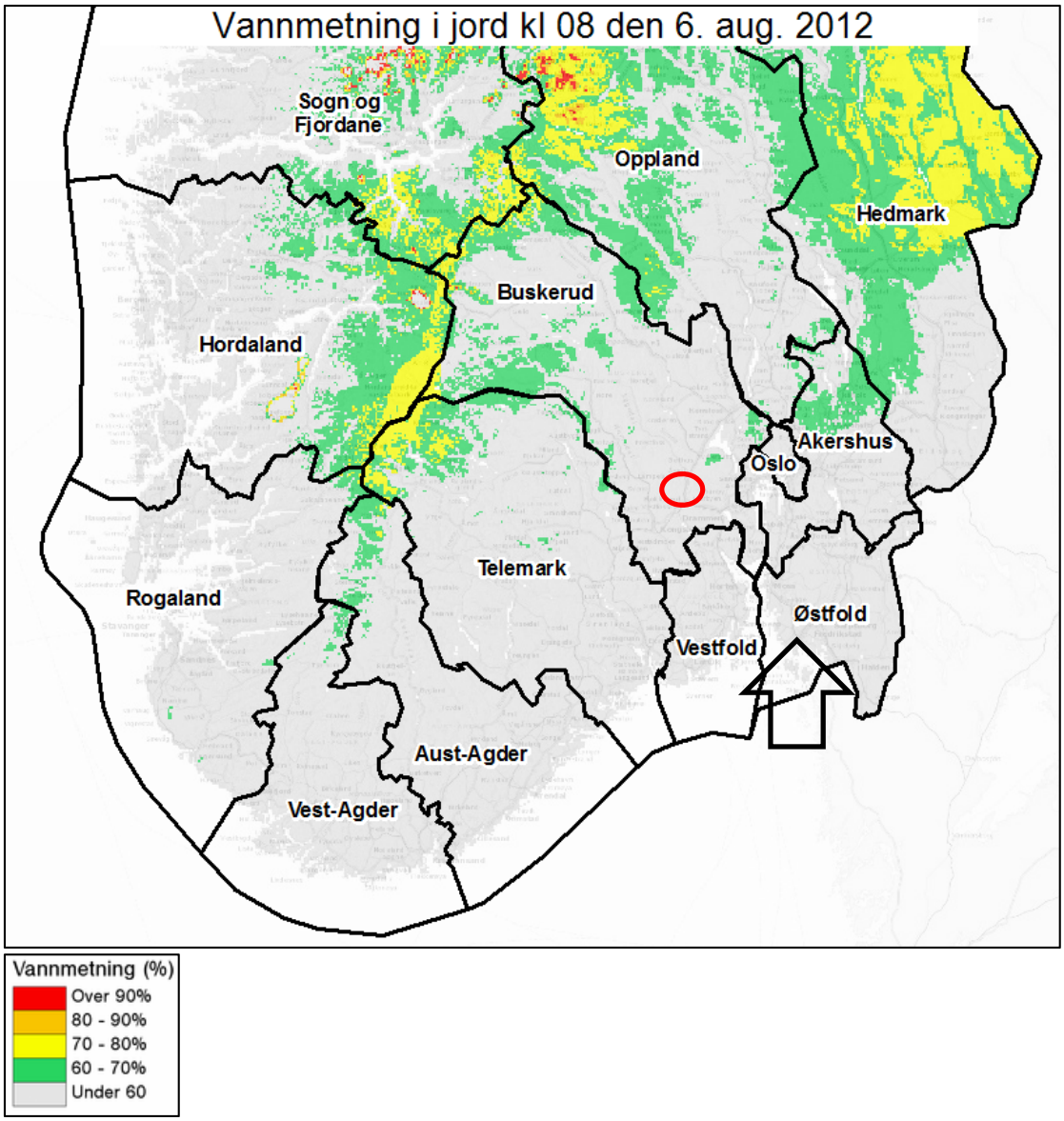


Figur 58: Grunnvannsstand i Sør-Norge morgenen 6. august 2012. Rød sirkel markerer beliggenhet til feltene beskrevet i denne rapporten (Hentet fra xgeo.no).

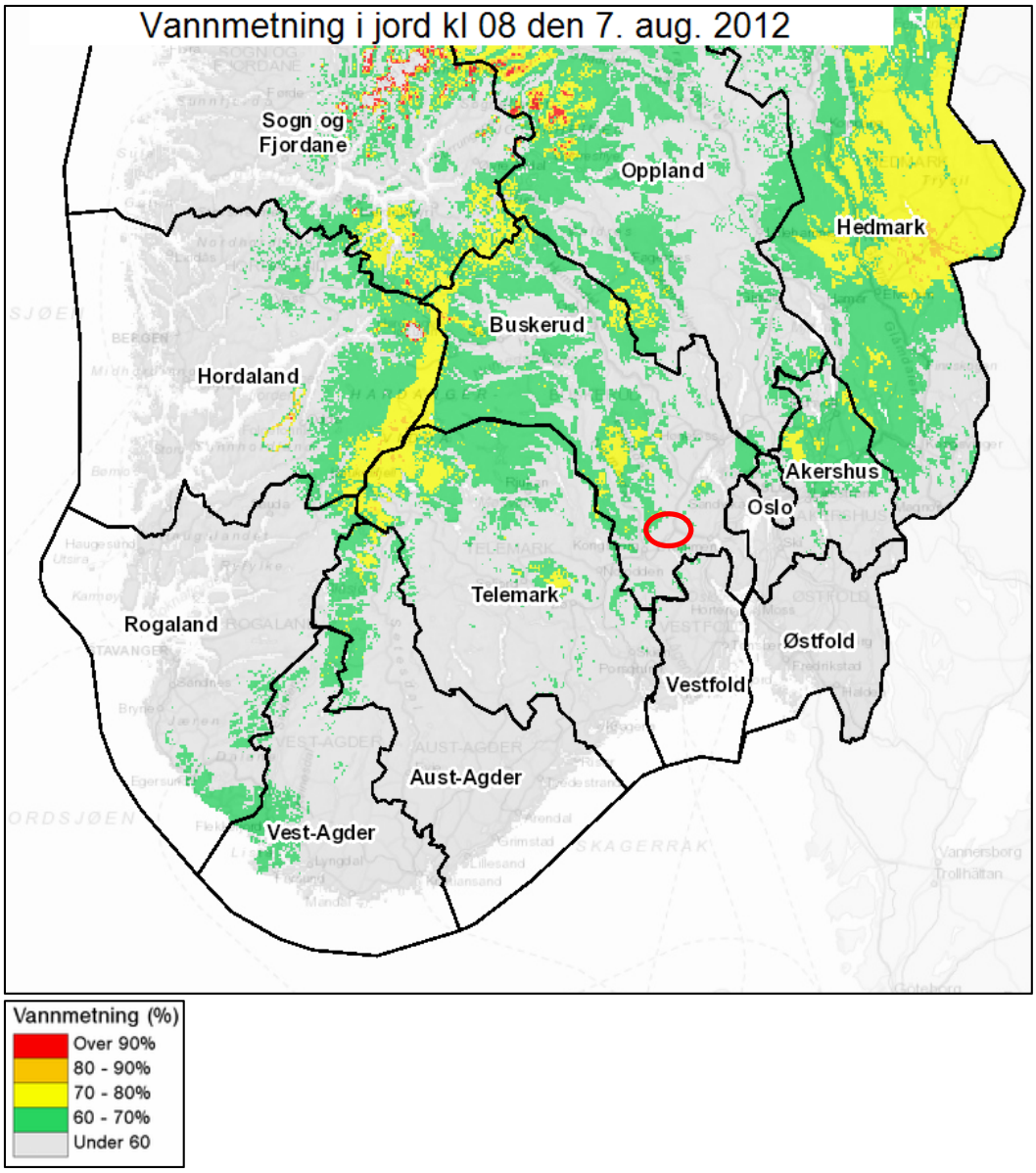


Figur 59. Grunnvannsstand i Sør-Norge morgenen 7. august 2012. Rød sirkel markerer beliggenhet til feltene beskrevet i denne rapporten (Hentet fra xgeo.no).

