



Jernbaneverket



Statens vegvesen

Eksempel på dreneringstiltak i små nedbørsfelt.

Naturfareprosjektet Delprosjekt 5 Flom og vann på avveie

26
2016



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 26-2016

Eksempel på dreneringstiltak i små nedbørsfelt.

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Agathe Alsaker Hopland, Eirik Traae og Steinar Myrabø.

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: P.O.D

Forsidefoto: Trude Paulsen

ISBN 978-82-410-1217-4

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Denne rapporten gir ei samla oversikt (med eksempel) over dei fleste dreneringstiltak som kan utførast i små nedbørsfelt eller sidevassdrag i Noreg for å førebygge mot flaumskadar

Emneord: Dreneringstiltak, flaumskader, flaumproblem, nedbørsfelt

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

Innhald

SAMANDRAG	1
1 INNLEIING	2
2 NEDBØR SOM FØLGJE AV KLIMAENDRINGAR	6
2.1 SPÅDDE NEDBØRSENDERINGAR PÅ AUST- OG SØRLANDET FRAM MOT 2100	6
2.2 SPÅDDE NEDBØRSENDERINGAR PÅ VESTLANDET FRAM MOT 2100	6
2.3 SPÅDDE NEDBØRSENDERINGAR I MIDT-NOREG FRAM MOT 2100	6
2.4 SPÅDDE NEDBØRSENDERINGAR I NORD-NOREG FRAM MOT 2100	6
3 AKTUELLE FYSISKE DRENERINGSTILTAK	7
3.1 SKOG OG NATUR	7
3.1.1 <i>Naturleg våtmark</i>	7
Eksempel på tilbakeføring av naturleg våtmark og myr	8
3.1.2 <i>Permeable terskeldammar</i>	8
Eksempel på kvistdam	9
Eksempel på stokkdam	11
3.1.3 <i>Tersklar for å dempe hastigheit og energi</i>	12
Eksempel på tersklar	13
3.1.4 <i>Vegetasjonsskjøtsel</i>	15
Eksempel på vegetasjonsskjøtsel	15
3.1.5 <i>Avskjeringsgrøfter</i>	16
Eksempel på avskjeringsgrøft	16
3.2 SKOGBIL-, TRAKTOR-, PRIVATE- OG KOMMUNALE VEGAR	16
3.2.1 <i>Avskjeringsgrøfter</i>	17
3.2.2 <i>Tilrettelegging av gode dreneringsgrøfter</i>	17
Eksempel på gode dreneringsgrøfter	17
3.2.3 <i>Stikkrenner</i>	18
Eksempel på stikkrenne	19
Eksempel på sjølvreinsande rister	20
3.2.4 <i>Lågpunkt</i>	21
3.2.5 <i>Drenering av vegoverflate</i>	21
Eksempel på drenering av vegoverflate	22
Eksempel på køyrbare vad for skogsbilvegar eller traktorvegar.....	23
3.2.6 <i>Alternative flaumvegar</i>	24
Eksempel på alternativ flaumveg	25
3.2.7 <i>Fordrøyning- og sedimentasjonsdam</i>	25
Eksempel på fordrøyningsdam	26
Eksempel på sedimentasjonsbasseng.....	27
3.2.8 <i>Dimensjonering</i>	28
3.3 BYGNINGAR OG TETTE FLATER	28
3.3.1 <i>Grøne tak</i>	28
Eksempel på grønne tak	29
3.3.2 <i>Fråkopling av takrenner, og kontrollert infiltrasjon og avrenning i terrenget</i>	30
Eksempel på fråkopling av takrenner	30
3.3.3 <i>Infiltrasjonsflater</i>	31
Eksempel på permeabel belegningsstein	31

3.4	HAGE OG GRØNTOMRÅDE	32
3.4.1	<i>Behalde grønne flater, revegetering og fjerne tette flater</i>	32
3.4.2	<i>Vegetasjonssonar</i>	32
3.4.3	<i>Regnbed og infiltrasjonsbasseng</i>	33
	Eksempel på regnbed	33
3.4.4	<i>Graskledde vassveggar</i>	35
	Eksempel på graskledde vassveggar.....	35
3.4.5	<i>Fordrøyningsdammar og flaumdammar</i>	36
	Eksempel på fordrøyningsdam	36
3.4.6	<i>Sedimentasjonsdammar</i>	38
3.4.7	<i>Flaumareal</i>	38
3.4.8	<i>Konstruerte våtmarker</i>	38
3.4.9	<i>Flaumveggar</i>	38
3.4.10	<i>Opning av bekkeløp</i>	39
	Eksempel på opning av bekkeløp	39
3.5	JORDBRUK	40
3.5.1	<i>Konstruerte våtmarker og fangdammar</i>	40
3.5.2	<i>Opning av bekkeløp</i>	41
3.5.3	<i>Graskledde avskjeringsgrøfter</i>	41
3.5.4	<i>Vegetasjonssonar</i>	41
3.5.5	<i>Vollar</i>	41
3.5.6	<i>Kontroll på grøfte- og overflateavrenning</i>	42
4	STØRRE VEGAR OG JERNBANE	42
5	GENERELT FOR ALLE INNGREP	42
6	VEDLIKEHALD	42
6.1	RISTER	43
6.2	SEDIMENTASJONSDAMMAR	43
6.3	GRØFTER	43
6.4	STIKKRENNER OG LUKKA DRENERING	43
7	KONKLUSJON	44
8	KVA KAN EG GJERE?	45
8.1	KONTAKTINFO VASSFAGLEG KOMPETANSE	45
9	VIDARE ARBEID	46
10	TAKK TIL	47
11	REFERANSAR	48

Framsidedfoto: Eksempel på drenering av vegoverflate (Foto: Trude Paulsen).

Samandrag

Denne rapporten gir ei samla oversikt (med nokre eksempel) over dei fleste dreneringstiltak som kan utførast i små nedbørsfelt eller sidevassdrag i Noreg for å førebygge mot flaumskadar. Bakgrunnen for å lage ei slik samanstilling var at det skal bli lettare å få ei oversikt over kva tiltak ein kan utføre, kven ein kan kontakte for hjelp og kor ein finn informasjon. Grunneigarar står sjølv ansvarlege for å sikre eigen eigedom mot naturskadar, dette inkluderer også følgjeskadar på naboen sin grunn. Alle bør halde bekkeløp ryddige for å unngå tetting, være kritiske til fjerning av vegetasjon langs bekkkant, unngå å bygge eller oppbevare ting i bekkkant som kan forsvinne med vatn i ein flaumsituasjon.

Med spådde framtidige klimaendringar som vil medføre hyppigare ekstremhendingar med lokal kraftig nedbør, blir det meir samfunnsøkonomisk å gjere førebyggjande tiltak der det er gjort menneskelige terrenginngrep. Naturlege og urørte områder får sjeldan eller aldri skadar ved flaum då desse områda er tilpassa nedbørsmengder igjennom tusenvis av år. Flaumproblem og skadar i samband med flaum er størst der ein har gjort menneskelege terrenginngrep som for eksempel hogst, konstruksjonar, infrastruktur og andre dreneringsendringar. På grunn av mangel på vassfagleg kompetanse er dagens samfunn no på veg å utvikle ei veldig sårbarheit når det kjem til å handtere store nedbørsmengder over korte tidsrom. Det norske samfunnet må med andre ord tilpasse den norske arealbruken til klimaendringar som kan føre til flaum og vassrelaterte skred. Det er viktig å sjå på heile nedbørsfeltet når ein skal finne årsaka til flaumskadar, og ofte er det enklast og billigast å gjere tiltak øvst i nedbørsfeltet, som også ofte er der problema startar.

Reinsk og vedlikehald av dreneringsvegar er ekstremt viktig for å redusere skadeomfanget under flaum, og forhindre at vatn kjem på ville vegar. Samfunnsøkonomiske analysar har vist at det er stor lønnsamheit i førebyggjande tiltak. NIFS-prosjektet (Naturfare – Infrastruktur - Flaum – Skred: (www.naturfare.no)) har erfart at med korrekt kunnskap og godt samarbeid kan ein få til gode førebyggjande tiltak mot naturfare. Det er viktig at etatar som kan få problem innanfor same område samarbeider, slik at ein ikkje påfører kvarandre problem alt etter kven som ligg oppstrøms og nedstrøms.

Det har generelt vore vanskeleg å få tak i gode data frå hendingar, også til denne rapporten, noko som har ført til at NIFS anbefala at det blir utarbeida ei felles database kor etatar, kommunar og grunneigarar kan legge inn informasjon om blant anna skadepunkt, tiltak og kostnader på naturfarehendingar. Innsamling av data om gode og (spesielt) dårlege dreneringstiltak bør fortsette, gjerne som ein revidert versjon av denne rapporten. *Klima 2050* er eit nytt stort samarbeidsprosjekt som kan føre dette arbeidet vidare (www.klima2050.no). Prosjektet starta i 2015 og skal gå over 8 år.

1 Innleiing

Denne rapporten er utgitt i samband med NIFS-prosjektet sitt delprosjekt 5: «*Håndtering av flom og vann på avveie*». NIFS er eit samarbeidsprosjekt mellom Jernbaneverket (JBV), Noregs vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Statens vegvesen (SVV). Prosjektperioden går frå 2012 til 2015, og prosjektet er inndelt i sju delprosjekt. Rapporten gir ei samla oversikt (med nokre eksempel) over dei fleste dreneringstiltak som kan utførast i små nedbørsfelt eller sidevassdrag i Noreg for å førebygge mot flaumskadar. Bakgrunnen for å lage ei slik samanstilling var at det skal bli lettare å få ei oversikt over kva tiltak ein kan utføre, kven ein kan kontakte for hjelp og kor ein finn informasjon. Figur 1-7 viser nokre eksempel på flaumskadar i nyare tid som har oppstått på grunn av dårleg tilrettelegging og handtering av store vassmengder i områder med menneskelege inngrep.



Figur 1 Avrenning mot jernbane frå E134 *Kongsbergvegen* under flaumen i Notodden i juli 2011 (Foto venstre: *Christian Kierulf* - Foto høgre: *Notodden kommune*).



Figur 2 Skadar under flaumen i Notodden juli 2011. Venstre: *Notodden jernbanestasjon* (Foto: *Christian Kierulf*). Høgre: *Hvåladalen* (Foto: *Notodden kommune*).



Figur 3 Burud i Buskerud etter flaum under stormen *Frida* i august 2012 (Foto: Steinar Myrabø).



Figur 4 Stormen *Frida* i august 2012.

Venstre: Jordskred på Sørlandsbanen ved Darbu i Buskerud (Foto: Steinar Myrabø).

Høgre: Grunnen under garasjen til Spikerveien 62 i Nedre Eiker kommune er erodert vekk (Foto: NVE).



Figur 5 Erosjonsskadar langs Lysakerveien i Nedre Eiker kommune etter stormen *Frida* i august 2012 (Foto: NVE).



Figur 6 Erosjonsskadar på jorde etter flaum i Ringebu i Gudbrandsdalen mai 2013 (Foto: Steinar Myrabø).



Figur 7 Flaum på Lillehammer i juli 2014.

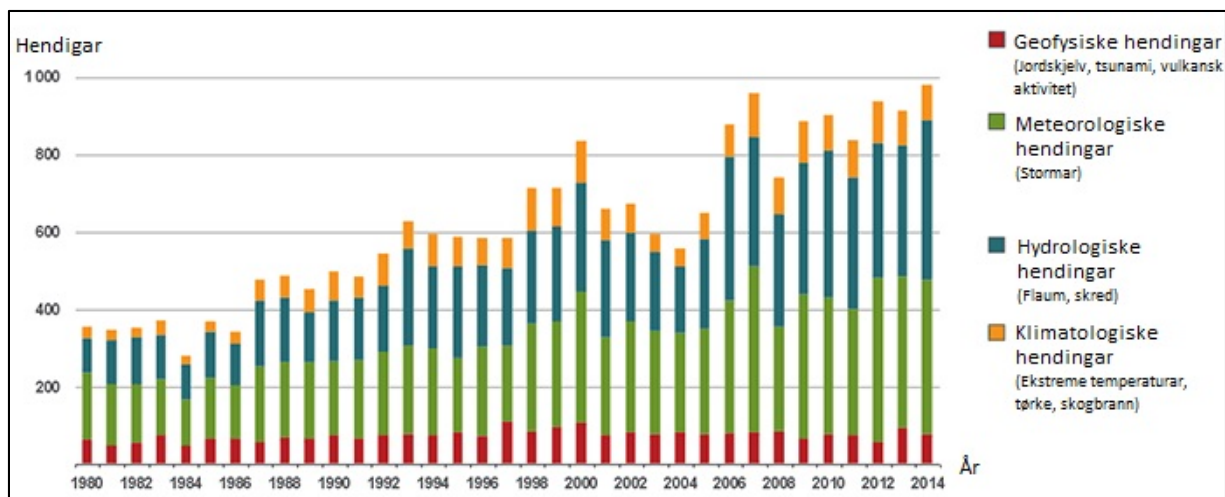
Venstre: Erosjonsskadar på veg i Bæla (Foto: Steinar Myrabø).

