



Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie

“Kvistdammer” i Slovakia

Små terskler laget av stedegent materiale;
erfaringer fra studietur for mulig bruk i Norge

28
2014



R
A
P
P
O
R
T

”Kvistdammer” i Slovakia

Små terskler laget av stedegeant materiale;
erfaringer fra studietur for mulig bruk i Norge



Rapport nr 28/2014

”Kvistdammer” i Slovakia. Små terskler laget av stedegeent materiale; erfaringer fra studietur for mulig bruk i Norge.

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Bent C. Braskerud, Knut A. Hoseth, Tone Israelsen, Torgeir Kval, Steinar Myrabø, Sven-Håkon Nordlien og Joar Skauge

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 100.

Forsidefoto: Deltakere på studieturen (se fig. 56)

ISBN: 978-82-410-0975-4

ISSN: 1501-2832

Sammendrag: Intens korttidsnedbør gir ofte stor avrenning og hurtig økning i vannføring i bekker og mindre elver. Menneskelig påvirkning kan bidra på tilsvarende måte, og gi økt erosjon, utvasking og skred. Sedimenter, skogsavfall og annet som transporteres med vannet vil redusere den hydrauliske kapasiteten til stikkrenner og kulverter, og kan forsterke problemene med å håndtere flomvannføringen. Vannløpene og/eller kulvertene kan ha dårlig kapasitet i utgangspunktet, og av og til vil kulvertkonstruksjonene bli helt blokkert.

Forventet økt intensitet på avrenningen pga endringer i klimaet forsterker utfordringene. Lave bevilgninger til vedlikehold er en enda større utfordring, med delvis eller helt gjenfylte drensveier og stikkrenner.

Bruk av små dammer/terskler laget av stedegeent materiale og plassert i nedbørfeltet oppstrøms problemområdene kan samle sediment, dempe avrenningen, og redusere flomproblemene. Denne rapporten presenterer en del lovende flomdempende og sediment samlende løsninger laget i Slovakia, som vi undersøkte på en studietur i oktober 2013. Tiltakene vurderes opp mot mulig bruk i Norge, og anbefalinger om videreutvikling/testing foreslås.

Emneord: Kvistdammer, stokkdammer, stokkdammer med kvister, gabiondammer, terskler, flomdemping i små nedbørfelt, tilbakeholding av sediment og skrot, flomveier, skogsbilveier, kulverter og stikkrenner

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

Innhold

Forord	5
Extended summary	6
1 Innledning/bakgrunn	10
1.1 Tiltak for små nedbørfelt	11
1.2 Hensikt med denne rapporten	11
2 Metode/arbeidsmåte	13
2.1 Folk involvert	13
2.2 Registreringsmetodikk	13
3 Kvistdammer	15
3.1 Beskrivelse	15
3.2 Erfaringer i Slovakia	16
4 Stokkdammer	20
4.1 Beskrivelse	20
4.2 Erfaringer i Slovakia	21
5 Stokkdammer med kvister	26
5.1 Beskrivelse	26
5.2 Erfaringer i Slovakia	26
6 Dammer av stein	29
6.1 Beskrivelse	29
6.2 Erfaringer i Slovakia	29
6.2.1 Rene steindammer	29
6.2.2 Stein i kombinasjon med tre	31
6.2.3 Stein i nett; gabiondammer	36
7 Jord dam	37
7.1 Beskrivelse	37
7.2 Erfaringer i Slovakia	38
8 Avskjæringsgrøfter/flomveger	41

9	Vann og veg	42
9.1	Tilbakeføring av skogsbilveger.....	42
9.2	Vann over veg.....	43
9.3	Infiltrasjonsgrøfter for vegvann.....	44
10	Mulig bruk i Norge	45
10.1	Generelle og viktige utsatte/sårbare punkt	45
10.2	Tredammer; Kvist- og stokkdammer.....	45
10.2.2	Tredammers varighet.....	46
10.3	Steindammer.....	47
10.4	Jorddammer.....	48
10.5	Avskjæringsgrøfter/flomveier.....	49
10.6	Vann og veg.....	49
11	Konklusjoner	50
11.1	Konstruksjon/bruk av tiltak	50
11.2	Forskningsbehov.....	52
12	Referanser	53
13	Takk	55
14	Vedlegg	56
	Vedlegg 1: Reiserute/program	56
	Vedlegg 2: Foto av deltakere på studieturen	58
	Vedlegg 3: Evaluation sheet for check dam visits.....	59
	Vedlegg 4: Råte og treverk.....	60
	Vedlegg 5: «Kvistdammer» under flomvannføring.....	62