Vannmetningen i Buskerud generelt var lav i forkant av flommen. Vannmetningsgraden var i store deler under 60 % morgenen 6. august (Figur 60), og den økte ikke vesentlig under og etter flommen. I feltene ved Burud, Darbu, Åmot, Krekling, Skotselv og Krokstadelven viser analysene en liten økning i vannmetningsgraden til 60-70 % morgenen 7. august (Figur 61).



Figur 60: Vannmetning i Sør-Norge morgenen 6. august 2012. Rød sirkel markerer beliggenhet til feltene beskrevet i denne rapporten (Hentet fra xgeo.no).

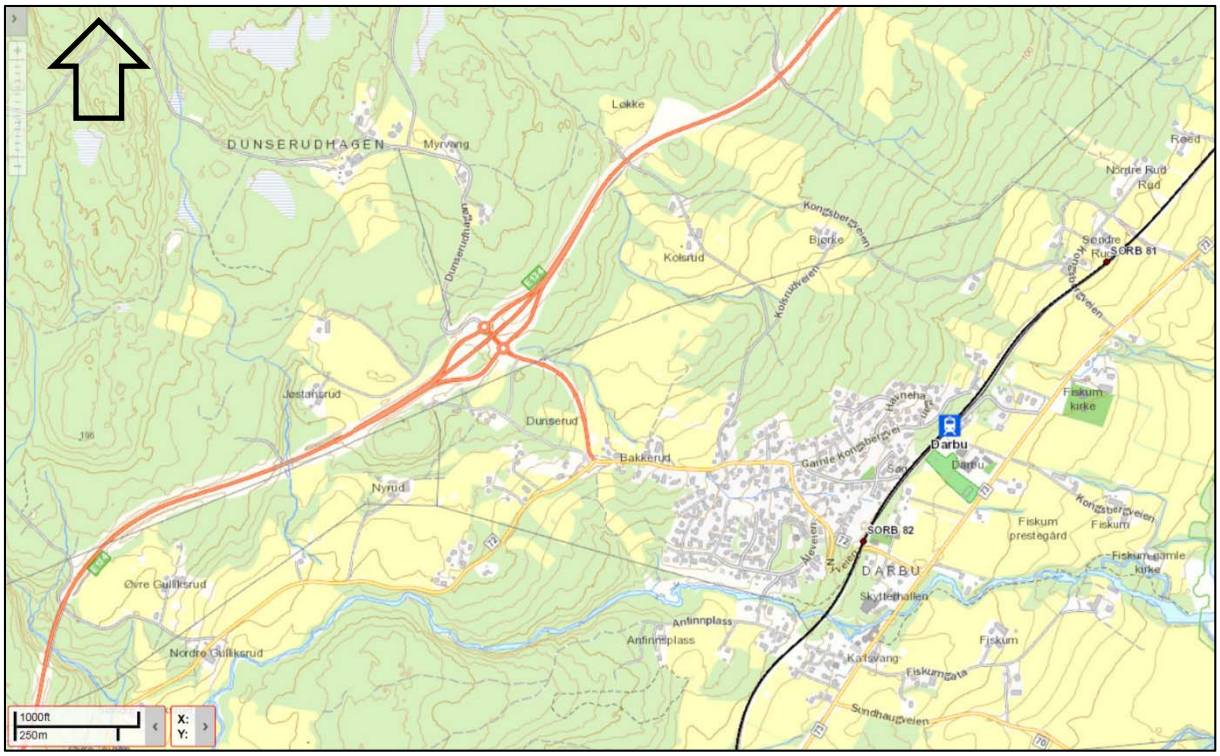


Figur 61: Vannmetning i Sør-Norge morgenen 7. august 2012. Rød sirkel markerer beliggenhet til feltene beskrevet i denne rapporten (Hentet fra xgeo.no).

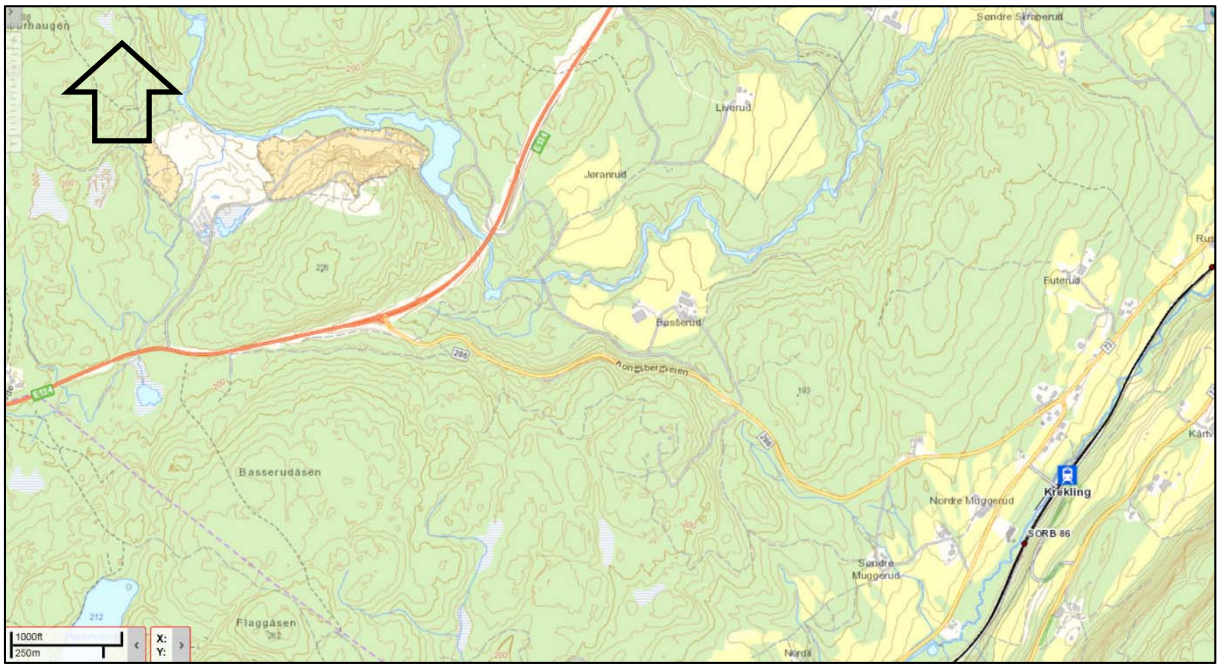
7 Menneskelig påvirkning – areal endringer og endring av drenering