Høgre: Flaumskadar på parkeringsplass på Åretta (Foto: Steinar Myrabø).

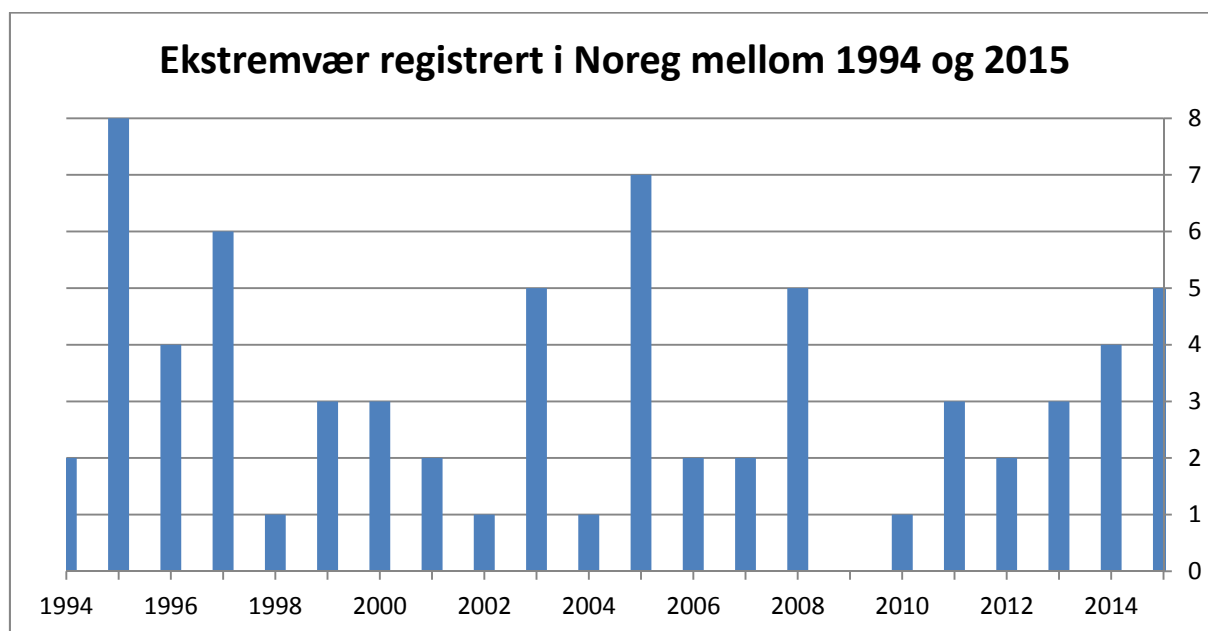
Det har vore uvanleg mykje flaum i Noreg sidan 2010. Naturlege og urørte områder får sjeldan eller aldri skadar ved flaum då desse områda er tilpassa nedbørsmengder igjennom tusenvis av år. Flaumproblem og skadar i samband med flaum er størst der ein har gjort menneskelege terrenginngrep som for eksempel hogst, konstruksjonar, infrastruktur og andre dreneringsendringar. På grunn av mangel på vassfagleg kompetanse er dagens samfunn no på veg å utvikle ei veldig sårbarheit når det kjem til å handtere store nedbørsmengder over korte tidsrom. Samfunnet er med andre ord dårleg tilrettelagt for å takle framtidig klima.

Grunneigarar står sjølv ansvarlege for å sikre eigen eigedom mot naturskade. I dette ligg det å unngå og gjere inngrep og påverke den naturlige dreneringa på eigen og naboen sin eigedom ved flaum. Viss ein allereie har gjort inngrep er det viktig å utføre tiltak som kan hindre skade nedstrøms. Endå viktigare er det å drifte og vedlikehalde desse tiltaka. I tillegg bør kystnære strøk også tenke på at ei eventuell auke i havnivå kan gje store utfordringar i flaumsituasjonar.

Figur 8 viser ein oversikt over dei globalt registrerte naturkatastrofane mellom 1980 og 2014. Tala er oppdatert per januar 2015. Grafen viser ei tydeleg auke i hydrologiske hendingar på verdsbasis dei siste 35 åra. Figur 9 viser kor mange hendingar med ekstremvær Noreg har hatt kvart år frå 1994 fram til 2015.



Figur 8 Registrerte naturlige globale katastrofar 1980-2014 (Modifisert av Hopland etter Insurance Information Institute, 2015).



Figur 9 Graf som viser ekstremvær (flaum, nedbør og vind) registrert kvart år i Noreg mellom 1994 og 2015 (Kjelde: met.no).

2 Nedbør som følge av klimaendringar

I tillegg til menneskeleg påverknad vil klimaendringar også ha noko å sei for framtidige flaumhendringar. FN sitt klimapanel gav i 2013 ut «*Fifth Assessment Report*» (AR5) (IPCC, 2013), og rapporterte om auka nedbør på dei mellomliggande breiddegrader på den nordlige halvkula sidan 1901. Sidan 1950 er det over 66 % sikkert at frekvensen av episodar med nedbør har auka i Nord-Amerika og Europa, og det er over 90 % sikkert at nedbørshendingane ved dei mellomliggande breiddegradene vil bli meir ekstreme, intense og hyppige innan utgangen av 2100. Også snødekke er (med over 66 % sikkerheit) redusert på den nordlige halvkula på grunn av antropologiske klimagassbidrag sidan 1970. Ekstrem nedbør er eit fenomen som kjem til å blir meir vanleg i Norden dei neste tiåra. Denne type nedbør gjev stor skade på grunn av blant anna auka fare for flaum og skred, som kan utgjere fare for menneskeliv og tap av materielle verdiar. Flaum, skred og klima heng sterkt saman.

Dei globale klimaendringane kan føre til større nedbørsmengder og nedbørsintensitet i Noreg, samtidig som det sannsynlegvis blir hyppigare temperatursvingingar rundt 0°C om vinteren og meir tørke om sommaren framover. Den årlige nedbøren i Noreg har auka med 20 % sidan 1900, og vil auke mellom opp til 30 % fram mot 2100 - avhengig av geografisk plassering. Det vil bli fleire dagar i året med ekstremt høge nedbørsmengder, og gjennomsnittleg nedbørsauken vil merkast best på hausten. I dei fleste områda langs Norskekysten vil flaumstorleiken auke frå 20 til 60 % dei neste 85 åra. Auka i korttidsnedbør er høgare enn auka i døgnnedbør, og dette er ei av dei største utfordringane i tillegg til menneskelege inngrep i små nedbørsfelt og vassdrag.

2.1 Spådde nedbørsendringar på Aust- og Sørlandet fram mot 2100

Rundt Oslofjorden er landet sine høgaste verdiar for nedbør med ein times varigheit registrert. Dagar med høg intensitet av nedbør vil auke med over 50 % på Aust- og Sørlandet. Ca. 25 % av denne auken er forventa å kome på vinterstid, og nedbørsmengdene på hausten vil mest truleg minke.

I fjellområda på Sør-landet vil talet på dagar med høg nedbørsintensitet auke med ca. 80 %, der rundt 20 % av denne auken er forventa på sommar og haust.

2.2 Spådde nedbørsendringar på Vestlandet fram mot 2100

Vestlandet har dei høgaste registrerte verdiane for korttidsnedbør med varigheit på over 4 timar. Dagar med høg intensitet av nedbør vil auke med ca. 70 % fram mot 2100, og rundt 20 % av denne auken er forventa å kome på hausten.

2.3 Spådde nedbørsendringar i Midt-Noreg fram mot 2100

Dagar med høg intensitet av nedbør vil auke med ca. 70 %, og rundt 20 % av denne auken er forventa å kome på sommaren. I Trøndelag vil små vassdrag merke auken mest, medan Møre og Romsdal vil merke flaumauke i alle vassdrag.

2.4 Spådde nedbørsendringar i Nord-Noreg fram mot 2100

Dagar med høg intensitet av nedbør vil auke med ca. 80 %, og rundt 20 % av denne auken er forventa på sommaren. Vinternedbøren kan bli redusert med opp til 10 %. Finnmark og Troms vil oppleve større regnflaumar langs kysten, Nordland i alle vassdrag.

På Finnmarksvidda vil dagar med mykje nedbør auke med ca. 75 %, og rundt 25 % av denne auka er forventa på hausten.

For nærmare informasjon om nedbørsendringar i Noreg sjå Meteorologisk institutt (MET) sin rapport om «Dimensjonerende korttidsnedbør» (Førland et al., 2015).

3 Aktuelle fysiske dreneringstiltak

For å handtere flaumproblem med erosjon, sedimenttransport, vatn på ville vegar og vassrelaterte skred i samband med infrastruktur må ein sjå på og vurdere heile nedbørsfeltet. Det enklaste og mest kostnadseffektive er å gjere tiltak der problema startar. Ofte er dette der det er gjort menneskelige inngrep i dei naturlige dreneringsvegane og arealendringar øvst i nedbørsfeltet. Tiltak bør difor strukturast ut frå kva infrastruktur som ligg øvst.

Det anbefalast å ha med nokon som har utført tiltaket før, fyrste gongen ein skal gjennomføre eit av tiltaka.

3.1 Skog og natur

Naturlige skogsområder og urørt natur får sjeldan eller aldri skader under flaum då områda er tilpassa nedbørsmengder gjennom tusenvis av år. Menneskelige inngrep som snauhogst, køyrespor, dreneringsendring og etablering av skogs- og traktorvegar kan derimot forårsake store endringar i vassbalanse og dreneringsvegar. Dette har i mange tilfelle ført til erosjon, sedimenttransport, flaumproblem og jordskred med store skadar nedstrøms. Områder som naturen drenera til naturleg bør bevarast eller rehabiliterast best muleg for å unngå større problem i busette områder ved ein flaumsituasjon. Eksempel på naturlege dreneringsområder kan være våtmark, dammar og myrområder.

3.1.1 Naturleg våtmark

Våtmarker og myrområder (figur 10) er naturlege fordrøyningsområder kor ein bør unngå menneskelege inngrep so langt som det er muleg for å blant anna hindre flaumskadar. Å tilbakeføre naturlege våtmarksområder gjer ein enklast ved å tette gamle grøfter og dreneringar. Våtmarker og dammar som er fylt igjen bør vurderast tilbakeført ved opning eller ved å etablere tersklar.



Figur 10 Steffenstjernet i Krokskogen utanfor Oslo (Foto: Odd Tore Saugerud).

Eksempel på tilbakeføring av naturleg våtmark og myr

Hensikt

Dempar verknad av flaum og tørke fordi vatnet blir fanga i våtmarka og slepp sakte ut igjen.

Kostnad

Kostnad for tilbakeføring av naturlege våtmarksområder varierer ut frå stad, omfang, materiale, tidspunkt for etablering osv.

Erfaring

Viktig å hindre at området ikkje gror igjen. Slam må fjernast. Kan redusere erosjonsproblem i tilknytning til veg og handtere trafikkslam på ein miljøforsvarleg måte.

Bieffektar

- + Gjenbruk av overvatn.
- + Leveområde for fleire hundre raudelista artar.
- + Myr lagrar store mengder CO₂.
- + Kan reinse vatn for ekstra næringsstoff. Blir difor anlagt kunstige våtmarker (fangdam) innan landbruk.

Eksempel på kontaktinformasjon:

NIVA (Norsk Institutt for Vannforskning): www.niva.no.

Oslo kommune: www.oslo.kommune.no.

Skogbrukets Kursinstitutt: www.skogkurs.no.

3.1.2 Permeable terskeldammar

Permeable terskeldammar kan etablerast i små nedbørsfelt for å dempe avrenning under flaum, og for å samle sediment og rusk. I tillegg er dammane godt eigna for å redusere erosjon og stabilisere skrånningar og ravinar. Tiltaket kan være særlig aktuelt oppstrøms stikkrenner, bekkelukkingar og små bruer for å hindre tetting og overbelastning. Permeable terskeldammar kan også leggast i flaumveggar, køyrespor og liknande.

Tiltaket kan utførast relativt enkelt og billig ved å bruke massar frå staden terskeldammane skal byggast på. Byggematerialet gjev også eit bilde av korleis dei hydrologiske og geologiske forholda er på staden. Kvistdammar (figur 11 og 12) og stokkdammar (figur 13 og 14) blir anlagt der det er mykje finstoff i grunnen, medan steinkiste-, stein- og gabiondammar blir brukt der det er grovare massar og hovudsakleg stein. Permeable terskeldammar skal fyllast opp av sediment og ikkje tømast, men nye dammar skal etablerast mellom dei gamle ved behov. *Kvistdam* blir brukt som eit samleomgrep på ulike terskeltypar av lokalt byggemateriale. For meir informasjon sjå NIFS rapport nr. 28/2014 «*Kvistdammer i Slovakia*» (Braskerud et al., 2014).