Rapporten kan referes som:

Braskerud, B.C., K.A. Høseth, T. Israelsen, T. Kval, S. Myrabø, S.-H. Nordlien og J. Skauge (2014). "Kvistdammer" i Slovakia. Små terskler laget av stedegent materiale; erfaringer fra studietur for mulig bruk i Norge. NVE rapport 28/2014.

Rapporten kan lastes ned fra NVEs hjemmesider: www.nve.no.

Forord

NIFS er et prosjekt som fokuserer på Naturfarer som kan ramme **I**nfrastruktur i form av **F**lom og **S**kred. Både veg, bane og bebyggelse har de siste åra hatt store utfordringer med hensyn til å håndtere flomvannføring kombinert med massetransport i små vassdrag og bekker. I NIFS delprosjekt 5 testes tiltak som skal forebygge skade ved å hindre vann på ville veger. Teknikker utviklet i Slovakia virker lovende i så måte: De er bygget av stedegent materiale og er relativt raske og rimelige å anlegge. NIFS-prosjektet ønsker å teste ut tiltakene for bruk i Norge, og har allerede etablert et forsøksfelt ved Minnesund stasjon. Vi ønsket imidlertid å forsere kunnskapsinnhentingene ved å besøke et land som har prøvd disse teknikkene i stort omfang. Syv ansatte fra samarbeidsetatene i NIFS; JVB, SVV og NVE ble derfor sendt til Slovakia for å innhente opplysninger for mulig bruk av disse tiltakene i Norge. I denne rapporten blir funnene presentert gjennom en billedkavalkade. Det er gitt anbefalinger for mulig videre bruk i Norge.

Oslo, mai 2014



Avd. dir. Skred og vassdrags avd. NVE
Medlem av styringsgruppa for NIFS
www.naturfare.no

Extended summary

The human impact on nature can have serious consequences. Changing the landscape changes the behavior of water: Urbanization increases the area of impermeable surfaces that prevent infiltration, roads and railways can lead water into new directions, and even divert it to another catchment. In addition, we are experiencing more intense precipitation due to climate change. To sum up, runoff intensities are increasing.

This is a challenge for the road and railway authorities, because water has to bypass the infrastructure through culverts planned for smaller amounts of water. The situation becomes even more challenging due to too small budgets for maintenance. Culverts may be already half full of sediment and organic debris before heavy showers, and may become totally blocked during a flood. As a result, roads and railways may be destroyed (fig. 1).

A possible way to keep the culverts open and their capacity sufficient, is to hold back sediments and organic debris. Approx. 90 % of the Norwegian railway culverts drain catchments smaller than 1 km². However, even small catchments can destroy infrastructure during a flood (fig. 1).

Using small check dams is a possible way to harvest sediment and debris, and reduce the peak floods significantly. The technique is probably best for small catchments, because they have periods without runoff. It is likely that these catchments have little migrating fish or other aquatic animals, which are under concern of the EU water framework directive (2000/60/EC). Small dams in small catchments seem like a cost-efficient way to mitigate the flood risk after heavy rainfall.

Slovakia has constructed approx. 80,000 small check dams of various types for water harvesting and flood reduction purposes. We learned about these measures through the development of the climate adaption program: *Adaptation to Climate Change - Flood and Drought Prevention*¹. As a result, NIFS² started a minor testing site, making several wooden check dams, and one of stones in gabions close by the former Minnesund railway station approx. 70 km north of Oslo (fig. 2).