Mennesker har i dag gjort inngrep på jordens overflate som vil minske infiltrasjon og fordamping av vann, noe som igjen fører til økt avrenning. Terrenginngrep kan også minske tiden vannet bruker på å nå vassdraget, eller øke vannhastigheter. Noen eksempler på slike inngrep er bygninger, asfaltflater, veier, hogst, jordbruk og generelle terrenginngrep. Potensiell fare for jordskred og flom har økt betraktelig de siste ti årene på grunn av urbanisering som har ført til store endringer i terrenget og manglende kunnskap om drenering, arealendringer og konsekvenser. Arealendringer fører til at overflatevannet tar nye veier, og dårlig planlegging og underdimensjonerte drensrør er et av de vanligste problemene når det gjelder utløsing av skred og flomplager i forbindelse med menneskelig påvirkning. Dette kommer som en konsekvens av høyere vannføring etter mer nedbør, mer issmelting og flere ugjennomtrengelige overflater. Hogst og skogsbilveier vil særlig by på dreneringsproblemer dersom man ikke har fokus og kunnskap om dimensjonering og vedlikehold. Man har sett at de bekkene som får renne slik de er skapt naturlig sjeldent skaper problemer, mens bekkeløp utsatt for menneskelig påvirkning gjerne eroderer på steder som gir skader og vanskeligheter. Det er derfor ekstremt viktig å tenke helhetlig i planlegging og ved utførelse av naturinngrep, og tenke på at det man gjør kan få konsekvenser for andre. Alle områdene som er beskrevet i rapporten er påvirket av menneskelige inngrep. Veier, bebyggelse og jernbanen endrer forhold i naturlige nedbørsfelt og påvirker avrenningen i feltet.

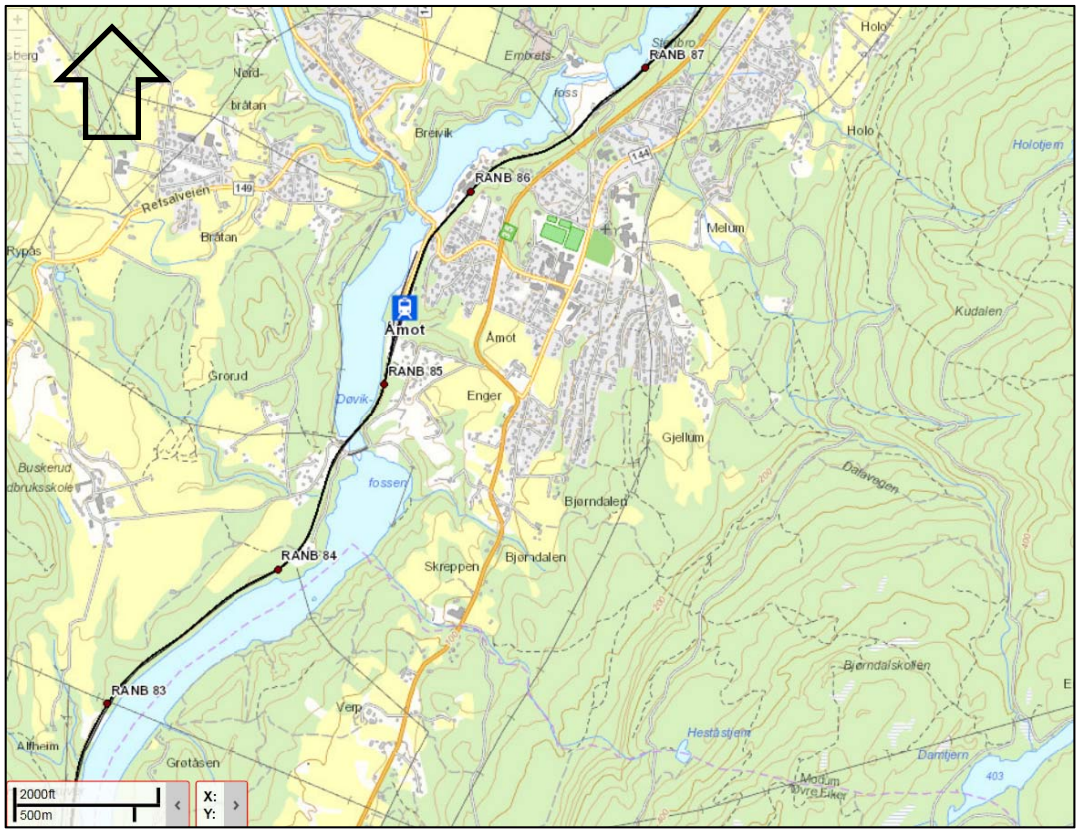
Ved Darbu (Figur 62), Krekling (Figur 63), Åmot (Figur 64), Skotselv (Figur 65) og Burud (Figur 66) ligger jernbanen nedstrøms i feltet. Oppstrøms jernbanen er det bebyggelse og veier i alle feltene. Ved Krokstadelven er det ikke jernbane. Dette feltet har mest og tettest bebyggelse. Krokstadelven renner gjennom bebyggelsen ned til Drammenselven. Her går mange mindre veier på kryss og tvers i feltet (Figur 67).



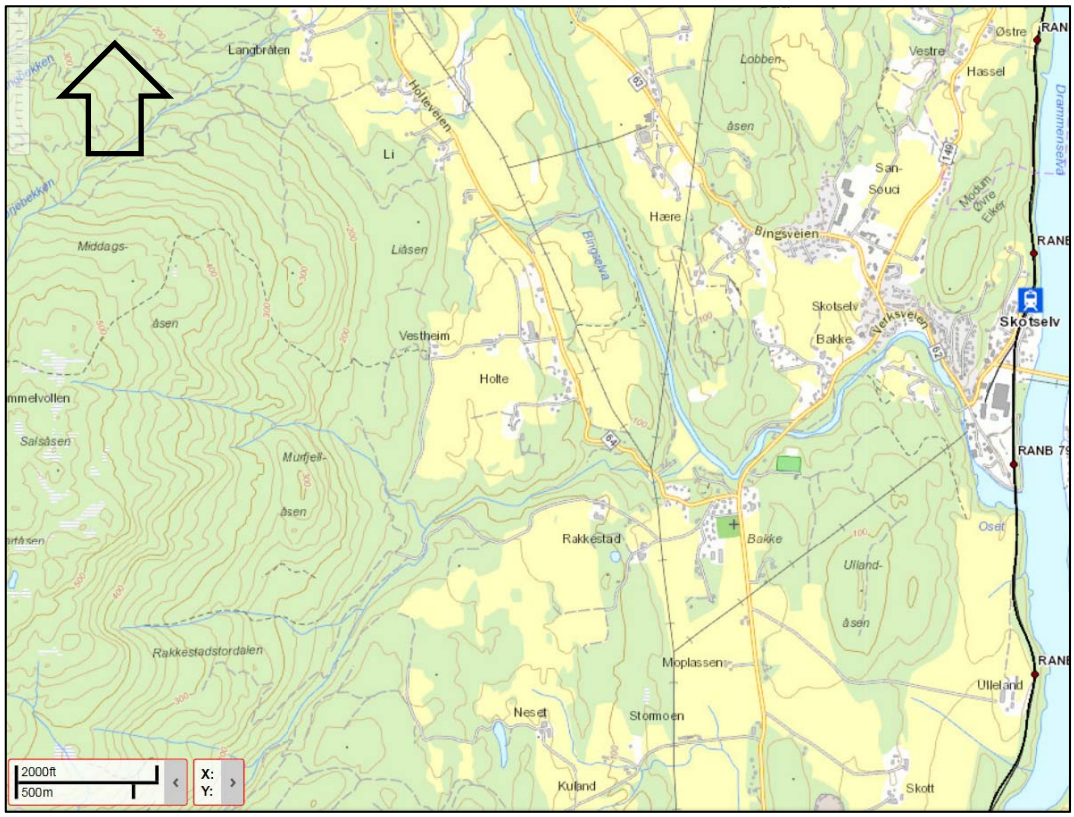
Figur 62: Menneskelige inngrep (veier, bebyggelse og jernbane) ved Darbu (Modifisert i jernbaneverkets kartløsning).