Eksempel på kvistdam



Figur 11 Venstre: Kvistdam Storlykkja i Soknedal, Sør-Trøndelag (Foto: Maria Hetland Olsen).
Høgre: Kvistdam i Minnesund, bygd 2012. Bildet er tatt i 2014 og viser at kvistdammen er fylt opp av sediment (Foto: Steinar Myrabø).



Figur 12 Kvistdammen i Minnesund, oppfylt med sediment (Foto: Bent C. Braskerud).

Problemstilling

Overbelastning av stikkrenner som blant anna fører til øydelagt infrastruktur.

Hensikt

Flaumdemping og fange sediment og rusk. Kan også redusere erosjon, stabilisere og hindre tetting og overbelastning av stikkrenner oppstrøms. Når ein kvistdam er fylt skal den ikkje tømmast. Då skal ein heller lage ny ovanfor den gamle slik at erosjon i bekkebotn minskar og området blir meir stabilt.

Tiltak

Brukt der det er mykje finstoff i grunnen. Vanleg å legge fleire kvistdammar etter kvarandre. Avstanden og høgde variera ut frå terreng og ønska effekt. Skal ha trappeform for å redusere energi i vatnet og hindre erosjon.

Kostnad

Variera, men relativ låg. To personar greier å lage opp til fire kvistdammar per dag.

Erfaring

God, men lita erfaringstid. Ser at kvistdammar fangar sediment (jfr figur 11 og 12). Fuktig tre rotnar seint, og på grunn av at det startar å vekse vegetasjon på kvistdammane beskyttar dette ytlegare for erosjon og råte. Ein manglar kunnskap i Noreg på korleis kvistdammar opptrer ved konstant låg vassføring. Kunn testa i små nedbørsfelt (rundt 1 km²). To personar greier å lage opp til fire kvistdammar per dag. Sidan kvistdammar kan kollapse ved store vassmengder er det viktig å aldri lage kunn ein kvistdam.

Bieffektar

- + Ikkje behov for vedlikehald (men må ha ettersyn for å sikre at fungerer riktig).
- + Revegetering i områder utsatt for erosjon.
- + Inga forureining.
- Hindrar fiskevandring.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Faktaark om «Kvistdammer» (Braskerud og Myrabø, 2014).

Jernbaneverket, Underbygning & konstruksjonar seksjonen (Sentralbord: 05280).

NIFS rapport nr. 28/2014 «Kvistdammer i Slovakia» (Braskerud et al., 2014).

NIVA (Norsk Institutt for Vannforskning): www.niva.no.

Oslo kommune: www.oslo.kommune.no.

Skogbrukets Kursinstitutt: www.skogkurs.no.

Eksempel på stokkdam



Figur 13 Stokkdam i Soknedal, Sør-Trøndelag (Foto: Maria Hetland Olsen).



Figur 14 Miks av stokk- og kvistdam i Minnesund (Foto: Steinar Myrabø).

Hensikt

Hindre rusk og vegetasjon å tette igjen nedstrøms i bekk.

Tiltak

Brukt der det er mykje finstoff i grunnen. Stokkane kan stablast tett for å demme opp eller ha gliper for å sile. Toppstokken har ei nedsenking for å styre vatnet slik at det ikkje grev i sidene. Det er også viktig å legge stein under botnstokken for å hindre graving under. Stokkdammar kan også lagast som ein kombinasjon av stokk- og kvistdam, sjå figur 14. Då unngår ein også at kvist blir liggande igjen i terrenget under bygging slik at dei kan fraktast nedstrøms med vatnet.

Kostnad

Relativ låg. Varierer ut frå stad, omfang, materiale, tidspunkt for etablering osv.

Erfaring

Stokkdammar fungerer godt for å halde tilbakesediment.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Faktaark om «Kvistdammer» (Braskerud og Myrabø, 2014).

Jernbaneverket, Underbygning & konstruksjonar seksjonen (Sentralbord: 05280).

NIFS rapport nr. 28/2014 «Kvistdammer i Slovakia» (Braskerud et al., 2014).

NIVA (Norsk Institutt for Vannforskning): www.niva.no.

Oslo kommune: www.oslo.kommune.no.

Skogbrukets Kursinstitutt: www.skogkurs.no.

3.1.3 Tersklar for å dempe hastigheit og energi



Figur 15 Eksempel på tersklar i bekk for å dempe vasshastigheit (Foto: Ole Erik Almenningen).

I bratte bekke- og elveløp der det er fare for erosjon og permeable terskeldammar ikkje er egna, er det viktig å etablere ulike tersklar avhengig av lokale forhold. Tersklar laga med store steinar er veldig effektive, og når det er bratt må tersklane leggast tett med mindre avstand mellom kvarandre (figur 15). Det er og viktig å passe på at tersklane er so låge at dei ikkje hindrar fiskevandring.

Ei anna problemstilling som også er veldig vanleg i bratte elvar er erosjon og massetransport som skapar problem ved at massane heilt eller delvis tettare kulvertane. Dette fører til at vatnet kjem på ville vegar.

Eksempel på tersklar

Figur 16 viser bilde frå Sætrebekken på Notodden kor det er laga tersklar for å dempe vasshastigheita i utløpet av ein kulvert, og samtidig stoppar massar som vil skape problem lenger nedstrøms. Terskelbassenget fungera, men skulle ideelt sett vore litt lenger.



Figur 16 Sætrebekken på Notodden kor det er laga tersklar (Foto: Eirik Traae).

Bilda i figur 17 viser eit eksempel på eit elveløp som har hatt store problem med massetransport som sedimenterte framfor og tetta ein viktig kulvert under E134 på Notodden. Elveløpet blei bygd om med massebasseng slik bilda viser, og massetransporten skapar no ingen problem for kulverten.



Figur 17 Eksempel på massebaseng framfor kulvert som går under E134 på Notodden (Foto: Eirik Traae).

Problemstilling

Stor massetransport i elvar kor massane fører til heilt eller delvis tetting av stikkrenner. Vatnet kjem då på ville vegar.

Hensikt

Redusere vasshastigheit, avsette sediment og redusere erosjon.

Tiltak

To hovudprinsipp:

1. Enklaste løysinga er å utvide elveløpet til 2-3 gongar naturleg elvebredde utan å endre på naturleg fall langs elvestrekninga. På grunn av utvidinga vil vasshastigheita bli redusert, og ein stor del av lausmassane vil bli liggande i elveløpet. Breiddeutvidinga må være over ei viss strekning for at tiltaket skal fungere.
2. Ein byggjer ein eller fleire tersklar for å redusere hastigheita på vatnet. Skal dette tiltaket fungere må ikkje elveløpet være for bratt.

Kostnad

Det fyrste alternativet er normalt det billigaste og krev minst vedlikehald, kostnaden variera ut frå stad, omfang, materiale, tidspunkt for etablering osv.

Erfaring

Ein har god erfaring med slike tiltak.

Eksempel på kontaktinformasjon:

NVE (Noregs vassdrags- og energidirektorat).

3.1.4 Vegetasjonsskjøtsel

Det er viktig med stell av vegetasjon nært bekke- og elvekantar slik at det ikkje er fare for at store eller døde tre veltar, sjå figur 18. Tre kan sperre den naturlege dreneringa og blottlegge områder for erosjon, spesielt i ein flaumsituasjon. Vatn kan då ta andre vegar og ein risikera omfattande erosjon, lausmasseskred og andre flaumrelaterte problem nedstrøms. Å tynne vegetasjon slik at sollys slepp til på bakken fører også til at ein får betre undervegetasjon som ikkje er so sårbar mot erosjon. Ein av dei største feila som gjerast i forhold til vegetasjonsskjøtsel er fjerning av for mykje vegetasjon. Dette fører til ustabile lausmassar og meir erosjon. Tenk variasjon ved fjerning.



Figur 18 Dårlig stelt kantvegetasjon (Foto: Gran kommune).

Eksempel på vegetasjonsskjøtsel

Hensikt

Hindre tetting i flaumsituasjonar og unngå erosjon og skred.

Tiltak

Tynne og fjerne død vegetasjon.

Kostnad

Ukjent.

Bieffektar

- + Vegetasjon langs elvar og bekkar fungera som reinsefilter for avrenning.
- + Bidrar til biologisk mangfald.
- + God undervegetasjon for minst muleg elveerosjon.

Eksempel på kontaktinformasjon:

NVE (Noregs vassdrags- og energidirektorat): www.nve.no.

Oslo kommune: www.oslo.kommune.no.

Skogbrukets Kursinstitutt: www.skogkurs.no.

3.1.5 Avskjeringsgrøfter

Er det gjort terrenngrep som fører til auka vassføring i bratte områder bør det lagast avskjeringsgrøfter på oversida som kan lede vatnet til naturlege dreneringsvegar, eventuelt til fordrøyningsområder som for eksempel flate myrområder.

Eksempel på avskjeringsgrøft

Problemstilling

Fare for erosjon og utvasking som fører vatn på ville vegar.

Hensikt

Avskjere overflate- og grunnvatn for å unngå å setje dyrka mark under vatn og å vaske ut næringsstoff.

Tiltak

Avskjeringsgrøfta må være djup nok og tilstrekkeleg dimensjonert. Pass på å ha slakke nok sideskråningar (maksimalt typisk 45°) i grøfta slik at ein ikkje får erosjon. Trim kantvegetasjon mellom inn- og utmark.

Kostnad

Ukjent, men 100 kr per m² blir rekna på grensa til dyrt.

Det kan søkjast om tilskot til drenering, opp til 50 % av kostnadane.

Erfaring

Avskjeringsgrøfter blir ofte forsømte. Viktig med god planlegging, spesielt i områder med tettpakka jord (typisk leire), og godt avløp. Unngå at det blir ståande vatn i grøfta. Grov sagflis filtrerar og drenerer effektivt. Ved opa avskjeringsgrøft kan ein få problem med dyretråkk. Ved lukka grøft får ein problem med tetting viss grøfta ikkje blir vedlikehalde jamleg, og dette kan koste dyrt å få opna igjen. Husk å kartlegg lukka drenering.

Bieffektar

- + Auka potensiale for avlingar.
- + Hindrar røter frå skog i å trengje inn på dyrka mark.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Lokalt landbrukskontor.

Norsk Landbruksrådgjeving: www.nlr.no og www.hydroteknikk.no.

Skogbrukets Kursinstitutt: www.skogkurs.no.

3.2 Skogsbil-, traktor-, private- og kommunale vegar

Alle typar vegar (inkludert jernbane) skapar endringar i dei naturlege drensvegane. Då er det viktig å leie vatnet trygt ned i grøfta og via ei stikkrenne under vegen til eit område kor vatnet skal drenere naturleg. Viss ein ikkje passar på dette kan eit flaumproblem gje katastrofale følgjer nedstrøms. Erfaring frå synfaringar i samband med hendingar viser at ein stor del av registrerte skred er forårsaka av skogsbil- og traktorvegar som ikkje blir riktig vedlikehalde.

3.2.1 Avskjeringsgrøfter

Der vegen er grave ut i terrenget med skjering eller på toppen av ei bratt skråning bør det lagast avskjeringsgrøfter i bakkant. Kjem det mykje vatn i ein flaumsituasjon kan vatnet då leiast trygt ned i grøfta og ut i nærmaste bekk.

3.2.2 Tilrettelegging av gode dreneringsgrøfter

Dreneringsgrøfter må være breie og djupe nok til at dei kan handtere både vassmengder og sedimenttransport i ein flaumsituasjon (figur 19). I bratt terreng der grøftene har stor helling må hastigheita på vatnet reduserast for å unngå erosjon. Dette må tilpassast lokale forhold, men kan ofte gjerast enkelt ved å lage små tersklar av større stein med jamne mellomrom.

Eksempel på gode dreneringsgrøfter



Figur 19 Erosjonssikra grøft med terskel og ny stikkrenne med erosjonssikra innløp langs Liagardsvegen på Fåvang i Oppland (Foto venstre: Steinar Myrabø. Foto høgre: Maria Hetland Olsen).

Problemstilling

Tett stikkrenne under Liagardsvegen, Fåvang i Oppdal som førte til at store delar av vegen blei vaska bort under flaum i 2013.

Hensikt

Førebyggjande tiltak mot flaum.

Tiltak

Erosjonssikring av grøft langs Liagardsvegen og ny stikkrenne.

Kostnad

Varierer ut frå stad, omfang, materiale, tidspunkt for etablering osb.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Jernbaneverket, Underbygning & konstruksjonar seksjonen (Sentralbord: 05280).

Midt-Gudbrandsdalen kommunane (Ringebu, Sør-Fron og Nord-Fron).

Statens vegvesen: www.vegvesen.no.

3.2.3 Stikkrenner

Stikkrenner må ha tilstrekkelig dimensjon for å kunne handtere både vassmengder og sedimenttransport i ein flaumsituasjon (figur 20 og 21). På utsette plassar, spesielt med frost- og sedimentasjonsproblem, bør det leggest ein eller to reservestikkrenner over hovudstikkrenna. Desse vil då fungere som ekstra flaumveg.