The techniques attracted substantial interest and to speed up our base of knowledge, we decided to arrange a study tour to Slovakia. The NGO *People and Water* arranged the tour for us. Our desire was to see different types of flood retention measures, and to see systems that had experienced a major flood. We wanted to see check dams that had failed, and dams that managed to withstand a flood. After 3 intensive days from October 15-17, 2013 we had seen all sorts of water harvesting and flood retention systems. To cover a wide aspect of measures, the Norwegian group of 7 was divided in 3; each with a Slovak expert (Appendix 1, and 2). This report highlights the findings most important for Norwegian conditions, and is based on 880 photos. Check dams are divided in chapters presenting each type, and the report sums up lessons learned. Here are the main findings:

¹ A program financed by the EEA-EFTA States Liechtenstein, Iceland and Norway through the EEA-grant system (<http://eeagrants.org/>).

² NIFS is a research program initiated by the railway, road and water and energy agencies in Norway (www.naturfare.no).

In our opinion there are 3 main wooden check dam types:

1. *Brushwood dam* (NO: kvistdam, fig. 3), with a variety we called *branch check dam* (NO: greinterskel, fig. 4). This type is permeable. The brushwood dam is the type we have best knowledge from Minnesund in Norway (fig. 2). We know it as a good sediment collector. Unfortunately we did not see many of this type on our visit in eastern Slovakia (fig. 5-8). The branch check dam, however, was more often used. Often the construction was too weak to withstand flooding (fig. 9), or the catchments were too large for the use of this type.
2. *Log dams* (NO: stokkdammer, fig. 11), with varieties *palisade dam* (NO: trespuntertskel, fig. 12) and "lean-to dams" (NO: gapahukterskel, fig. 13). Logs can be arranged in a watertight way (fig. 16), and this is probably the only wooden construction that can cut flood peaks substantially. Log dams do leak however, so after some time the water retention capacity is restored. The palisade dam and "lean-to dam" were not in common use, as far as we know. The former seems time consuming to make, but could have a good effect on debris collection. The latter, however, looked too fragile to withstand a major flood.
3. *Log and branch dam* (NO: stokkdam med kvister, fig. 22). Large branches are put in between the logs, making the dam permeable. The major difference between brushwood dams and this type is that the logs in the former work as energy killers, preventing undermining of the dam foot when the dam is overtopped. Some of these were rather large (fig. 24), and had put up with large floods, preventing flooding of areas downstream.
4. *Stone check dams* (NO: steindammer, fig. 28), with varieties *pure stones* (NO: rene steindammer, fig. 29), box made of logs filled with stones; *log and stone dam* or *coffin dam* (NO: kistedam, fig. 33), a mixture of pure stones topped with a log dam, a *combination dam* (fig. 36), and net filled with stones; *gabion dams* (NO: gabiondam eller -terskel, fig. 28 and 41). Stones should be an easily available resource in Norway, and were often used in Slovakia, too. It is important to use large stones that can withstand floods. Some of the pure stone dams collapsed due to inadequate stone size (fig. 31 and 32). A combination with logs was more promising (fig. 34), and is used in Norway too. Logs need to be put together in a better system than in fig. 35. The combination dam functioned well if made properly, and could withstand large floods and transport of debris (fig. 37 and 38). We did, however, see some failures; too small stones and/or water eroding the stream bank between stone and soil, undermining the side (fig. 39 and 40). Gabion dams may function well as long as the 3 cardinal sins of dam building are avoided (see below).
5. *Soil dam* (NO: fyllingsdam, fig. 43) is made of soil, and in the Slovakian version with a drainage pipe in the bottom of the dam. The pipe will empty the filled dam slowly, to make room for a new flood. In Norway it is common to cover the soil dam with stones to protect the soil from erosion if overtopped. This is rather expensive. In Slovakia vegetation covered the soil, even though the slopes looked a bit too steep for vegetation to establish easily. High water overflow was either

made in a simple, and after our opinion not so solid way, using logs (fig. 43), or a more secure way, covering the spillway totally with materials to hinder erosion (fig. 46). Dividing a part of the flooded stream was an alternative also used (fig. 48). Making flood basins like in Slovakia is probably hard to do in Norway, due to the country's topography. However, for small catchments, it may be possible to establish smaller flood basins with permeable dams, e.g., in urban areas, where parks could be used for temporary flooding.