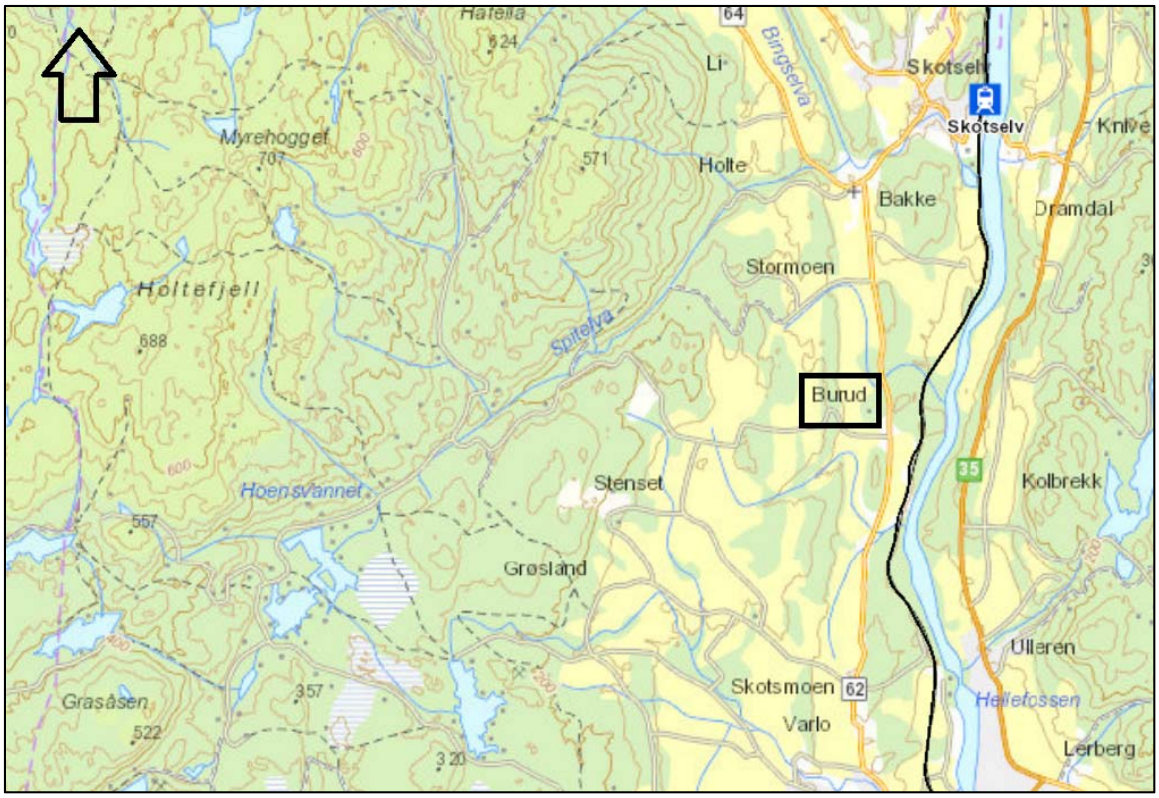
Figur 63: Menneskelige inngrep (veier, bebyggelse og jernbane) ved Krekling (Modifisert i jernbaneverkets kartløsning).



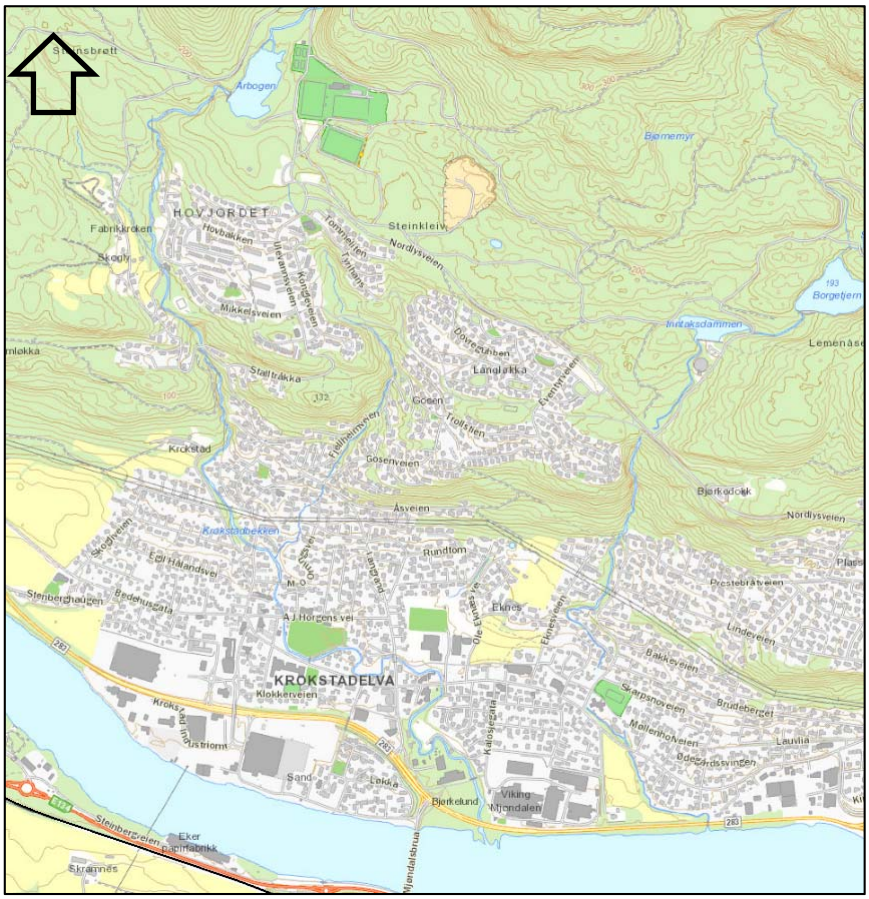
Figur 64: Menneskelige inngrep ved Åmot (Hentet fra Jernbaneverkets kartløsning).



Figur 65: Menneskelige inngrep ved Skotselv (Hentet fra Jernbaneverkets kartløsning).



Figur 66: Menneskelige inngrep ved Burud (Hentet fra Jernbaneverkets kartløsning).



Figur 67: Menneskelige inngrep ved Krokstadelven (Hentet fra Jernbaneverkets kartløsning).

7.1 Endringer i landskapet

Landskap er i stadig endring og har vært det i tusenvis av år. *Norgeibilder.no* er brukt for å finne eldre ortophoto fra de seks områdene som viser menneskeskapte endringer. Ved Krokstadelven var det tilgjengelig flyfoto fra 1959 – 1979. Ved de fem andre lokalitetene var eldste flyfoto fra 2005, og i perioden fra eldste til nyeste foto (2005 – 2011 og 2005 – 2013) er landskapet lite endret. Ortophoto herfra er derfor ikke tatt med i denne rapporten.

Figur 68 viser området ved Krokstadelven i Nedre Eiker i perioden mellom 1959 – 1979. Ortophotoet dekker kun nedre deler av feltet. Figur 69 viser samme område i 2013. Man kan se at flere av jordbruksarealene fra 1959 – 1979 er bygget ut i 2013. Flere hus og annen bebyggelse fikk store skader av flommen i 2012. Dess tettere bebyggelse, jo mindre plass til vannet og høyere potensiale for flomskader. Hvordan det har blitt tatt hensyn til drenering under utbyggelsen er usikkert, men flommen i 2012 tyder på at det ikke er godt nok.