Både innløp og utløp av stikkrenner må sikrast mot erosjon. Vingemur eller liknande ved innløpet er ei mulegheit, men under og nedstrøms utløpet bør det leggest store steinar. Er det bratt nedstrøms bør ein også lage nokre steintersklar for å dempe hastigheita og energien til vatnet. Ved flatt terreng rett nedstrøms bør ein prøve å senke terrenget noko for å passe på at det ikkje blir oppstuving av vatn og sediment i og ved utløpet. Sediment skal i utgangspunktet transporterast igjennom stikkrenner. Ved bekkeinntak bør ein difor stoppe dei største sedimenta, tre, greiner og liknande eit godt stykke unna stikkrennene - helst 10 meter eller meir oppstrøms. Er ikkje dette praktisk muleg er ei anna løysing å lage ein inntakskonstruksjon med sjølvreinsande rister (figur 22 og 23), sjå NIFS sitt faktaark om «*Sikring mot tiltetting av renner*» (Almenningen, 2014).

Stikkrenner må ikkje leggest i for stor vinkel i forhold til dreneringsretninga. For bekkeløp er det naturleg å leie vatnet rett igjennom utan å lage nokon vinklar, men for grøfteavrenning bør stikkrenner ligge noko på skrå nedover i forhold til vegen. Om stikkrennene blir lagt tilnærma vinkelrett i forhold til grøft er det vanskeleg å leie vatnet gjennom rennene, spesielt i ein kombinasjon med sandfangkum og rister med lita lysopning. Dette kan føre til store problem og skadar på både grøftesystem, veg og nedstrøms i same nedbørsfelt og nabofelt – jfr. *Kvitfjellvegen* i NIFS rapport «*Flom- og skredhendelser i Gudbrandsdalen*» (Olsen et al., 2015).

For å få vatnet til å renne lettare inn i stikkrenner via grøft kan ein legge tersklar i grøftene både før stikkrenneinnløpet og etter utløpet. I tillegg bør ein, om muleg, unngå sandfangkummar som inntak til stikkrenner. Fjern gjerne sandfangkummar som er etablert, og bruk mest muleg opne løysingar. Om sandfang og rist er nødvendig bør desse bytast ut med tette rister med løysingar som har stor nok lysopning til å sleppe igjennom både vatn og fine sediment. Om det er god plass og ikkje grunt til fjell kan sjølvreinsande stikkrenneinntak være ei god løysing. For detaljert skildring av dette tiltaket, sjå NIFS sitt faktaark om «*Selvrensande stikkrenneinntak*» (Kolseth og Austdal, 2014).

Vær spesielt oppmerksom på at avstanden mellom kvar stikkrenne i samband med grøfteavrenning bør være kortare enn normalt ved store tilrenningsareal, bratt terreng eller ved bratte grøfter. Det er også veldig viktig at vatn ikkje blir leia ut i terrenget der det normalt ikkje skal renne. Tenk difor nøye over kor stikkrennene skal plasserast. Stikkrenner må også ha jamleg vedlikehald (reinsk) for å ha god nok kapasitet.



Figur 20 E6 Frya-Sjoa prosjektet i Oppland (Foto: Agathe Alsaker Hopland).
 Venstre: Nye stikkrenner med tersklar og grind for å hindre rask i å tette.
 Høgre: Nye stikkrenner under jernbana. Opphavig drenering (steinkister) til høgre for stikkrennene.

Eksempel på stikkrenne

Sjå «Eksempel på gode dreneringsgrøfter» over.



Figur 21 Ny stikkrenne 2013 under jernbana mellom Sjoa og Otta (Foto: Jernbaneverket).

Eksempel på sjølvreinsande rister



Figur 22 Sjølvreinsande rister på bekk langs jernbana ved Langhelle i Hordaland (Foto: Jeanette Gundersen).



Figur 23 Rista på Langhelle ved høg vassføring. Alt som er for stort til å gå igjennom rista blir skyve over rista og lagt ut til sida (Foto: John Endre Fossmark).

Problemstilling

Tetting av stikkrenner under flaum.

Tiltak

Rist som skal sørge for å reinse vatnet for stort rusk før det går igjennom stikkrenna.

Kostnad

Rimeleg for små bekkar og grøfter.

Kostbart for store elvar.

Erfaring

God. Fungera ved flaum, og treng minimalt med tilsyn. Lett å kome til med maskinelt utstyr for vedlikehald og reinsk. Vanskeleg å etablere i flatt terreng.

Bieffektar

- Barriere for biologisk mangfald.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Jernbaneverket, Underbygning & konstruksjonar seksjonen (Sentralbord: 05280).

NVE (Noregs vassdrags- og energidirektorat): www.nve.no.

Sjå også NVE sitt faktaark «*Sikring mot tiltetting av renner*» (2014): http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2014/faktaark2014_03.pdf (Henta: 11. januar 2016).

Statens vegvesen: www.vegvesen.no.

Statkraft: www.statkraft.no.

3.2.4 Lågpunkt

For små vegar kan ei god løysing være å fjerne stikkrenner og lage lågpunkt som ein kan køyre over. Lågpunkt må være konstruert for å tåle vassmengder som kan kome i ein flaumsituasjon, for eksempel sprengt stein eller sikra med store steinblokker. For enkelte skogsbil- og traktorvegar kan dette alternativet være ei god løysing.

3.2.5 Drenering av vegoverflate

For at vatnet ikkje skal renne over lengre strekningar på overflata av vegar (spesielt grus) å skape erosjonsproblem, bør ein med jamne mellomrom lage lavbrekk i vegen for å leie vatnet ut til sida. Dette kan også være ei god løysing for å unngå at flaum i grøfter med for liten kapasitet vaskar ut vegen over lengre strekningar. Ei enklare og billigare løysing er å legge inn dreneringsrenner (av metall eller tre) på overflata (sjå figur 24), men desse må da vedlikehaldas hyppig.

Eksempel på drenering av vegoverflate



Figur 24 Dreneringsrenner av gamle autovern i skogsveg (Foto: Trude Paulsen).

Hensikt

Drenering av grusveg for å hindre erosjon.

Tiltak

Bruk av gamle autovern for å lage dreneringsrenner.

Kostnad

Låge. Får ein tak i autovern som skal destruerast treng ein berre ei gravemaskin og 2-3 personar.

Erfaring

Generelt gode. Brukar ein autovern i staden for å grave veiter i grusveg unngår ein at dreneringsrennene blir køyrd saman. Til ei viss grad sjølvreinsande viss det renn nok vatn i rennene, men treng jamleg tilsyn gjennom sesongen – spesielt før haust- og vårstormane. Om autoverna blir fylde kan dette føre til at vatn kjem på ville vegar.

Om rennene ligg bratt risikera ein at autoverna sig ut av veggen, og raskt blir fylt med sand og grus kvar gong nokon køyrer over dei. Dreneringsrenner av autovern vil truleg fungere betre i asfaltert veg sidan ein då vil sleppe at rennene blir fylte med grus.

Bieffektar

+ Gjenbruk av autovern.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Norsk skogeigarforbund: www.skog.no.

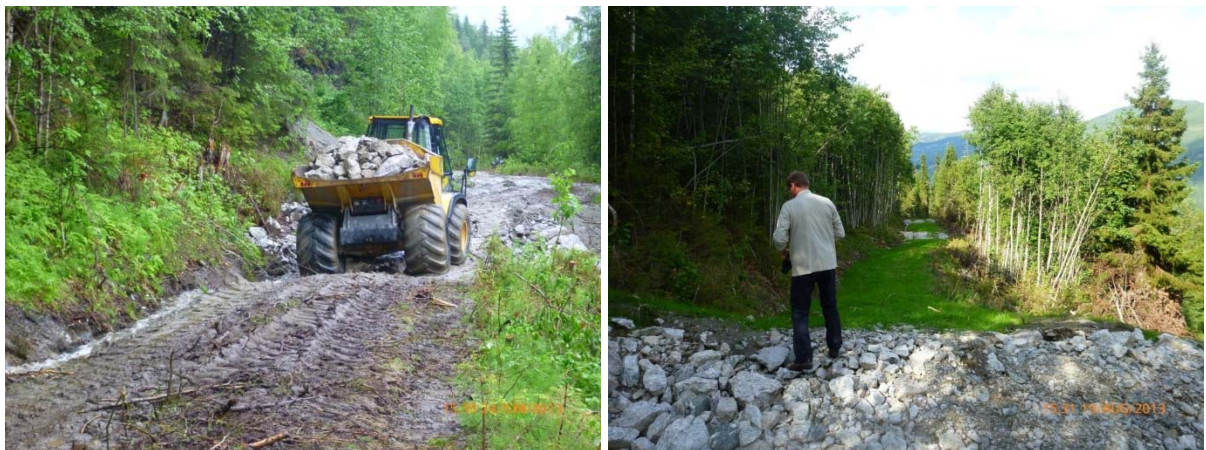
Skogbrukets Kursinstitutt: www.skogkurs.no.

Eksempel på kørbare vad for skogsbilvegar eller traktorvegar

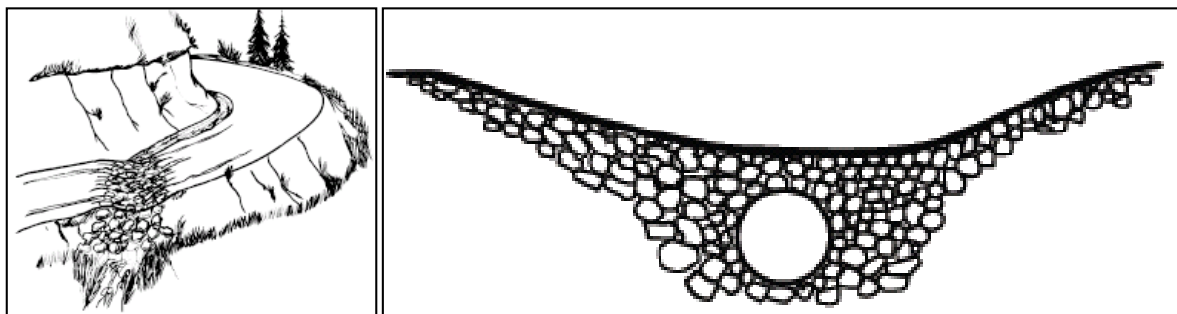
Eit anna eksempel på drenering av vegoverflate er kørbare vad for skogsbilvegar eller traktorvegar kor det er fare for at vatn på ville vegar kan før til stor skade. Bilde 25 og 26 viser tiltak som er utført på traktorvegar i Arnegårdslia i Nes kommune, Hallingdal. Figur 27 viser prinsippskisser frå Skogbrukets kursinstitutt på steinrenne og steinsatt lågpunkt.



Figur 25 Arnegårdslia i Nes kommune, Hallingdal (Foto: NVE).



Figur 26 Arnegårdslia i Nes kommune, Hallingdal (Foto: NVE).



Figur 27 Prinsippskisse steinrenne (venstre) og senka steinsatt lågpunkt over veg (høgre)
(Kjelde: Skogbrukets Kursinstitutt).

Hensikt

Drenering av traktorveger for å hindre at vatn kjem på ville vegar og løyser ut jordskred som kan føre til skadar på busetnad nedstrøms lenger nede i dalen.

Tiltak

Bygging av køyrbare vad. På Arnegårdslia er det bygd med sprengstein. Som figur 25 og 26 viser er det også laga gode grøfter.

Kostnad

Kostnadane er avhengige av tilgangen på sprengt stein. Normalt er dette kostbare løysningar, so det er mest aktuelt der konsekvensane er store viss vatnet kjem ut av kontroll.

Erfaring

Gode erfaringar.

Eksempel på kontaktinformasjon:

NVE (Noregs vassdrags- og energidirektorat): www.nve.no.

3.2.6 Alternative flaumvegar

Der grøfter og stikkrenner kan gå tett bør ein sjekke alternative stadar der flaumvatnet kan renne utan å gjere stor skade. På sårbare plassar bør det planleggast og etablerast ekstra flaumvegar. Eit eksempel kan vær å leie flaumvatn til eit område som kan nyttast som midlertidig fordrøyningsområde, for eksempel ein parkeringsplass eller eit parkareal, eller at ein undergong fungera som eit ekstra flaumløp (figur 28). NIFS har gjennomført prosjekt på alternative flaumvegar i Kloppa og Brandrudsåa i Gudbrandsdalen, jfr. «*Flom- og skredhendelser i Gudbrandsdalen*» (Olsen et al., 2015).

Ein alternativ flaumveg kan også vær å etablere ei eller fleire ekstra stikkrenner gjennom vegen høgare opp i vegfyllinga, men dette er ikkje alltid praktisk mulig. Om ein leiar flaumvatn til ei nærliggande stikkrenne må ein passe på at stikkrenna og området nedstrøms tåler den ekstra vasstilførselen utan at det medfører skadar. Figur 29 viser ein jordvoll og fartshump i Notodden som leiar vatnet over E134 og ut i Grotbekktjønn når kullvertane ikkje greier å ta unna alt vatnet.



Figur 28 Undergong som fungera som alternativ flaumveg på Fåberg, Lillehammer kommune (Kilde: *hest.no*).