As a rule of thumb, we would prefer to keep dam height lower than 1,0 m. In addition, always make several check dams in a stream; if one collapses, the next one will retain the wreckage, thus preventing culvert blockage further downstream.

The three cardinal sins of dam building

To succeed in check dam building, control of the water is the key to success. It is necessary to have an idea of the expected size of a possible flood. Knowing that, it is possible to choose the log and stone size needed. The main task is *to prevent water from flowing between a solid dam construction part like stones or logs, and the soil in the stream banks or bottom*. If the water velocity gets an eroding speed, the dam can begin to collapse. A check dam has 3 weak points, which can explain many of the failures we experienced: 1) water erosion along the sides (fig. 20, 35 and 39), 2) under the bottom log or stones (fig. 9 and 21), and 3) in the dam foot when overtopped (fig 21 and 31). A possible way to prevent this is to slow down the water velocity by using more branches at the bottom and sides of the brushwood and the log and branch dam than in the centre of the dam. For log dams, water must be prevented to run under the bottom log. It is important that the main runoff passes the check dam in the center. When overtopped, the stream bottom needs to be protected from erosion (fig. 11).

Other techniques to control water

It is possible to lead surface water through grassed waterways to streams that can manage the excess water (fig. 49 and 50).

Forest roads for transport of logged timber are often a triggering factor for creating floods and landslides in Norway. One of the challenges with forest roads is water passing the road. If the culverts or subdrains are clogged, the water will follow the roadside ditch, and can harvest a substantial volume before it crosses the road at an unintended spot, creating problems. Could surface drainage like fig. 52 and 53, be of some help? Maybe we should re-allocate forest roads that are not maintained properly (fig. 51).

Small infiltration basins are an alternative way to collect surface runoff from roads (fig. 54).

Possible subjects for research

We need to construct more check dams of different types, in different catchments and climate zones to gain local knowledge in Norway. Catchments with check dams will be important as demonstrational measures for stakeholders to visit.

Possible subjects for research are:

1. Will the check dams have a stabilizing effect on eroding streams?
2. Is it possible to make stone dams by hand in a Norwegian context?
3. How long do check dams last before they are filled with sediments and debris, and rot?
4. Will debarking (fig. 55) prolong the lifetime of wooden check dams?

Summing up

The study tour gave us useful insight into how locally made check dams function. We asked to visit both successful and failed dams, and were shown a variety of both types. In one respect check dams are easy to build. However, if you do not know the basic nature of water moving through and over a man made construction, even simple constructions may fail. It is important to follow up the workers until they know the system. We have seen that in Slovakia, and in our own test field in Norway. We are encouraged to make similar systems, adapted for our climate and conditions.

The authors would like to thank the Slovakian experts: Michal, Michal and Danka, for a very interesting tour, and for their helpfulness and courage to show us failures. You can smile about your success, but you learn from your mistakes.

1 Innledning/bakgrunn

Varmere – våtere - villere har vært tre ord som har fulgt debatten om framtidig klima i Norge de seinere år. For de av oss som skal håndtere vann *fra fjell til fjord*, er mengdene av avgjørende betydning, og disse ser ut til å ha økt de siste 100 år. For fastlands-Norge har årsnedbøren i gjennomsnitt økt med ca 17 % siden 1900 (Hanssen-Bauer, m.fl., 2009). Økningen har vært størst på Vestlandet. Forventede nedbørmengder vil avhenge av hvilke klimafremskrivninger som velges. I Meld.St. 33 (2012-2013) anbefales den høyeste i *Klima i Norge 2100* rapporten. I så fall vil årlig nedbør for landet øke med ca 31 % på 100 år (Hansen-Bauer m.fl., 2009).

Kortvarig ekstremnedbør gir og kan gi enda større utfordringer fremover i dalsider, bekker og mindre elver. Problemer forsterkes om vannløp og kulvertkonstruksjoner/-stikkrenner³ enten ikke er dimensjonert for økte avrenningsintensiteter, har blitt lagt på en uhensiktsmessig måte, består av materiale med dårlig kvalitet, eller har fått redusert kapasitet pga. tilstopping og dårlig vedlikehold (fig. 1).