Figur 68: Kart over området ved Krokstadelven. Kartlag *Vestfold 1959 – 1979.* (Hentet fra SeNorge.no).

Figur 69: Kart over området ved Krokstadelven. Kartlag *Østlandet vest flom* 2013. (Hentet fra SeNorge.no).

8 Samfunnsøkonomiske kostnader til hendelsene

Under Frida–var jernbanen stengt i en uke. Dette utgjorde 30 forsinkelsestimer. Målet med dette kapittelet er å belyse at stenging av jernbanen påfører samfunnet større kostnader enn kun gjenoppbyggingskostnader. Forsinkelser i persontrafikk og godstrafikk fører til økte kostnader. Ved lengre perioder med stengt bane og innstilte tog settes det inn buss for tog og trailer for gods. Innstilte tog fører også til at en andel av de som egentlig ville reist med tog lar være å reise. Da får man et bortfall av konsumentoverskudd. Persontogoperatøren vil også få økte kostnader ved å leie inn buss. Stengt bane vil også føre til andre samfunnsøkonomiske kostnader som f.eks. økt støy og forurensing, og forsinket leveranse til butikker som kan føre til at varer ikke lenger er i god nok stand til salg. Dette er et komplekst regnestykke som ikke er tatt med i beregningene av kostnadene etter Frida, men det er viktig å påpeke at man får en dominoeffekt i samfunnet av stengt jernbane og det berører ikke kun togpassasjerene.

I et økonomisk perspektiv førte stengingen av jernbanen under Frida til blant annet:

- Økte operatørkostnader da åtte tog ble erstattet med buss en uken.
- Reduksjon av konsumentoverskudd godskunder (pga forsinkelser)
- Økte operatørkostnader for godskunder (trailer for tog)
- Gjenoppbyggingskostnader

NSB har ikke tilgjengelig tall på alle økte operatørkostander ved buss for tog under stengningen av Bergensbanen og Sørlandsbanen, men de har meddelt at de måtte dekke 3,7 millioner kroner i reiseutgifter i forbindelse med at jernbanen var stengt ved Krekling på grunn av et jordskred under Frida.

CargoNet har meddelt at de har en normal omsetning på 650 000 kroner per dag på Bergensbanen og 580 000 kroner per dag på Sørlandsbanen. Grovt estimert kan man anta at CargoNet tapte omkring 4,9 millioner kroner de dagene banestrekningene var stengt etter Frida. Dersom man beregner at Cargolink har omtrent 1/3 togproduksjon av CargoNet kan man samlet se et redusert konsumentoverskudd for de to godskundene på omtrent 6,8 millioner kroner. Tall for godskunder relatert til trailer for tog har det dessverre ikke lyktes å fått tak i.

9,4 millioner kroner ble brukt for å bygge opp igjen Bergensbanen og Drammen-Vestfoldbanen. Banene er bygget opp til opprinnelig standard, og nye tiltak og forbedringer er ikke inkludert i denne summen.

NVE har vært aktiv i gjenoppbyggingen og forebygging etter flomskadene fra Frida. De forteller at forsikringsselskapene har utbetalt 185 millioner kroner i erstatninger i Nedre Eiker kommune etter Frida. I tillegg kommer utbetalinger fra Naturskadefondet. Ved Krokstadelven rensket NVE, i samarbeid med kommunene, opp masser for omtrent tre millioner kroner. Kommunen og NVE har også omfattende planer for flomsikring av sidebekkene til Krokstadelven, hvor det skal oppdimensjoneres og gjøres forebyggende tiltak der dette er mulig. Dette er et større prosjekt med et budsjett på omtrent 250 millioner kroner. I tillegg har Øvre Eiker, Nedre Eiker, Statens vegvesen og Jernbaneverket brukt flere millioner på å sette lokalsamfunnet i normaltilstand etter Frida. Nedre Eiker har brukt betydelige midler på å utbedre kulverter og V/A systemer for å begrense skadene i

fremtiden. Statens Vegvesen har også brukt betydelige midler på reparasjoner og oppbygging etter hendelsen. Det har ikke lyktes å få tak i flere kostnadsoverslag til denne rapporten.

Tabell 1 viser en oversikt over de kostnadene det har lyktes å fått tak i fra Frida. Her er det viktig å påpeke at det mangler en rekke kostnader, blant annet fra gjenoppbyggingen i Øvre Eiker og Nedre Eiker (kommunale veier, vann og avløp, kommunale bygg o.l.), fra Statens vegvesen, Naturskadefondet, kostnader for gods og persontog i forbindelse med trailer og buss for tog, og andre samfunnsøkonomiske utgifter. Tabell 1 gir likevel en pekepinn på hvor dyre slike hendelser er for samfunnet.

Tabell 1: Kostnader etter Frida (Utarbeidet av Maria H. Olsen).

NSB	3,7 mill. kr.
CargoNet og Cargolink (gods)	6,8 mill. kr.
Jernbaneverket (gjenoppbygging)	9,4 mill. kr.
Forsikringsselskap	185 mill. kr.
SVV	? mill. kr.
Nedre Eiker kommune (rensk ved Krokstadelven)	3 mill. kr.
Nedre Eiker kommune (tiltak ved Krokstadelven)	250 mill. kr.
TOTAL SUM: (ekskl. planlagte forebyggende tiltak)	**457,9 mill. kr.**

9 Utførte tiltak

Det har vært vanskelig å få tak i informasjon om utførte tiltak i de seks områdene. Derfor beskrives kun tiltak som er gjennomført ved Krokstadelven.

9.1 Krokstadelven

14. august 2015 var Maria H. Olsen og Agathe A. Hopland fra Jernbaneverket på befaring med Eirik Traae fra NVE. Traae har vært sentral i oppbyggingen etter flommen i 2012, og viste frem tiltak gjort i området ved Krokstadelven. Her er det utført en del tiltak, og flere er under planlegging.

Bildene i Figur 70 er tatt av Krokstadelven like nedstrøms for Årbogen dam ved Bjurstrømveien 11 (Figur 36: Oversiktskart over øvre del av Krokstadelven (Modifisert av i Jernbaneverkets kartløsning).). Her ble det fjerne mye løsmasser etter flommen i 2012, og elveløpet er utvidet og senket for å gi plass til mer vann i en flomsituasjon. Elvekantene er erosjonssikret med stor stein som er godt forankret. Flere steder langs elveløpet til Krokstadelven er det satt opp tørrmur som erosjonssikring (se Figur 71 og Figur 72). Denne typen erosjonssikring er anbefalt i *Vassdragshåndboka (2010).* I Vassdragshåndboken beskrives tørrmur som «*en jevn, svakt innoverhellende mur, bygd opp av regelmessige steinblokker uten bruk av bindemiddel i fugene».* Tørrmur er godt egnet i tettbygde strøk hvor det kan være liten plass mellom elv og bebyggelse eller veier.

Stor stein som ligger godt forankret i elveløpet anbefales at man lar ligge (som i Figur 73). Disse kan gi en bremsende effekt på vannet. Flere steder settes det også ned større steiner i elveløp for å danne terskler som skal bremser vannhastigheten.

Etter Frida er det bygget opp mur langs deler av Krokstadelven ved Lysakerveien for å beskytte bebyggelsen mot fremtidig flom (Figur 74). Skråningen langs elven i Figur 75 er asfaltert for å sikre mot erosjon. For å gjøre det penere for beboerne langs elven er det sådd med gress over asfalten.