Eksempel på alternativ flaumveg



Figur 29 Jordvoll og fartshump ved Høgåskrysset i Notodden som leiar vatnet over E134 og ut i Grotbekktjønn når kullvertane går fulle (Foto: Eirik Traae).

Problemstilling

Når kulvertane i Høgåskrysset, Notodden går fulle renn vatnet langs veggrøfta og ut på E134.

Hensikt

Leie vatn ut i vassdrag i kontrollert form for å unngå flaum.

Tiltak

Jordvoll i veggrøft og fartshump på veg som hindrar vatnet i å flaume ukontrollert. Flaumvatn blir då leia ut i nærmaste vassdrag (Grotbekktjønn) på ein kontrollert måte.

Kostnad

Varierer ut frå stad, omfang, materiale, tidspunkt for etablering osv.

Erfaring

Tiltaket fungera veldig bra. I større flaumsituasjonar vil fartshumpen være for låg og nokre skadar vil måtte påreknaast, men slike tiltak fungera i dei aller fleste tilfelle.

Tilsvarende prinsipp kan brukast i gater med fartshumpar og kantstein for å leie vatnet forbi for eksempel ein innkjørsel.

Eksempel på kontaktinformasjon:

NVE (Noregs vassdrags- og energidirektorat): www.nve.no.

3.2.7 Fordrøyning- og sedimentasjonsdam

I områder som etter menneskelige inngrep får for mykje vatn i forhold til det som var naturleg bør ein prøve å etablere ein eller fleire fordrøyningsdammar (figur 30). Ein skal i utgangspunktet unngå å føre saman fleire bekkar til eit dreneringsløp, men viss det allereie er gjort eller av ulike grunnar må gjerast bør ein etablere fordrøyningsdammar for å unngå problem nedstrøms. Fordrøyningsdammene kan etablerast i bekkeløp, elveløp eller i terrenget ved sidan av, slik at vatnet blir leia dit kunn i ein flaumsituasjon. En slik dam er fint egna å kombinere med ein sedimentasjonsdam i forkant, som eksempelet i Brandrudsåa – sjå figur 31 og 32 (Olsen et al., 2015). Sedimentasjonsdammar må sjekkast jamleg og tømast for sediment ved behov. Dette i motsetning til permeable terskeldammar som skal fyllast opp.

Eksempel på fordrøyningsdam



Figur 30 Fordrøyningsdam langs E136 Romsdalen (Kilde: *Johs. J. Syltern*).

Hensikt

Forsinke flaumtoppar i eit nedbørsfelt.

Kostnad

Ukjent.

Erfaring

Kan etablerast i vassdrag eller i sideterreng. Utviding av elv- eller bekkeløp vil gje vatn betre plass og redusere vasshastigheita. Ved etablering i sideterreng vil dammen kunn fungere i flaumsituasjonar eller når vatnet blir leda dit.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Jernbaneverket, Underbygning & konstruksjonar seksjonen (Sentralbord: 05280).

Oslo kommune: www.oslo.kommune.no.

Statens vegvesen: www.vegvesen.no.

Eksempel på sedimentasjonsbasseng



Figur 31 Sedimentasjonsbasseng langs E6 Frya-Sjoa i Oppland (sidebekk til Brandrudsåa). Bildet viser at bassenget har behov for tøyming (Foto: Agathe Alsaker Hopland).



Figur 32 Sedimentasjonsbasseng langs E6 Frya-Sjoa i Oppland (sidebekk til Brandrudsåa) (Foto: Agathe Alsaker Hopland). Venstre: Sedimentasjonsbassenget er nesten fult. Høyre: Nedstrøms bassenget er to store stikkrenner som leiar vatnet under den komande E6.

Problemstilling

Område med mykje erosjon og høg sedimentasjonstransport.

Hensikt

Samle sediment for å hindre tetting av stikkrenner og lukka dreneringsløp.

Kostnad

Varierer ut frå stad, omfang, materiale, tidspunkt for etablering osv.

Erfaring

Viktig at bassenget ligg plassert med litt avstand til stikkrenne slik at ein ikkje risikera oppstuvning og tett stikkrenne ved fylt basseng (sjå bildet til høgre i figur 32). Eit sedimentasjonsbasseng må tømast jamleg og haldast oppsyn med.

Bieffektar

+ Kan også fungere som flaumdempande tiltak oppstrøms i eit nedbørsfelt.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Jernbaneverket, Underbygning & konstruksjonar seksjonen (Sentralbord: 05280).

Oslo kommune: www.oslo.kommune.no.

Statens vegvesen: www.vegvesen.no.

3.2.8 Dimensjonering

Om det er fare for skade på viktig infrastruktur eller busetnad nedstrøms før vatnet renn ut i eit stort vatn eller vassdrag, må all drenering dimensjonerast for 200 års flaum + ein klimafaktor på 20 %. Dimensjoneringsberekningar må utførast av godkjent fagpersonell, for eksempel ein hydrolog hos NVE eller eit konsulentfirma.

3.3 Bygningar og tette flater

Bygningar og tette flater skapar hurtigare avrenning og større flaumtoppar. Vatnet må difor forsinkast slik at det ikkje hamnar på stadar der det kan skape problem. Det er viktig å gå for opne løysingar og unngå bekkelukking slik at ein har mest muleg kontroll på vatnet og sedimenttransporten. Dette er blant anna sterkt anbefalt av prosjektet *Fremtidens byer* (2008-2014), som var eit samarbeidsprosjekt mellom stat og kommunar for å redusere klimagassutslepp i dei 13 største norske byane i Noreg. Ved nyetablering av bustadområde eller andre tette flater blir det ofte satt krav i reguleringsplanar om at utbyggjar må gjere tiltak for at vassføring ved flaumhendingar ikkje skal auke nedstrøms.

3.3.1 Grøne tak

Grøne tak (figur 33) er eit relativt nytt tiltak i Noreg, men forskingsresultat viser gode fordrøyningssegenskaper og bra flaumdemping frå grønne tak i forhold til avrenning direkte frå tette flater (sjå figur 34). Tiltaket skapar også eit betre inn klima i bustadar på grunn av god isoleringsevne. Fleire tettstadar held på å teste grønne tak med den tørkesterte planten *Sedum*. Sjå faktaark frå *Exflood*¹ «Grønne vegetasjonsdekkende tak for flaumdemping» for meir informasjon (Braskerud og Ødegård, 2014). Sjå også «Grønne vegetasjonsdekkede tak – framtidens urbane tak» (Braskerud, 2013) og «Styrtregn og avrenning fra grønne tak med sedumvegetasjon» (Braskerud, 2014).

¹ Samarbeidsprosjekt (2010-2013) mellom Bioforsk (prosjektleder), Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), NVE, Universitetet i Minnesota, Noregs Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), Trondheim-, Fredrikstad- og Sandnes kommune, Statens vegvesen (SVV) og forskingsbransjen. Prosjektet skulle definere, analysere og implementere tiltak mot ekstremvêr på infrastruktur i eit planleggingsverktøy.

Eksempel på grønne tak



Figur 33 Testtak for måling av naturleg avrenning i Oslo (Foto: Bent C. Braskerud).

Hensikt

Flaumdemping og fordrøyning av avrenning.

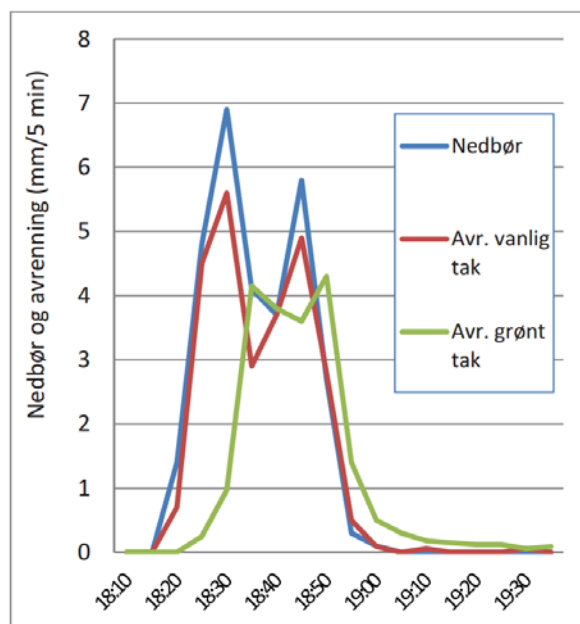
Tiltak

Testtak for måling av naturleg avrenning på garasje blei oppsett i Oslo 2009.

Kostnad

Kostar meir ein takpapp og singel.

Erfaring



Figur 34 Graf som viser at grønne tak gjev flaumdemping (Braskerud og Ødegård, 2014).

Testtaket i Oslo viser at intensiteten på avrenning blir dempa med mellom 25-40 %. Nødvendig med ettersyn og oppfølging for å vedlikehalde taksluk og passe på at vegetasjonen ikkje dør. Meir krevjande å finne skade på taket viss ein får lekkasje.

Bieffektar

- + Reinsar for forureining og svevestøv.
- + Grønare bymiljø.
- + Vegetasjon på tak gir ei kjølande effekt til hus på varme dagar og isolera når det blir kaldt.
- + Dempar støy.
- + Aukar biologisk mangfald.
- + Aukar levetida på tak.
- + Mindre fare for takras fordi vegetasjonen gjev høgare friksjon for snøen.
- Ein risikera at vartelista Sedum-artar blir etablert i norsk natur.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Sjå faktaark frå Exflood «*Grønne vegetasjonsdekkede tak for flaumdemping*» (Braskerud og Ødegård, 2014).

Grøne tak blir også forska vidare på i *Klima 2050*.

3.3.2 Fråkopling av takrenner, og kontrollert infiltrasjon og avrenning i terrenget

Unngå å kople takrenner til overvassnettet eller direkte ut i nærmaste grøft viss det fins mulegheit for å infiltrere vatnet i eigen hage eller i naturen (sjå figur 35). Ein må ikkje leie vatnet til stadar der det renn hurtig vidare og skapar erosjon eller problem med vatn på ville vegar. Ei god løysing er å leie vatnet ut i eit regnbed (sjå eksempel under).

Eksempel på fråkopling av takrenner



Figur 35 Fråkopla takrenne der vatnet går ut på plena i staden for i avløpsnettet (Braskerud og Skallebakke, 2013)

Hensikt

Unngå overbelastning på avløpsnettet ved ekstreme nedbørmengder.

Kostnad

Rimeleg.

Erfaring

Robust system som ikkje går tett og som gjer oversikt over kor vatnet tek vegen i terrenget. Kan utnyttast som vasskjelde til hagen. Pass på å undersøke om terrenget har infiltrasjonsevne til å ta i mot vatnet, og om vatnet skapar problem for nabo. Vatnet kan erodere viss har utløp i hellande terreng.

Bieffektar

- + Ein redusera energiforbruket av å pumpe avløpsvatn til reinseanlegga.
- + Auka reinsegrad hos reinseanlegga på grunn av meir konsentrert avløpsvatn.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Sjå faktaark frå *Exflood* «*Frakobling av takrenner fra kommunalt nett*»:

<http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/107637/Taknedl%C3%B8p.pdf> (Henta: 17.02.2016).

3.3.3 Infiltrasjonsflater

Overflater som parkeringsplassar og steinbelagde overflater behøver ikkje å være tette. Permeabel asfalt er blitt testa ut i Sverige. I Norge blir det mest fokusert på kunstig etablerte infiltrasjonsflater som permeabel belegningsstein (figur 36) o.l., med eit stort magasin for vasslagring og fordøying under overflata laga av grov pukk og stein der det er behov.

Eksempel på permeabel belegningsstein

Figur 36 Eksempel på permeabelt dekke av belegningsstein (Kjelde: Lintho Steinmiljø).

Problemstilling

Meir nedbør med hyppigare intensitet. Avgrensa kapasitet på avløpssystem.

Hensikt

Minste skadar på bygningar og infrastruktur.

Kostnad

Frå 150 kr/m² og oppover.

Erfaring

Normalt dyrare ein asfalt, men er lønnsamt i lengda med tanke på robustheit. Ved ekstreme nedbørsmengder vil ikkje dekke med belegningssteinen greie å ta unna vassmengdene, og ein må difor tenke på korleis ein skal leie dette vatnet trygt fram ved planlegging. Vanleg å skifte fugematerialet mellom kvart 5. til 10. år (på grunn av opptak av forureining).

Bieffektar

+ Fugematerialet syg opp forureining.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Noregs Teknisk-Naturvitskaplege Universitet (NTNU): www.ntnu.no.

Norsk belegningsstein: www.belegningsstein.info.

Sintef: www.sintef.no.

Statens vegvesen: www.vegvesen.no.

Byggutengrenser har utarbeida ein vegleiar for bruk av permeable dekker: <http://www.byggutengrenser.no/filer/nedlasting/Kort%20veiledning%20permeabel%20belegning%20-%20oktober%202013.pdf>.

3.4 Hage og grøntområde

Dette er dei områda kor kommunen og folk flest har størst potensiale til å gjennomføre fleire tiltak.