Fig. 1. Fyllinga har kollapset fordi kulverten hadde for liten kapasitet. Den steinsatte kulverten står fremdeles (foto: S. Myrabø)

Det er få lange serier med korttidsnedbør (timesverdier eller mindre) i Norge, men årlig maksimal døgnnedbør hadde økt på $\frac{2}{3}$ av de 35 målestedene som hadde målinger i perioden 1900-2004 (Alfnes og Førland, 2006). I følge Hansen-Bauer m.fl. (2009) vil antall dager med mye nedbør øke med ca 75 % frem til år 2100. Nedbørintensiteten i episoder med kraftig nedbør vil også øke. I store trekk er denne økningen anslått til 10-20 % for ulike regioner i Norge. Foreløpige analyser i regi av NIFS prosjektet (Ødemark m.fl., 2012 og Førland m.fl., 2014) tyder på at størrelsen på korttidsnedbøren og hyppigheten av de mest intense episodene har økt de fleste steder i landet de siste tiåra. Samtidig anslår ekspertuttalelser at den ekstreme korttidsnedbøren vil øke mye både i mengde og hyppighet.

Håndtering av vann i store mengder er allerede en utfordring i Norge, og flom i små vassdrag og vann på avveie har spesielt de siste åra ført til mange hendelser med store skader. Fortetting av flater øker avrenningsintensitetene til nedenforliggende del av nedbørsfelt og kan i seg selv skape problemer om stikkrenner er dimensjonert for lavere

³ Stikkrenner: her definert som ”kulverter” med diameter mindre enn 2,5 m.

avrenning. I tillegg begynner en del stikkrenner å eldes; de sprekker, skjøtene glir fra hverandre pga. setninger, og tverrsnittet reduseres pga dårlig vedlikehold etter fylling med sediment og organisk materiale. Vedlikehold kan synes lavt prioritert i flere sektorer. Etater med ansvar for at vannet ikke ødelegger infrastruktur; veg, bane og boliger er derfor på søken etter rimelige løsninger som kan avhjelpe. Hvis avrenningen kan dempes i nedbøretet, og sediment og skrot kan fanges før det når røra, vil mye kunne vinnes.

1.1 Tiltak for små nedbørfelt

Jernbaneverket har beregnet at ca 90 % av alle stikkrenner mottar vann fra nedbørfelt på under 1 km², og at nesten alle nedbørfeltene er på under 5 km². Det er sannsynlig at de små nedbørfeltene også dominerer Statens vegvesen og kommunene sine stikkrenner, og ikke minst gjelder det for skogsbilveier, jordbruksdrenering og private stikkrenner. Tette stikkrenner i små nedbørfelt kan føre til vann på avveie, erosjon, utglidninger og skred, og kan da føre til store ødeleggelser av bl.a. veg og bane under flomsituasjoner.

NIFS-prosjektet (Naturfare Infrastruktur Flom og Skred) ønsker å teste ut teknologier for å holde stikkrenner åpne. Bruk av kvistdammer som samler sediment og biologisk materiale, og demper flomvann i små nedbørfelt er en mulig løsning. Kvistdammer lages av lokalt trevirke som plasseres som små terskler⁴ i bekken og ev. i dreneringsveiene i sideskråninger. En må alltid se på hele nedbørfeltet ved planlegging av lokalisering og starte bygging øverst i feltet. De små dammene er permeable, dvs. de slipper igjennom vann som en sil. *”Kvistdammene” lages alltid flere i samme bekk. Skulle den øverste kollapse pga. høy vannføring, vil den nedenforliggende ta i mot vraket og hindre at stikkrennen tettes.* På sikt vil volumet oppstrøms dammen fylles med sediment og redusere den flomdempende kapasiteten. Fremfor å tømme sedimentet kan en ny ”kvistdam” anlegges oppstrøms den gamle på det innfangne sedimentet. På den måten stoppes erosjonen i bekken og bunnen på dalen heves slik at området blir mer stabilt. Vedlikeholdet av en kvistdam skal i utgangspunktet være nybygging.