Figur 70: Krokstadelven like nedstrøms Årbogen dam ved Bjurstrømveien 11. Elveløpet er utvidet og kantene erosjonssikret med stor stein (Foto: Maria H. Olsen).

Figur 71: Tørrmur som erosjonssikring (Foto: Maria H. Olsen).

Figur 72: Tørrmur som erosjonssikring. (Foto: NVE)

Figur 73: Stor stein i elveløpet til Krokstadelven bremser vannhastigheten (Foto: Maria H. Olsen).

Figur 74: Mur bygges opp langs Krokstadelven for å sikre bebyggelsen ved neste flom. (Foto: NVE)

Figur 75: Sidene langs elven ~~her~~ er erosjonssikret med asfalt. Det er sådd med gress over for å gjøre det estetisk penere (Foto: Maria H. Olsen).

10 Konklusjon

I 2012 var det flom i store deler av Buskerud. Etter flomhendelsen var det store skader på bebyggelse, vei (private, kommunale og fylkesveier) og jernbane. Statlige, kommunale og private aktører var flere steder involvert i samme hendelsesforløp, og skadene ga flere steder størst problemer for aktøren som lå nederst i flomveien. Områdene vi så på i Buskreud er preget av menneskelige inngrep som bebyggelse og infrastruktur. Dette er inngrep som påvirker avrenningen i nedbørfelt. Tette flater som et resultat av bebyggelse og asfalterte flater fører til økt overflateavrenning og økt vannhastighet i feltene. Slike arealendringer fører også ofte til at vannet tar nye veier, og det er svært viktig at drenering og grøfter har god kapasitet og utforming slik at det er plass til vannet. Enkelte steder, spesielt i Krogstadelva, er også bebyggelsen plassert/utvidet ned mot og i bekkene, slik at vannet ikke har plass nok i en flomsituasjon.

Et gjentakende problem, og årsak til mange av skadene var vann på avveie på grunn av tett drenering og dårlige grøfter, både i asfalterte veier og skogsbilveier. Når stikkrenner er delvis eller helt tettet med vegetasjon og sedimenter reduseres kapasiteten drastisk og det blir ikke plass til vannet. Vannet tvinges derfor til å ta nye veier. Dette er problemer som ofte starter oppstrøms, og akselererer nedover i feltet. Det er derfor viktig å se på nedbørfeltet i sin helhet når man skal finne årsaken til skadene.

Vann på avveie på grunn av tett drenering er et problem man ser mange steder, og løsningen er i utgangspunktet enkel; rensk og vedlikehold. I etatene og kommunen er slike oppgaver ofte nedprioritert på grunn av manglende ressurser, både økonomi og personell. Vedlikehold og forebyggende tiltak er svært viktige oppgaver, og det er viktig å ha riktig kunnskap når man utfører tiltak. Tiltak som gjøres uten riktig kompetanse kan i verste gjøre vondt verre. Gjennom NIFS-prosjektet er det erfart at med korrekt kunnskap og godt samarbeid kan man få til mye. I NIFS-perioden er det gjennomført flere gode tiltak mot flom og skred, og flere er under planlegging.

Tiltak som er utført i flere av feltene er blant annet terskler i grøfteløp og i forkant av stikkrenner. Dette er et tiltak som bremser vannet og demper erosjon. Elveløpet er utvidet oppstrøms i Krokstadelven for å gi bedre plass til vannet, samt bremse vannhastigheten under flom. Gamle stikkrenner er byttet ut med nye stikkrenner med god kapasitet og riktig utforming. Forslag til flere gode tiltak er gitt i kapittel 11.2.

NIFS-prosjektet har dokumentert at det er lønnsomt å gjennomføre forebyggende tiltak, og satt fokus på viktigheten av dette. Det har vært vanskelig å få tak i gode kostnadsdata fra hendelsene, noe som gjør at analysene er ufullstendige, men konklusjonen er at det lønner seg å forebygge. Mangel på data og god informasjon om hendelser, blant annet skadedata, kostnader og gjennomførte tiltak, har vært en utfordring i prosjektet. Dette har ført til forslag om å opprette en felles database hvor slik informasjon lagres og deles, også med kommunene og privatpersoner.

10.1 Årsak til hendelsene

Først og fremst er den utløsende årsaken store nedbørsmengder på kort tid. Selv i områdene med urørt natur er det enkelte steder der intensiteten er veldig stor betydelige terrengskader som erosjon, vann på avveie og utglidninger. I områder med bebyggelse og infrastruktur blir skadene betydelig større. Antagelig skyldes de store skadene menneskelige inngrep i terrenget som fører vann på avveie. Manglende erosjonssikring i områder med løsmasser og lett eroderbart materiale fører til

høy sedimenttransport under flomhendelser. Når elveløpets/bekkens helningsgrad avtar blir sedimenter avsatt. Når dette skjer i forbindelse med dreneringsveier tettes disse av avsatte sedimenter. Det er derfor viktig å opprettholde godt fall i forkant av og i bakkant av stikkrenner/kulverter, og også ha godt fall på løpet. Når dreneringsveiene er tett tvinges vannet til å ta en annen vei. Når vannet føres ut i områder hvor det normalt ikke renner mye vann blir det store skader. Vedlikehold er svært viktig for å sørge for at dreneringsveiene er åpne i forkant av og under flomhendelser. Det er også viktig å holde elve- og bekkeløp fri for vegetasjon og søppel. Ofte kan man se at hogstmateriale blir liggende igjen etter skog- og vegetasjonsrydding. Hvis dette ikke fjernes kan stokker og rusk fraktes med vannet under en flomsituasjon og bidra til tetting av elveløp og dreneringsveier.

Et annet problem er at flere steder er vannveiene gjort smalere ved at man har bygget helt ut i kanten på elveløpet. Dette fører til at elveløpet tåler mindre vannføring og overtoppes tidligere.

NVE skriver i sin rapport *«Flom og stor vannføring forårsaket av ekstremværet Frida august 2012»* at skadeomfanget i stor grad ble påvirket av dreneringsveier som ikke hadde god nok kapasitet eller som var tettet av sedimenter, kvist og søppel. I rapporten «*Kartlegging av sidevassdragene etter Frida.Krokstadelven/Lysakerbekken/Møllenhofbekken/Mjøndalsbekken/Grytjern/Hagatjernbekken/ Veiabekken og Skalpebekk»* beskriver NVE erosjon som en årsak til at vannet tok nye veier. I de andre områdene, der det var mindre intens nedbør enn ved Krogstadelva, var det helt klart at det var menneskelige inngrep og mangel på drift/vedlikehold som var årsaken.

10.2 Forslag til forbedringer og mer robuste tiltak

En del forslag til tiltak presenteres kort her. For mer utdypende beskrivelser se *Eksempel på dreneringstiltak i små* nedbørfelt (2015) og *Vassdragshåndboka* (2010).

- **Alternative flomveier:** Ved nedbørhendelser med høy intensitet er det stor fare for at mange dreneringsveier har for liten kapasitet til å ta unna alt vannet. Da er alternative flomveier viktige tiltak for å kontrollere avrenningen og forhindre skader. En alternativ flomvei kan være kan være en ekstra stikkrenne litt bortenfor og høyere en hovedstikkrennen (nødløp). Et annet tiltak kan være å lede vannet til et område som tåler økte vannmengder og som kan brukes som midlertidig fordrøyningsområde, for eksempel et myrområde.

- **Terrengmodeller:** F.eks. ved planlegging av utbygging er det viktig at man ikke kun ser på eget reguleringsområde, men vurdere hva tiltak her kan føre til nedstrøms. Kartlegge avrenning i nedbørfelt med terrengmodeller er gode metoder for å planlegge tiltak.