3.4.1 Behalde grønne flater, revegetering og fjerne tette flater

Det er viktig å behalde og tilbakeføre grønne flater som kan infiltrere vatn. Vegetasjon syg opp mykje vatn gjennom året, og kan redusere flaumtoppar via fordrøyning og forbruk. Dette redusera også faren for erosjon og vatn på ville vegar nedstrøms.

3.4.2 Vegetasjonssonar

Vegetasjonssonar kan bestå av gras, busker eller trær, og redusera hastigheita på overflateavrenning. Rotsystema til spesielt trær og busker bidrar til armering av overflaten. Derfor er det svært viktig å ha ein vegetasjonssone langs bekkekantane (figur 37), både for å bremse vasshastigheit men og for å hindre erosjon. Vegetasjonssonar er også godt eigna i dreneringsvegane der det er overflateavrenning i flaumsituasjonar, f.eks. i graskledde vassvegar.



Figur 37 Eksempel på vegetasjonssone langs bekk (Kjelde: klimakommune.no).

3.4.3 Regnbed og infiltrasjonsbasseng

Dette er kunstige tiltak for lokal håndtering av overvattn som f.eks. takvann. Anlegga er vegeterte forseinkingar i terrenget der mykje vatn kan lagrast på overflata og infiltrere i grunnen. Overløp drenera vatnet trygt vidare, f.eks. langs ein grasdekt vassveg. Gjennom fordrøyning og reduksjon av avrenning kan ein hindre for skadar nedstrøms. Sjå figur 38-40 for eksempel frå Risvollan i Trondheim.

Eksempel på regnbed



Figur 38 Regnbed på Risvollan, Trondheim (Foto: Arvid Ekle).



Figur 39 Regnbed på Risvollan, Trondheim ved nedbør (Ekle, 2011).



Figur 40 Venstre: Regnbed på Risvollan, Trondheim ved nedbør. Høgre: 15 timar etter nedbøren (Ekle, 2011).

Hensikt

Regnbedet på Risvollan blei etablert som eit forskingsprosjekt. Regnbed er lite utprøvd i norsk klima.

Tiltak

Dimensjonert for å handtere 20 mm nedbør. Areal regnbed er 5-7 % av nedbørsfelt, der rundt 500 m² er asfalterte flater og ca. 1500 m² er grønne, delvis permeable flater. Ved tette jordmassar aukar kostnadane fordi regnbedet må drenerast.

Kostnad

Varierer ut frå stad, omfang, materiale, tidspunkt for etablering osv.

Erfaring

Gode erfaringar frå USA og 4 norske testanlegg. God evne til å redusere flaumtoppar. Enkelt å ettermontere i nedbørsfelt med utfordrande overvatn. Krev vedlikehald.

Bieffektar

- + Etterfyller grunnvatn.
- + Kan reinse forureina overvatn.
- + Aukar det biologiske mangfaldet.

Eksempel på kontaktinformasjon:

- NVE rapport 3/2013 «Anlegging av regnbed» (Braskerud, Paus og Ekle, 2013).
- Faktaark frå *Exflood* «Regnbed» (Braskerud og Paus, 2013).
- «Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold» (Paus og Braskerud, 2013).
- «Målt og modellert hydrologisk ytelse til regnbed i Trondheim» (Dalen et al., 2012).
- «Hydrologisk testing av regnbed for bruk som LOD²-tiltak i småhusbebyggelse» (Braskerud et al., 2012).

3.4.4 Graskledde vassvegar

Graskledde vassvegar (figur 41) er eit godt tiltak for open handtering av overvatn som også kan koplust til ulike andre tiltak som f.eks. takvatn, regnbed og fordrøyningsdammar. Ein oppnår da langsam og trygg transport av vatnet, som redusera flaumtoppar og gjev mulegheit for infiltrasjon undervegs.

Eksempel på graskledd vassvegar



Figur 41 Eksempel på graskledd vassveg frå Urridaholt på Island (Foto: Tore Leland).

Hensikt

Open handtering av overvatn og reduksjon av flaumtoppar.

Kostnad

Varierer ut frå stad, omfang, materiale, tidspunkt for etablering osv.

Erfaring

Populært tiltak i England, USA, Danmark, Sverige og Tyskland, men manglar erfaring frå norsk klima. Kan erstatte leidningssystem for overvatn og fange opp avrenning frå eigedommar og infrastruktur. Enkelt vedlikehald og passar godt langs vegar. Vanskeleg å etablere i bratt terreng. Kan få erosjonsproblem.

² Lokal OvervannsDisponering.

Bieffektar

- + Kan brukast som deponi for snø.
- + Aukar trafikksikkerheita langs vegar.

Eksempel på kontaktinformasjon:

Tore Leland si masteroppgåve «Gresskleddde vannveger i norsk klima»: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:648643/FULLTEXT01.pdf>.

Faktaark frå *Exflood* «Gresskleddde vannveier kan håndtere store vannmengder» (Leland, 2013).

3.4.5 Fordrøyningsdammar og flaumdammar

Fordrøyningsdammar (sjå Ingstadbekken figur 42-44) og flaumdammar magasinere og dryer regnvatn. Ein slik dam kan ha stor effekt på flaumdemping, avhengig av storleiken på magasinet i forhold til arealet oppstrøms. Dammen bør kombinerast med ulike typar vegetasjon både i kanten og oppi dammen slik at anlegget også bidrar til auka fordamping. Ein slik dam bidrar også til biologisk mangfald, og kan bli eit estetisk element i landskapet. Ved mykje massetransport er det anbefalt å legge ein mindre sedimentasjonsdam i forkant.

Eksempel på fordrøyningsdam



Figur 42 Ingstadbekken i Stjørdal kommune, Nord-Trøndelag (Foto: Maria Hetland Olsen).



Figur 43 Venstre: Undergang under Meråkerbanen før omlegging av Ingstadbekken (Foto: Kristin Skei).
Høyre: Ingstadbekken etter omlegging (Foto: Agathe Alsaker Hopland).



Figur 44 Venstre: Ingstadbekken sitt utløp til Stjørdalselva (Foto begge: Agathe Alsaker Hopland).
Høyre: Overbelasta stikkrenne under Meråkerbanen (Foto: Kristin Skei).

Problemstilling

Overbelastning av stikkrenne (høyre figur 44) under Meråkerbanen. Utgliding av fundament.

Hensikt

Sikre gytevatn for sjørret (unngå uttørking), hindre erosjon og utgraving, fordrye flaum og unngå overbelastning av stikkrenne.

Tiltak

Omlegging av bekk.

Kostnad

400 000 kr.

På grunn av feil kalkulering av storleiken på nedslagsfeltet som førte til brest i ytterkant av bekkeløpet og at membranen i botnen av fordrøyningsdammen måtte reparerast, blei dette tiltaket 250 000 kr dyrare ein planlagt. Total kostnad på 650 000 kr.

Erfaring

Større nedslagsfelt ein antatt skapte problem med tilrettelegging av gytedam.

Bieffektar

+ Stikkrenne erstatta av stor undergong (figur 43) som kan brukast til laksefiske i Stjørdalselva.

- Vanskeleg for fisk å symje oppover i bekken for å gyte på grunn av uttørka utløp (venstre figur 44).

Eksempel på kontaktinformasjon:

Jernbaneverket, Infrastrukturprosjekter (Sentralbord: 05280).

3.4.6 Sedimentasjonsdammar

Ein sedimentasjonsdam er ein dam som held tilbake erosjonsmateriale og sediment. Dammen er svært viktig for å unngå tetting av konstruksjonar som stikkrenner, eller oppfylling av fordrøyningsdammar, bekke- og elveløp o.l. nedstrøms. Å utruste utløpet på dammen med grovt gitter e.l. for å halde tilbake kvist, greiner, trær og rask kan være viktig i enkelte tilfelle. Sedimentasjonsdammar må leggest til stadar der det er lett å kome til for å tømme, slik at dammen blir lett å drifte og vedlikehalde. Dette er heilt avgjerande viss sedimentasjonsdammane skal fungere over lengre tid.

3.4.7 Flaumareal

Eit flaumareal kan være parkareal, idrettsplassar, lekeareal o.l. som kan tåle å stå under vatn i kortare periodar (nokre timar) når det kjem store nedbørmengder over kort tid. Arealet vil då fungere som ein fordrøyningsdam i snitt ein gong i året eller sjeldnare.

3.4.8 Konstruerte våtmarker

Dette er kunstige dammar med våtmarksvegetasjon. Våtmarkene held både tilbake partiklar og dempar flaumtoppar. I tillegg er dei veldig godt eigna for reinsing av vatn, og blir ofte brukt til dette i samband med jordbruk og infrastruktur.

3.4.9 Flaumvegar

Vatn finn som regel nye vegar å renne i flaumsituasjonar når den vanlige dreneringsvegen blir full eller tett. Det er viktig å få oversikt over alternative flaumvegar, og planlegge slik at vatnet kan drenere trygt til andre stadar utan at vatnet kjem på ville vegar og føre til store skadar. Flaumvatn kan leiast i naturlige forseinkingar eller kunstige dreinsvegar som er erosjonssikra med f.eks. et robust vegetasjonsdekke.

3.4.10 Opning av bekkeløp

Mange bekkar renn lukka i rør, og ofte då i rette løp. Dette kan føre til større flaumtoppar og fare for tetting på grunn av kapasitetsproblem i røyra med tanke på vassmengder og oppfylling av sediment og rask. Ved å opne lukka bekkeløp får ein betre drying av vatnet, og ein får meir kontroll på vassmengder og sedimenttransport. Opninga fører også til betre reinseeffekt og større biologisk mangfald.

Eksempel på opning av bekkeløp



Figur 45 Damsgårdselven i Håsteinarparken, Bergen (Foto: Svein Petter Kveim).

Problemstilling

Damsgårdselven i Bergen (figur 45 og 46), renn mellom Melkeplassen og Kirkebukten i Håsteinarparken, blei lukka i 1940 på grunn av utbygging. Det blei sloppe avløpsvatn og overvatn til Kirkebukten via Damsgårdselven fram mot 1998. Då blei det bygd reinseanlegg. Damsgårdselven har også enorme svingingar i vassmengd.

Hensikt

Fornyng av avløpsnett, skape bademulegheit i Kirkebukten og betre flaumhandtering.

Tiltak

I juni 2014 blei 100 meter av Damsgårdselven opna igjen etter omfattande sanering. Den delen av Damsgårdselven som framleis litt i rør har fått auka kapasitet frå 6000 til 10 000 L/s. Om ein 100-års flaum gjev høgare vassføring ein 10 000 L/s er terrenget forma for å takle dette. Gammal kanal er bevart som flaumveg sidan den opna delen av elva kan ha ei vassføring på inntil 300L/s. Damsgårdselven skal etter planen opnast heilt fram til Kirkebukten. For å hindre senking av grunnvatn i området rundt er anlegget støypt heilt tett med betong og duk.

Erfaring

Samarbeid mellom ulike etatar er lønnsamt for å få til gode ordningar.

Bieffektar

- + Vasskvaliteten i Kirkebukten er akseptabel.
- + Bekken er ei flott utsmykking i Håsteinarparken.
- + Auka biologisk mangfald.

Eksempel på kontaktinformasjon:

VA-etaten i Bergen kommune: www.bergen.kommune.no.

Meir om prosjektet:

<https://www.bergen.kommune.no/omkommunen/avdelinger/gronn-etat/9281/9604/article-120489#> (Henta: 01.12.2015).

Kommunalteknikk nr. 8 2014 (Kveim, 2014).



Figur 46 Illustrasjon av planane for opa drenering (Kveim, 2014).

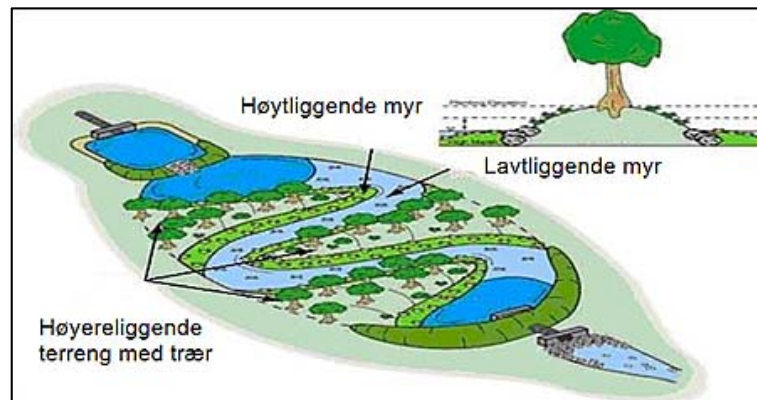
3.5 Jordbruk

I jordbruksområder er mange av tiltaka viktige for å unngå tap av matjord og reinsing av bl.a. fosfor og nitrogen. For å hindre problem nedstrøms er det viktig å fordrye vatn, redusere erosjon og hindre sedimenttransport.