Når vi bruker ordet ”kvistdammer”, er det et samlebegrep på flere mulige terskeltyper basert på lokalt byggemateriale. Det er også mulig å lage stokkdammer, stokkdammer med kvister, dammer av stein, og forskjellige kombinasjoner av disse typene, i tillegg til tiltaket kvistdammer. Eksempler på disse typene kan sees på forsidebildene.

1.2 Hensikt med denne rapporten

Denne rapporten baserer seg på en studietur i Øst-Slovakia i 14.- 18. oktober 2013. Initiativet ble tatt på bakgrunn av erfaringene som ble gjort gjennom forberedelsene til EEA-grant prosjektet: *Adaption to Climate Change (ACC) – Slovakia.*

⁴ Vi kjenner ikke til at det er bestemte høyder på konstruksjoner for hva som er definert som *dam* eller *terskel*. Ettersom konstruksjoner over 2 m er underlagt regler for klassifisering av dammer, kan man anta at en terskel er 2 m eller lavere. I denne rapporten bruker vi imidlertid *dam* om de fleste konstruksjonene, selv om de fleste er lavere enn 2 m.

Norge, Island og Liechtenstein betaler en avgift for å delta i EUs indre marked gjennom EØS. Avgiften betales som prosjektstøtte for å løse ønskede oppgaver/utfordringer, som oftest i Øst-Europa. Mer om EEA-grant systemet på: <http://eeagrants.org/>. Det slovakiske ACC programmet er nøyere beskrevet i <http://www.eeagrants.sk/climate-change/>.

I Slovakia hadde de bygget ca 80000 ”kvistdammer” over knappe 2 år (2010-11). Arbeidet ble ledet av Michal Kravcik, men stoppet opp da en ny regjering kom til makten. Arbeidet er oppsummert i boka: *After us, the desert and the deluge?* (Kravcik, m.fl., 2012).

I forarbeidene til ACC prosjektet så den norske gruppa ved Bjørn Aulie, Bent Braskerud (NVE) og Karl Kerner (DSB) det store potensialet i å bruke lokalt byggemateriale på en tilnærmet ”naturlig” måte for å dempe flom og samle sedimenter og skrot. Men hvordan ville dette virke i Norge?

NIFS-delprosjekt 5; *håndtering av flom og vann på avveie* ville teste metodikken og etablerte en del kvistdammer, stokkdammer og andre løsninger ved Minnesund stasjon høsten 2012 (fig. 2).



Fig. 2. Kvistdammer laget av stokker og greiner ved Minnesund stasjon. Vi har allerede opplevde suksess og feil på anleggene vi laget i 2012, og ønsket å lære mer om hvordan robust anlegg kunne lages (foto: B.C. Braskerud)

Interessen seinere har vært meget stor, men vi som har vært med i dette arbeidet har vært bekymret for at man startet etableringen på et for tynt faglig grunnlag. Hvis kvistdammene kollapser vil de i seg selv kunne bli årsak til tetting av stikkrenner. I NIFS vil vi fortsette å etablere forskjellige typer ”kvistdammer”, men for å forsere kunnskapsinnhenting, arrangerte vi en studietur til Slovakia for å lære av erfaringene der. Vår bestilling til Michal Kravciks gruppe var: Vis oss fiaskoer og suksesser.

Vi fikk se begge deler. Basert på våre erfaringer vil vi i denne rapporten foreslå norske retningslinjer for etablering av ”kvistdammer” inntil vi har egne, norske erfaringer å vise til.

Vi har valgt å presentere tiltakene tematisk, for å lette oppslag. Noen gjentakelser vil derfor måtte påregnes. Til slutt har vi samlet en del tiltak/opplevelser vi mener kan ha interesse for en bredere forsamling, men som ikke var et sentralt tema for studieturen. Avslutningsvis prøver vi å sette denne typen tiltak i sammenheng og drøfte fordeler og ulemper, og mulige forbedringstiltak og FoU behov.

2 Metode/arbeidsmåte

Feltarbeidet pågikk 3 intensive dager 15.- 17. oktober 2013. Ansatte ved *People and water* hadde laget et detaljert program. Dette ble noe endret underveis. Stedene som faktisk ble besøkt er detaljert i vedlegg 1.