- **Fagpersoner:** Det er stort behov for vannfaglig kompetanse, og samarbeid med utdanningsinstitusjoner er et godt tiltak for å sikre denne kompetansen i fremtiden. Opplæring av fagfolkene som gir råd og de som utfører tiltakene er viktig for å sikre at tiltak gjennomføres på riktig måte.

- Store og robuste stikkrenner: Manglende kapasitet i dreneringsveier er et typisk problem under flomhendelser. I tillegg blir disse ofte tettet av løsmasser og vegetasjon. Dreneringsveier med god kapasitet og sedimentfangere er gode tiltak. Det er viktig at det er fall i forkant og bakkant av stikkrennen, samt gjennom stikkrennen slik at man forhindrer avsetting av sedimenter i og rundt stikkrennen.

- Sedimentfangere/rister: Et godt tiltak for å forhindre tetting av stikkrenner er å sette opp sedimentfangere oppstrøms stikkrennene. Disse vil da samle sediment og vegetasjon slik at stikkrennen nedstrøms unngår å tette. Sedimentfangerene må tømmes jevnlig.

- Vedlikehold: Stikkrenner må vedlikeholdes og renskes jevnlig for å sørge for at de er åpen og har god kapasitet. Det er viktig også å renske i forkant og bakkant av stikkrennen slik at man forhindrer oppstuving av vann.

- Erosjonssikring: Erosjonssikring av elveløp, bekkeløp og grøfter er et viktig tiltak for å redusere skader, utglidninger og sedimenttransport. Det er viktig at man bruker stor nok stein til erosjonssikring, slik at de ligger stabilt også under flomsituasjoner. Blokkene må også forankres skikkelig, og de må legges slik at ikke vannet eroderer i bakkant av blokkene. For gode beskrivelser av erosjonssikring se NVE's Vassdragshåndboka (2010)

- Terskler: Terskler i bekke- og elveløp og grøfter bidrar til å redusere vannets hastighet, avsette sedimenter og redusere erosjon. Terskler kan lages med stedegent materiale som steinblokker. Det er viktig at blokkene er store nok til at de ikke transporteres under flom. I bratt terreng bør tersklene legges tett for være mest mulig effektive.

- Kvistdammer og stokkdammer: Kvistdammer har som hensikt å fange sedimentasjon og vegetasjon før det når stikkrenner og eventuelt tetter disse. Samtitig stabiliserer de bekkeløpet slik at en minsker faren for erosjon. Kvistdammer må ikke stå alene, men bygges flere etter hverandre i et bekkløp/elveløp, gjerne sammen med stokkdammer. Stokkdammer har som hensikt å bremse vannet og dempe flomtoppen.

- Sedimentasjonsbasseng: Funksjonen til et sedimentasjonsbasseng er å samle sedimenter. I områder med mye erosjon og høy sedimenttransport kan man etablere sedimentasjonsbasseng i forkant av stikkrenner for å få avsatt sedimenter her på en kontrollert måte. Det er viktig at sedimentasjonsbassenget ligger riktig plasser med litt avstand til stikkrennen slik at man ikke får oppstuving av sedimenter og vann like før stikkrennen, men får fri strømning av vann gjennom stikkrennen. Et sedimentasjonsbasseng må tømmes jevnlig for å opprettholde funksjonen.

- Fordrøyningsbasseng: Et fordrøyningsbasseng kan etableres for å fordrøye flomtoppen i et nedbørfelt. Det kan etableres i elve- og bekkeløp eller i terrenget ved siden av. En utviding av elveløp eller bekkeløpet vil føre til at vannet får bedre plass og vannhastigheten reduseres. Fordrøyningsbasseng kan ikke ha bratt helning. Dersom det etableres i terrenget ved siden av elve- eller bekkeløp vil det kun fungere i flomsituasjoner når vannet ledes dit.

11 Referanser

Beldring, S, Sakshaug, H & Eken, M. (2012). *Flom og stor vannføring forårsaket av ekstremværet Frida august 2012.* Norges vassdrags- og energidirektorat. Rapport nr. 31 – 2012. ISBN: 978-82-410-0819-1

Google maps. Lokalisert 10.10.2015, på https://www.google.no/maps/

Hopland. A. A, (2015). *Eksempel på dreneringstiltak i små nedbørfelt* (kommer på naturfare.no)

Xgeo. Lokalisert 3.8.2015 på http://www.xgeo.no/

NIFS. (2013). Om prosjektet. NIFS. Lokalisert 10.10. 2015, på http://www.naturfare.no/

SeNorge. Lokalisert 9.5.2015 på http://www.senorge.no/aboutSeNorge.html

Sæterbø, E. & Jenssen, L. (2010). Sikringstiltak. I T. Fergus, K. A. Hoseth & E. Sæterbø (Red.), *Vassdragshåndboka*. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag. ISBN: 978-82-519-2425-2.

Traae, E (2015). *Kartlegging av sidevassdragene etter Frida. Krokstad-/ Lysaker-/ Møllenhof-/ Mjøndals-/ Grytjern-/ Hagatjern-/ Veia- og Skalpebekk.* Norges vassdrags- og energidirektorat.