3.5.1 Konstruerte våtmarker og fangdammar

Konstruerte våtmarker (figur 47) og fangdammar er spesielt egna i lågpunkt på jordbruksområder kor det ofte er vassjuk jord. Konstruksjonen bør fortrinnsvis leggast nedst på jordet kor vatn og sediment kan samlast før det drenera ut i nærmaste vassdrag. Veldig mange menneske opplev ope vatn som positivt, og konstruerte våtmarker bidrar til eit finare kulturlandskap som er rikt på plantar og dyr. Men også sjølve reinseffekten og tilbakehalding av matjord er viktig. Når ein tømmer konstruksjonen kan ein bruke sedimenta på nytt som matjord.

Gjennom ordninga *Spesielle Miljøtiltak i Jordbruket (SMIL)*, som blir forvalta av Statens Landbruksforvaltning (SLF), har landbrukssektoren gitt tilskot på over 42 millionar kroner til 550 fangdammar dei siste ti åra. Viss ein ser tilbake til 1994, da landbrukssektoren starta med å gje støtte til fangdammar, er over 1000 stykk blitt opna i Noreg.



Figur 47 Planskisse kunstig våtmark (Muthanna, Hiligers og Liltved, 2011).

3.5.2 Opning av bekkeløp

Spesielt i jordbrukslandskapet er lukka bekkeløp ei stor utfordring. Her er det ofte mange gamle og dårlege bekkelukkingar med kapasitetsproblem, som treng fornying og vedlikehald. Norsk Institutt for Bioøkonomi (NIBIO) har laga ein rapport som er berekna på planleggarar og bønder som vurderer å opne gamle bekkeløp i staden for å fornye eksisterande lukka anlegg: «*Gjenåpning av bekkelukkingar*» (Haugen et al., 2006).

3.5.3 Graskledde avskjeringsgrøfter

I bratt terreng der det også ofte blir pløgd på tvers av høgdekoter, er det stor fare for overflateerosjon og utvasking av matjord samtidig som overflatevatn blir transportert hurtig nedover skråninga. Med avskjeringsgrøfter får ein stoppa avrenning og dempa hastigheita på overvatn slik at erosjon, sedimenttransport og jordtap blir redusert drastisk. Avskjeringsgrøfter kan også være opne i kanten av jordet for å hindre sig i grunnen og slik at overflatevatn ikkje skal renne inn på dyrka mark.

3.5.4 Vegetasjonssoner

Ein vegetasjonssone er overgangssonen mellom dyrka mark og eit vassdrag. Vegetasjonssonen fungera som eit effektivt filter for jordpartiklar, næringsstoff og partikkelbundne plantevernemiddel i avrenning frå jordbruksareal, spesielt på oversida av skjeringar og mot bekkar. Det er hensiktsmessig å etablere vegetasjonssoner i områder med fare for overflateavrenning frå landbruksareal eller på lokalitetar der grøftevatn kan blir leda inn i vegetasjonssonen då vegetasjonssonene reduserer hastigheita på overflateavrenning. Jordpartiklar og jordaggregat med bundne næringsstoff blir sedimentert i sonen, bundne til jord og plantedelar eller blir suga opp i vegetasjonen.

3.5.5 Vollar

Der det er fare for at overflatevatn frå jorder drenerer direkte ut i bekkar og skjeringar, spesielt for infrastruktur, bør det lagast jordvollar som hinder. Ein får då betre kontroll på overflatevatnet, og hindrar massetransport og jordtap ut i nærmaste bekk eller drensgrøft kor det kan bli store problem. Ein unngår også erosjon og utvasking av skråningar med tanke på fare for skred eller utglidingar.

3.5.6 Kontroll på grøfte- og overflateavrenning

Ein bør samle både grøfte- og overflateavrenning, og leie vatn kontrollert til stadar der det ikkje skapar problem nedstrøms. Spesielt der dei ender ut i eller mot skråningar. Sediment og matjord bør takast hand om i f.eks. ein sedimentasjonsdam før vatnet får renne vidare. Grøfteavrenning kan transportere like mykje jordpartiklar og næringsstoff vekk frå jordet som overflateavrenning kan, so for å hindre tap av matjord og næringsstoff er det viktig å ha kontroll på avrenning.

4 Større vegar og jernbane

I infrastruktur kan ein nytte mange av dei same tiltaka som er nemnt ovanfor, gjerne i samarbeid med problemeigar oppstrøms, for å unngå problem med vatn og sedimenttransport. For eksempel avskjeringsgrøfter, tilrettelegging av gode dreneringsgrøfter, alternative flaumvegar, tersklar for å dempe hastigheit og energi, sedimentasjonstiltak, fordrøyning, betre inntaksløysningar frå grøfteavrenning og bekkar, store nok stikkrenner og gode utløpsordningar. Eit prinsipp som er veldig viktig i samband med infrastruktur er at ein bør tenke ekstra nøye på kva tiltak som handterer sediment og sedimenttransport. Ein bør spesielt sørgje for å unngå avsetning av sediment i eller rett framfor ei stikkrenne. Sedimenthandtering bør gjerast eit godt stykke oppstrøms stikkrenna med tanke på store steinar, trær, busker og andre store gjenstandar som kan tette renna nedstrøms. Det beste er ofte å sørgje for at dei finaste sedimenta blir transportert igjennom stikkrenna viss det er mulig, og at sedimenta ikkje skapar store problem nedstrøms. Då er det viktig med riktige inntakskonstruksjonar som aukar farten gjennom stikkrenna, samt god helling både rett i forkant ved innløpet og i sjølve renna. Det er også ekstremt viktig å sikre mot erosjon nedstrøms.

5 Generelt for alle inngrep

Unngå bekkelukkingar når det er mulig, og ha mest mulig opne dreneringsløysingar slik at ein har kontroll på vatn og sediment som kan tette. Ved inngrep og tiltak i nedbørfelt må ein sørgje for ikkje å skape auka sedimenttransport som kan auke flaumtoppar nedstrøms. Når det gjeld stikkrenner må ein sørgje for tilstrekkeleg dimensjonering og godt vedlikehald for å handtere større flaumar (minimum 200 års flaum) slik at vatnet ikkje kjem på ville vegar og fører til erosjon og utvasking på eigen eigedom eller nedstrøms.

For fleire eksempel på handtering av overvatn sjå for eksempel «*Dokumentasjon og rapportering av åpne overvannshåndteringsløsninger i Oslo*» (Kihle og Strauman, 2013).

6 Vedlikehald

Alle tiltak treng relativt hyppig ettersyn for å fungere tilfredsstillande i ein flaumsituasjon. Det å satse kunn på ettersyn, vedlikehald og reinsk rett før ein flaum er ikkje bra nok med tanke på at intense nedbørepisodar er vanskelege å varsle og å ha god nok beredskap for. Derfor bør alt være i orden før det kjem ein stor flaum eller ein beredskapssituasjon. Hendingar i dei små sidevassdraga og dalsidene skjer så raskt at det ofte er over i løpet av noen få timar, av og til før det har gått ein time. Då er det lite ein kan gjer før flaumen har nådd flaumtopp. Grunneigar er pliktig å prøve og avverje eller avgrense omfanget av skadar når ein flaum er eit faktum. Dette gjeld både eigen eigedom og nedstrøms.

6.1 Rister

Rister bør alltid være heilt reine og opne, og må difor inspiserast og reingjerast hyppig. Rutinemessige inspeksjonar bør gjennomførast ein gong i månaden, samt i forkant av ein flaum (når det kjem flaumvarsel) og rett etter flaum. Det er ofte vanskeleg og farleg å gjere tiltak under ein pågåande flaum utan at ein har ein maskin som kan utføre reinsk framfor og eventuelt fjerning av rista. Unntaket er ved bruk av sjølvreinsande rister. Då er det lettare og tryggare å reinske rista for dei største tinga, samt at rista ikkje har så lett for å gå tett.

6.2 Sedimentasjonsdammar

I sedimentasjonsdammar skal sedimenta avsettast over tid, og dammane skal tømmast i god tid før dei blir fulle. Inspeksjon bør gjerast relativt hyppig, avhengig av størrelsen på dam i forhold til sedimenttransport. Det må lagast ein plan for kvar dam ut frå erfaring, både med tanke på inspeksjon og tøyming. I starten kan rutinemessige inspeksjonar gjennomførast ein gong i månaden. I tillegg må dammane inspiserast i forkant av ein flaum (når det kjem flaumvarsel) og rett i etterkant av flaum.

6.3 Grøfter

Grøfter bør alltid være opne og utan alt for mykje sediment og gjengroing. Viss grøftene ikkje fungera i ein flaumsituasjon får ein ofte vatn på ville vegar, erosjon, utvasking av infrastruktur og andre problem og skadar nedstrøms. Grøfter må difor inspiserast og reinskast hyppig. Oppstår det erosjon i grøfta må det gjerast tiltak som motverkar dette, kanskje tersklar eller store steinar for energidreping. Rutineinspeksjon bør gjerast ein gong i månaden, samt i forkant av ein flaum (når det kjem flaumvarsel) og rett i etterkant av flaum.

6.4 Stikkrenner og lukka drenering

Stikkrenner og lukka drenering er svært sårbare områder som bør være heilt fri for sediment og i god stand for å kunne ha god nok kapasitet for både vatn og sediment. Bør difor inspiserast og reingjerast hyppig. Rutineinspeksjon bør gjerast ein gong i månaden, samt i forkant av ein flaum (når det kjem flaumvarsel) og rett i etterkant av flaum. Rengjering og reparasjon utførast so raskt som mulig, gjerne på inspeksjonsrunda, slik at vedlikehaldet blir enkelt å gjennomføre utan omfattande planlegging og bruk av maskinelt utstyr. Det er viktig å ikkje utsette reingjering og reparasjon då dette kan bli svært kostbart viss det i mellomtida oppstår ein flaumsituasjon.

7 Konklusjon

Det har vore uvanleg mykje flaum i Noreg sidan 2010, og dei siste 35 åra har det vore ei tydeleg auke i hydrologiske hendingar på verdsbasis. Med spådde framtidige klimaendringar som vil føre til meir ekstremvêr og meir intens nedbør lokalt, vil det være meir samfunnsøkonomisk å gjere førebyggjande tiltak der det er gjort menneskelige terrenginngrep. Flaum og vassrelaterte skred påfører samfunnet store økonomiske kostnader kvart år, og kommunane må tilpasse den norske arealbruken til klimaendringane.

Det er viktig å bevare dei naturlege dreneringsvegane so godt som råd når ein gjer menneskelege inngrep og arealbruksendringar då naturlege og urørte områder sjeldan eller aldri får skadar eller store problem ved flaum. Ekstremnedbør vil kome oftare, og samfunnet treng ressursar og kunnskap for å handtere dette. På grunn av folkevekst, meir infrastruktur og mangel på vassfagleg kompetanse både statlig, kommunalt og privat er dagens samfunn på veg å utvikle ei veldig sårbarheit når det kjem til å handtere store nedbørsmengder over korte tidsrom. Grunneigarar står sjølv ansvarlege for å sikre eigen eigedom mot naturskade (dette inkluderer også følgjeskadar på naboen sin grunn), og det er veldig viktig å sjå på heile nedbørfelt når ein skal finne årsaka til flaumskader. Ofte er det enklaste og billigaste å gjere tiltak øvst i nedbørsfelt, som ofte er der problema startar.

Reinsk og vedlikehald av dreneringsvegar er ekstremt viktig for å redusere skadeomfanget under flaum, og forhindre at vatn kjem på ville vegar. Samfunnsøkonomiske analysar har vist at det er stor lønnsamheit i førebyggjande tiltak. NIFS-prosjektet har erfart at med korrekt kunnskap og godt samarbeid kan ein få til gode førebyggjande tiltak mot naturfare. Det er viktig at etatar som kan få problem innanfor same område samarbeider, slik at ein ikkje påfører kvarandre problem alt etter kven som ligg oppstrøms og nedstrøms. Samarbeidet må starte no, slik at samfunnet kan greie å handtere framtidige klimautfordringar.

Det har generelt vore vanskeleg å få tak i gode data frå hendingar, noko som har ført til at NIFS anbefala at det blir utarbeida ei felles database kor etatar, kommunar og grunneigarar kan legge inn informasjon om blant anna skadepunkt, tiltak og kostnader på naturfarehendingar. For å få samla inn meir eksempel til denne rapporten burde det vore brukt meir tid og ressursar på å samle inn data manuelt via intervju.

8 Kva kan eg gjere?

Dette bør alle gjer på eigen grunn:

- Halde bekkeløp og bekkekant ryddig og fritt for avfall og fyllmasse. Hageavfall kan leverast gratis til miljøstasjonane.
- Ikkje fjerne naturleg vegetasjon frå skråningar mot bekkeløp, men heller enkelttre som står slik at dei kan bli dradd med av neste flaum.
- Ikkje bygge eller sett opp installasjonar i bekkekanten, og eller ikkje fyll jord, stein eller anna masse i bekkeløp eller skråning mot bekk.
- Vurder nøye om det som blir plassert i nærleiken av bekk eller elv kan bli tatt av vassmassar ved flaum.