2.1 Folk involvert

Den norske gruppen ble delt i tre, ledet av henholdsvis Michal Kravčík, Michal Gažovič og Danko Kravčíková. NVE hadde tre deltakere, mens SVV og Jernbaneverket stilte med to deltakere hver. Vi fordelte alle deltakerne slik at hver etat ikke hadde mer enn en deltaker på hver gruppe, men gruppesammensetningen kunne variere litt fra dag til dag (foto av gruppa fig. 56).

Det ble anlagt et meget stort antall ”kvistdammer” i perioden 2010-11. Arrangørgruppa hadde derfor ikke alltid vært på de besøkte stedene. Av den grunn var ofte en borgermester fra det aktuelle området den lokale veiviser. Slovakia har ca 2800 borgere. Vi traff derfor svært mange folkevalgte representanter. På avslutningsseminaret *People and water* arrangerte etter lunsj 17. okt. var over 80 % av de fremmøtte folkevalgte.

Et fransk dokumentarfilmteam fulgte feltarbeidet. Regissør Valérie Valette og hennes fotograf Fabien Blanchon ønsket å lage en film om water harvesting og tenkingen Michal Kravcik har rundt håndteringen av vann generelt. Mye av denne tankegangen er publisert i *After us, the desert and the deluge?* og *Water for the Recovery of the Climate*. Filmteamet fulgte i hovedsak bilen Michal Kravcik kjørte, og blandet seg i liten grad inn i arbeidet den norske gruppa foretok.

Vi har ofte valgt å “fornorske” stedsnavn og navn ved å fjerne diakritiske tegn (aksenttegn). Alle navn er imidlertid korrekt gjengitt i reiseruta i vedlegg 1.

2.2 Registreringsmetodikk

Før reisen hadde vi laget et registreringsskjema for bruk i felt. Skjemaet er presentert i vedlegg 3. I praksis ble det vanskelig å følge opp det detaljerte skjemaet, av tidsmessige årsaker. Vitale mål som terskelhøyde og bredde ble ofte målt. Beskrivelse av feste til bekkekanter, byggeår og hvorvidt det hadde vært utsatt for flom ble også ofte notert. De øvrige punktene ble mer skjønnsmessig brukt.

Den viktigste registreringsmetoden var fotografiapparatet. Det ble tatt over 880 bilder på studieturen. Områdene vi besøkte hadde dessverre ikke så mange av den tradisjonelle kvistdamtypen; stokkdammer og stokkdammer med kvister dominerte. Vi har derfor tatt med foto fra andre besøk Bent Braskerud har hatt i Slovakia i forbindelse med ACC programmet nevnt over. I tillegg har vi fått noen foto av Michal Kravcik.

Rapporten har vært et arbeidsfellesskap der første forfatter har skrevet første utkast. De øvrige forfatterne har deretter fått rapporten etter tur, kommentert tekst og bilder på det enkelte tema, satt inn nye bilder, og sendt stafetten videre. Rapporten har gått to slike runder.

3 Kvistdammer

3.1 Beskrivelse

Kvistdammer er lave terskellignede dammer. Høyden vil variere mellom 40-100 cm. Dammene er *permeable*, dvs. vann slippes igjennom, men med redusert hastighet og mengde. Dammene legges vanligvis etter hverandre i bekkedraget med avstander på 20-200 m, avhengig av terrengets helling og vannvolumet man ønsker å holde tilbake.



Kvistdammen skal ha ”trappeform”, slik at vannet som passerer damkrona skal renne nedover ”trappetrinnene”. Dette reduserer fall-energien og hindrer erosjon i foten av kvistdammen (fig. 3).

Figur 3. Kvistdam laget av barkedede stokker. Legg merke til at vannet vil renne over ”trappetrinn” som reduserer vannets energi (foto M. Kravcik).

I følge Slovakiske erfaringer vil greinene i kvistdammene virke som ”armering” når sediment samles i anlegget. Hele strukturen stabiliseres og har varighet på flere 10-år.

En undergruppe av kvistdammer kan vi kalle *greinterskler*. Dette er lave anlegg på ca 0,5



m som bntes sammen av løvtregreiner og forankres til bakken ved hjelp av påler som slås ned i bakken (figur 4).