Figurliste

Figur 1: Oversiktskart over de fem skadefeltene fra Frida. (Kart: Per Viréhn). 2
Figur 2: Oversiktskart over Burud. Rødt punkt viser tett stikkrenne i Skotselvveien, blå pil viser vannets vei under flomhendelsen og rød sirkel på jernbanen viser hvor fyllingen ble vasket ut (Kart hentet fra jernbaneverkets kartløsning). 4
Figur 3: Vann på avveie ved Burud (Foto: Steinar Myrabø). 4
Figur 4: Vann på avveie gjennom eiendom ved Burud (Foto: Steinar Myrabø). 5
Figur 5: Vann på avveie laget nytt løp over/gjennom jordet (Foto: Steinar Myrabø). 5
Figur 6: Store vannmasser ble samlet opp bak jernbanefyllingen og skapte så stort trykk av fyllingen raste ut 6
Figur 7: Stikkrennen står igjen etter at fyllingen har rast ut (Foto: Steinar Myrabø). 6
Figur 8: Erosjon i bekkeløp i skogsområde oppstrøms jernbanen (Foto: Steinar Myrabø). 7
Figur 9: Oversiktskart: Viser nedre deler av nedbørfeltet for de to stikkrennene mellom Darbu stasjon og Søndre Rud (kart modifisert etter jernbaneverkets kartløsning) 8
Figur 10: Utvasking av gårdsvei (Foto: Steinar Myrabø). 9
Figur 11: Mye overflatevann fra gårdsområdet (Foto: Steinar Myrabø). 9
Figur 12: Vann rant på overflaten fra full stikkrenne, til venstre i bildet, og ned på gårdsplassen (Foto: Steinar Myrabø). 10
Figur 13: Kum i tiknytning til stikkrennen nærmest undergangen (Foto: Steinar Myrabø). 10
Figur 14: Sedimenttransport i bekk ned mot stikkrennen nærmest Darbu stasjon (Foto: Steinar Myrabø). 11
Figur 15: Træer, samt rusk og rask, tettet delvis gjerdet foran stikkrenne (Foto: Steinar Myrabø). 11
Figur 16: Vann på avveie over jorde (Foto: Steinar Myrabø). 12
Figur 17: Vannmengdene skapte store erosjonsskader og utglidninger når de kom ned i skogsområdene 12
Figur 18: Lagring av masser i flatere terreng nedstrøms skogen førte til at flomvannet drenerte ut til begge sider, men mest til venstre (Foto: Steinar Myrabø). 13
Figur 19: Opprinnelig bekkefar mot stikkrenne til høyre, mens flomvannet og sedimentene tok et nytt løp og drenerte mot venstre og langs jernbanen (Foto: Steinar Myrabø). 13
Figur 20: Vannet som drenerte til venstre dannet en stor dam bak jernbanefyllingen før det drenerte videre mot undergangen ved Søndre Rud (Foto: Steinar Myrabø). 14
Figur 21: Vann på avveie oppstrøms jernbanen (Foto: Steinar Myrabø). 15
Figur 22: Frida utløste jordskred på jernbanen ved Darbu (Foto: Steinar Myrabø). 15
Figur 23: Utvasking langs jernbanesporet (Foto: Steinar Myrabø). 16
Figur 24: Utvasking langs jernbanesporet (Foto: Steinar Myrabø). 16
Figur 25: Utvasking av jernbanefylling etter Frida (Foto: Steinar Myrabø). 17
Figur 26:Utvasking av løsmasser oppstrøms jernbanesporet (Foto: Steinar Myrabø). 18
Figur 27: Biologisk avfall ble tatt med av vannmassene og avsatt oppstrøms sporet (Foto: Steinar Myrabø). 19
Figur 28: Utvasking av jernbanefylling (Foto: Steinar Myrabø). 19
Figur 29: Utvasking av fylling (Foto: Steinar Myrabø). 20
Figur 30: Vann på avveie langs vei ved Krekling (Foto: Steinar Myrabø). 21
Figur 31: Vann på avveie gjennom bebyggelse ved Krekling (Foto: Steinar Myrabø). 21
Figur 32: Utvasking av løsmasser og fylling langs jernbanespor ved Krekling (Foto: Steinar Myrabø). 22
Figur 33: Utvasking av jernbanefylling førte til at sporet hang i løse luften flere steder (Foto: Steinar Myrabø). 22
Figur 34: Utvasket fylling og jernbanespor som henger i løse luften (Foto: Steinar Myrabø). 23
Figur 35: Oversiktskart over Krokstadelven fra Årbogen dam til Drammenselva. (Modifisert i Google maps). 25
Figur 36: Oversiktskart over øvre del av Krokstadelven (Modifisert av i Jernbaneverkets kartløsning). 26
Figur 37: Oversiktskart over midtre del av Krokstadelven (Modifisert i Jernbaneverkets kartløsning). 27
Figur 38: Garasjen ved Spikerveien 62 henger i løse luften etter at grunnen er erodert bort av vannmassene (Foto: NVE). 28
Figur 39: Krokstadelven krysser Spikerveien (Foto: NVE). 28

Figur 40: Erosjonsskader langs Lysakerveien (Foto: NVE). 29
Figur 41: Erosjonsskader langs Lysakerveien (Foto: NVE). 29
Figur 42: Skader ved Lysakerveien 23 A og B på grunn av vann som har rent i veien. (Foto: NVE) 30
Figur 43: M.O. Orningsvei 2 (Foto: NVE). 30
Figur 44: A.J. Horgens vei 11 (Foto: NVE). 31
Figur 45: Bruen i A.J. Horgens vei (Foto: NVE). 31
Figur 46: Bilde tatt fra bruen i A.J. Horgens vei og nedstrøms (Foto: NVE). 32
Figur 47: A.J. Horgens vei (Foto: NVE). 32
Figur 48: Flomskader under Frida nedstrøms i feltet ved Krokstadelven (Foto: NVE). 33
Figur 49: Hus som fikk store skader etter Frida (Foto: NVE) 33
Figur 50: Flommerker omtrent en meter opp på veggen på dette huset. (Foto: NVE) 34
Figur 51: På denne garasjen kan man se merker etter flomhøyden over en meter opp på veggen (Foto: NVE). 34
Figur 52: Store vannmengder gikk inn i bebygde områder (Foto: NVE). 35
Figur 53: Vann gikk inn i denne boligen og stod ca. 60 cm opp på veggen (Foto: NVE). 35
Figur 54: Kart over nedbørstasjoner i Buskerud. (Kart utarbeidet av Per Viréhn). 36
Figur 55: Nedbørsum for uken frem til kl 08 den 5.august 2012. Rød sirkel viser område hvor pilotfeltene er situert (Modifisert etter xgeo.no) 37
Figur 56: Kartet til venstre viser Ett-døgns nedbør målt kl 08 den 6.august 2012, mens kartet til høyre viser Ett-døgns nedbør målt kl 08 den 7.august 2012 (MET) 37
Figur 57: Tidsforløp av 1-døgns nedbør for uken frem til hendelsen. Stasjoner i Oppland og Buskerud (MET). 38
Figur 58: Grunnvannsstand i Sør-Norge morgenen 6. august 2012. Rød sirkel markerer beliggenhet til feltene beskrevet i denne rapporten (Hentet fra xgeo.no). 39
Figur 59. Grunnvannsstand i Sør-Norge morgenen 7. august 2012. Rød sirkel markerer beliggenhet til feltene beskrevet i denne rapporten (Hentet fra xgeo.no). 40
Figur 60: Vannmetning i Sør-Norge morgenen 6. august 2012. Rød sirkel markerer beliggenhet til feltene beskrevet i denne rapporten (Hentet fra xgeo.no). 41
Figur 61: Vannmetning i Sør-Norge morgenen 7. august 2012. Rød sirkel markerer beliggenhet til feltene beskrevet i denne rapporten (Hentet fra xgeo.no). 42
Figur 62: Menneskelige inngrep (veier, bebyggelse og jernbane) ved Darbu (Modifisert i jernbaneverkets kartløsning). 44
Figur 63: Menneskelige inngrep (veier, bebyggelse og jernbane) ved Krekling (Modifisert i jernbaneverkets kartløsning). 44
Figur 64: Menneskelige inngrep ved Åmot (Hentet fra Jernbaneverkets kartløsning). 45
Figur 65: Menneskelige inngrep ved Skotselv (Hentet fra Jernbaneverkets kartløsning). 45
Figur 66: Menneskelige inngrep ved Burud (Hentet fra Jernbaneverkets kartløsning). 46
Figur 67: Menneskelige inngrep ved Krokstadelven (Hentet fra Jernbaneverkets kartløsning). 46
Figur 68: Kart over området ved Krokstadelven. Kartlag *Vestfold 1959 – 1979.* (Hentet fra SeNorge.no). 47
Figur 69: Kart over området ved Krokstadelven. Kartlag *Østlandet vest flom* 2013. (Hentet fra SeNorge.no). 48
Figur 70: Krokstadelven like nedstrøms Årbogen dam ved Bjurstrømveien 11. Elveløpet er utvidet og kantene erosjonssikret med stor stein (Foto: Maria H. Olsen). 52
Figur 71: Tørrmur som erosjonssikring (Foto: Maria H. Olsen). 52
Figur 72: Tørrmur som erosjonssikring. (Foto: NVE) 53
Figur 73: Stor stein i elveløpet til Krokstadelven bremser vannhastigheten (Foto: Maria H. Olsen). 53
Figur 74: Mur bygges opp langs Krokstadelven for å sikre bebyggelsen ved neste flom. (Foto: NVE) 54
Figur 75: Sidene langs elven ~~her~~ er erosjonssikret med asfalt. Det er sådd med gress over for å gjøre det estetisk penere (Foto: Maria H. Olsen) 54

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no