Varsom.no (www.varsom.no) er ei nettside som er levert av NVE, MET, SVV og JBV. Her blir det varsla om naturfarar i Noreg, blant anna flaum, basert på geografisk plassering, og nettsida blir oppdatert dagleg. Ved spørsmål om varsom.no kan NVE kontaktast (sjå kontaktinfo under).

Norsk klimaservicesenter (<https://klimaservicesenter.no/>) er også ein fin plass å leite etter informasjon på. Senteret legg ut klima- og hydrologiske data som er meint å kunne brukast som slutningsgrunnlag for klimatilpassing i Noreg.

Hald deg elles oppdatert om vêret på for eksempel www.yr.no.

8.1 Kontaktinfo vassfagleg kompetanse

Jernbaneverket (JBV)

For å informere Jernbaneverket om forhold langs jernbane, ring sentralbord/vakttelefon på **05280**. Jernbaneverket har også hydrologar og folk med vassfagleg kompetanse som kan svare på spørsmål. E-postadressa til kundesenteret er kundesenter@jbv.no.

Kommunar

Meld frå til gjeldande kommune om stadar som kan utgjere fare for oppnemning eller utgraving. Dei fleste kommunar har folk med vassfagleg kompetanse som kan svare på spørsmål, gjerne på teknisk avdeling.

Meteorologisk institutt (MET)

Meteorologisk institutt kan svare på spørsmål om nedbør og vêr. Ring sentralbordet på **22 96 30 00** for å kome i kontakt med vakthavande meteorolog, eller send e-post til post@met.no.

Norsk institutt for vassforskning (NIVA)

NIVA driv med forskning, overvaking, utredning, problemløysing og rådgjeving innanfor vassfaglege områder, og har hydrologar og folk med vassfagleg kompetanse som kan svare på spørsmål. Ring sentralbordet på **02348** eller send e-post til niva@niva.no.

Noregs vassdrags- og energidirektorat (NVE)

NVE er flaumrådgjevar for kommune, politi og fylkesmann. For å informere NVE om vassfarlege forhold, ring deira beredskapstelefon på **22 95 93 60/90 99 22 31**. NVE har også hydrologar og folk med vassfagleg kompetanse som kan svare på spørsmål. Telefon og e-post til sentralbordet er **09575**, nve@nve.no.

Statens vegvesen (SVV)

For å informere Statens vegvesen som trafikkfarlege forhold, ring Vegtrafikksentralen på **175**. Statens vegvesen har også hydrologar og folk med vassfagleg kompetanse som kan svare på spørsmål. Telefon sentralbord er **02030**.

9 Vidare arbeid

Det har vore liten respons på etterspurnad etter eksempel på dreneringstiltak, og innsamlinga av gode og dårlege eksempel burde absolutt jobbast vidare med. Det er viktig og ein stor samfunnsgevinst i å samle inn og dele ulike erfaringar som folk og etatar sitt på når det gjeld dreneringstiltak som fungera og ikkje. Denne rapporten er ein liten start på eit slikt arbeid, men på grunn av vanskeleg tilgjengeleg data er dette ein tidkrevjande prosess som krev at ein reiser rundt og samlar inn informasjon frå kloke hovud, skuffer og skap. Dårlege tiltak har også ein tendens til å ikkje bli dokumentert.

Kunnskap om dreneringstiltak og handtering av store nedbørmengder bør det også fokuserast på å få spreidd kunnskap om blant studentar og ufaglærde.

10 Takk til

Arvid Ekle
Bent Christen Braskerud, Oslo kommune
Christian Kierulf
Gran kommune
Jeanette Gundersen
Jens Magne Hopland
John Endre Fossmark
Kristian Lauritzen, Jernbaneverket
Kristin Skei, Jernbaneverket
Maria Hetland Olsen, Jernbaneverket
Martin Opdal, Bergen kommune
Noregs vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Notodden kommune
Odd Tore Saugerud
Ole Erik Almenningen, Jernbaneverket
Statens vegvesen
Svein Petter Kveim
Sverre Ørslund, Lund kommune
Tharan Fergus, Oslo kommune
Tore Leland
Trude Paulsen
Vegard Hagerup, Sør-Trøndelag fylkeskommune

for bileter, tips og informasjon brukt i rapporten.

11 Referansar

- Almenningen, O.E. (2014) *Sikring mot tiltetting av renner*. Versjon 1,0. Noregs- vassdrags- og energidirektorat. Tilgjengeleg frå: http://www.naturfare.no/_attachment/678804/binary/980562 (Henta 23. november 2015).
- Braskerud, B.C. (2010) *Risvollan borettslag har fått regnbed*. Regjeringen, Framtidens byer. Tilgjengeleg frå: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens_byer/trondheim/regnbedinfo.pdf (Henta 24. november 2015).
- Braskerud, B.C., Kihlgren, K.S., Saksæther, V. og Bjerkholt, J.T. (2012) 'Hydrologisk testing av regnbed for bruk som LOD-tiltak i småhusbebyggelse', *Vann*, volum 4, side 490-503. Tilgjengeleg frå: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/107746/Regnbed_NB21-L34b-H8_Vann4-2012.pdf (Henta 27. november 2015).
- Braskerud, B.C. (2013) 'Grønne vegetasjonsdekkede tak – framtidens urbane tak', *Vann*, volum 3, side 426-432. Tilgjengeleg frå: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/107744/Gr%C3%B8nne%20tak%20konferanse%20i%20Hamburg_Vann3-2013.pdf (Henta 27. november 2015).
- Braskerud, B.C. og Paus, K.H. (2013) *Regnbed*. Versjon 1,0. Exflood. Tilgjengeleg frå: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/103300/Regnbed_mai13.pdf (Henta 27. november 2015).
- Braskerud, B.C, Paus, K.H. og Ekle, A. (2013) *Anlegging av regnbed*. Rapport nr. 3/2013. Oslo: Noregs vassdrag- og energidirektorat. ISBN: 978-82-410-0871-9.
- Braskerud, B.C. og Skallebakke, O.P. (2013) *Frakobling av takrenner fra kommunalt nett*. Versjon 1,0. Exflood. Tilgjengeleg frå: <http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/107637/Taknedl%C3%B8p.pdf> (Henta 26. november 2015).
- Braskerud, B.C. og Skallebakke, O.P. (2013) 'Frakobling av takrenner til overflate. Flaumdemping i små nedbørfelt.', *Vann*, volum 4, side 569-572. Tilgjengeleg frå: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/107725/Frakobling%20av%20takrenner_Vann4-2013.pdf (Henta 27. november 2015).
- Braskerud, B.C. og Ødegård, I.M. (2014) *Grønne vegetasjonsdekkende tak for flaumdemping*. Versjon 1,0. Exflood. Tilgjengeleg frå: <http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/108236/Gr%C3%B8nneTak.pdf> (Henta 27. november 2015).
- Braskerud, B.C., Hoseth, K.A., Israelsen, T., Kval, T., Myrabø, S., Nordlien, S.V. og Skauge, J. (2014) «Kvistdammer» i Slovakia. Små terskler laget av stedegent materiale; erfaringer frå studietur for mulig bruk i Norge. Rapport nr. 28/2014. Oslo: Noregs vassdrag- og energidirektorat. ISBN: 978-82-410-0975-4.
- Braskerud, B.C. (2014) *Grønne tak og styrtregn*. Rapport nr. 65/2014. Oslo: Noregs vassdrag- og energidirektorat. ISBN: 978-82-410-1017-0.
- Braskerud, B.C. (2014) 'Styrtregn og avrenning fra grønne tak med sedumvegetasjon', *Vann*, volum 4, side 451-464. Tilgjengeleg frå: <http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/116590/Braskerud.pdf> (Henta 27. november 2015).

- Braskerud, B.C. og Myrabø, S. (2014) *Kvistdammer*. Versjon 1,1. Noregs- vassdrags- og energidirektorat. Tilgjengeleg frå: http://www.naturfare.no/_attachment/678726/binary/980494 (Henta 22. november 2015). Sjå også http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/103299/Kvistdammer_mai13.pdf (Henta 27. november 2015) for versjon 1,0.
- Caragounis, V., Hoseth, K. A., Nordvik, H. L., Bjordal, H., Kristensen, L. L. og Viklund, M. (2015) *Felthåndbok ved flaum og skred*. Versjon 1,0. Oslo: Noregs vassdrag- og energidirektorat. ISBN: 978-82-7704-145-2.
- Dalen, T., Paus, K.H., Braskerud, B.C. og Thorolfsson, S.T. (2012) 'Målt og modellert hydrologisk ytelse til regnbed i Trondheim', *Vann*, volum 3, side 328-339. Tilgjengeleg frå: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/107747/Regnbed_Risvolla_Vann3-2012.pdf (Henta 27. november 2015).
- Direktoratet for samfunnssikkerheit og beredskap (DSB) (2015) *Klimahjelperen*. ISBN: 978-82-7768-353-9. Tilgjengeleg frå: <http://www.dsb.no/Global/Publikasjoner/2015/Tema/Klimahjelperen.pdf> (Henta 27. november 2015).
- Ekle, A. (2011) *Grønne løsnings ved håndtering av overvann*. Regjeringen, Framtidens byer, presentasjon ved Klimatilpassing verkstad 4. Tilgjengeleg frå: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens_byer/samlinger/nettverkssamling_bergen_okt2011/klimate/dag2/groenne_loesninger_arvid_ekle.pdf (Henta 24. november 2015).
- Førland, E., Mamen, J., Grinde, L., Dyrddal, A.V. og Myrabø, S. (2015) *Dimensjonerende korttidsnedbør*. Meteorologisk institutt.
- Hanssen-Bauer, I., Drange, H., Førland, E.J., Roald, L.A., Børshem K.Y., Hisdal, H. ... Ådlandsvik, B. (2009) *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*. Oslo: Norsk klimasenter.
- Haugen, A., Walseng, B., Langsjøvdal, S.J. og Borch, H. (2006) *Gjenåpning av bekkelukninger*. Jordforskrappport nr. 85/05. Ås: Senter for jordfaglig miljøforskning. ISBN: 82-7467-547-9. Tilgjengeleg frå: <http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/49715/bekkeapningrapp.pdf> (Henta 10.01.2016).
- Insurance Information Institute (2015) *World, natural catastrophes*. Tilgjengeleg frå: <http://www.iii.org/fact-statistic/catastrophes-global> (Henta 22.11.2015).
- International Panel for Climate Change (IPCC) (2013) 'Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change', i Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K., Boschung, J., ... Midgley, P. M. (red.) *Fifth Assessment Report (AR5)*. New York, USA: Cambridge University Press. ISBN: 978-1-107-05799-1.
- Kihle, O.F. og Strauman, C.G. (2013) *Dokumentasjon og rapportering av åpne overvannshåndteringsløsninger i Oslo*. Versjon 3.2. Oslo kommune. Tilgjengeleg frå: <http://www.miljodirektoratet.no/PageFiles/19267/Osloapneovervannskatalog.pdf> (Henta 27. november 2015).
- Kolseth, P.A. og Austdal M. (2014) *Selvrensende stikkrenner*. Versjon 1,1. Noregs- vassdrags- og energidirektorat. Tilgjengeleg frå: http://www.naturfare.no/_attachment/678851/binary/980646 (Henta 23. november 2015).
- Kveim, S.P. (2014) 'Håsteinarparken', *Kommunalteknikk* 6/7, side 18-19.

- Leland, T. (2013) *Gresskledde vannveier kan håndtere store vannmengder*. Versjon 1,0. Exflood. Tilgjengeleg frå: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/103925/Gresskledde_vannveier_2013.pdf (Henta 27. november 2015).
- Midttømme, G.H., Pettersson, L.E., Holmqvist, E., Nøtsund, Ø., Hisdal, H. og Sivertsgård, S. (2011) *Retningslinjer for flaumberegninger*. Rapport nr. 4/2011. Oslo: Noregs vassdrag- og energidirektorat. ISSN: 1501-9810.
- Miljødirektoratet (2013) *Temperatur- og nedbørendringer 2050 og 2100*. Tilgjengeleg frå: http://www.miljodirektoratet.no/no/Klimatilpassing_Norge/Temperatur--og-nedborendringer-2050-og-2100/ (Henta 09. november 2014).
- Muthanna, T., Hiligers, R. og Liltved, H. (2011) *Naturbasert håndtering overvann*. Tilgjengeleg frå: http://www.tiltakskatalog.no/e-2-5.htm#anchor_148698-300 (Henta 4. desember 2015).
- Olsen, M.H., Hopland, A.A., Myrabø, S., Viréhn, P. og Glad, P.A. (2015) *Flaum- og skredhendelser i Gudbrandsdalen*. Rapport nr. 123/2015. Oslo: Noregs vassdrag- og energidirektorat. ISSN: 1501-2832.
- Paus, K.H. og Braskerud, B.C. (2013) 'Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold', *Vann*, volum 1, side 54-67. Tilgjengeleg frå: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/107745/Regnbed%20forslag%20til%20dim%20og%20for%20m_Paus%20og%20Braskerud_Vann1-2013.pdf (Henta 27. november 2015).
- Store Norske Leksikon (2015) <https://snl.no/> (Henta 27. november 2014).



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