Figur 4. Greinterskler plassert langs et dråg/flomvei (foto B.C. Braskerud).

3.2 Erfaringer i Slovakia



Figur 5. Kvistdam med såle av stor stein. Denne dammen var den siste i en kaskade av stokkdammer som ble montert etter en stor hendelse (foto B.C. Braskerud). Et potensielt sårbart punkt er den lave høyden på venstre side mot skråningen. Her vil det kunne renne mye vann ved styrtregn, som kan grave. Det laveste punktet må være sentralt plassert.



Figur 6. Samme kvistdam som fig. 5. Kvistene legges så tett som mulig mot vannretningen. En toppstokk forankrer det hele (foto B.C. Braskerud).



Figur 7. Kvistdam som er montert i et stort erosjonsspor. Legg merke til glippen under bunnstokken. Her vil vann kunne grave. I Slovakia er selv "store" nedbørfelt uten fast årlig vannføring. Ved styrtregn er det mulig at kvisthaugen kan dempe vannstrømmen så mye at erosjonsrisikoen under bunnstokken er liten. Vi så imidlertid flere eksempler på at dette ikke var tilfelle (bilde fra Vislava i vest-Slovakia, foto B.C. Braskerud).



Figur 8. Kvistdammer legges i kaskader i bekkedragene. Skulle ett anlegg bryte sammen ved store vannmengder, vil det neste stå klart til å fange det opp (foto M. Kravcik).

Anlegg som har kollapset

Det var få anlegg av den vanlige kvistdamtypen på studieturen. Vi har derfor få erfaringer med typens stabilitet under ekstrem påvirkning. I følge Kravcik, m.fl. (2012) viser mange bilder god sedimentfangst. Basert på våre observasjoner i de andre anleggstypene virker det rimelig.

Det er imidlertid noen svake /utsatte punkter ved denne konstruksjonstypen som kan medføre skade eller brudd på selve konstruksjonen, som mangelfull eller skadet forankring av konstruksjonen mot breddene og/eller bunnen. Det er her konstruksjonen er spesielt utsatt for erosjon og skade.



Figur 9. Greinterskel som er undergravd. En svakhet med anleggstypen er at vann som renner under kvistene kan starte bunnsenking som forplanter seg oppover vassdraget (Baskovce, foto J. Skauge)

Figur 10 viser et greinterskelanlegg som har kollapset. Årsaken var nok en følge av flere faktorer. Blant annet virket dammen for spinkelt konstruert, men viktigere var at den var anlagt på et område som var forholdsvis bredt. Bredden på dammen var over 10 m, og da vassdraget i tillegg var temmelig flatt, medførte dette et stort oppfyllingsvolum. Noe greinterskelen ikke håndterte. Her hadde det kanskje vært mere fornuftig og anlegge dammen litt lenger oppstrøms på et smalere område. I tillegg hadde det sikkert vært fornuftig med flere dammer/tettere avstand i mellom.



Figur 10. Greinterskel som har brutt sammen. Trolig har vannmengdene vært for store for den svake konstruksjonen (foto T. Kval).

4 Stokkdammer

4.1 Beskrivelse

Stokkdammer er en enklere versjon av kvistdammer. Stokker legges oppå hverandre, og festes i sidekantene ved å grave en sjakt 0,5-1 m inn i løsmassene i bekkekanten. Stokkene kan legges så tett som mulig for å holde vann og sediment tilbake, eller ha relativt store glipper.

Staur slås ned på nedstrøms side i bekkebunnen, og av og til på begge sider. Staur og stokker festes til hverandre med ståltråd eller spiker. Toppstokken er oftest nedsenket for å styre vannstrømmen når stokkdammen overtoppes. Enkelte steder er det brukt skråstrebere på nedstrøms side for å støtte konstruksjonen. Av og til legges stokker eller stein i bekkebunnen nedstrøms dammen for å hindre erosjon i damfoten ved overtopping/høy vannføring (fig. 11).



Figur 11. Barka stokker i en stokkdam. Midtpartiet er nedsenket for å styre vannstrømmen ved overtopping. Vannet ledes ned på et stokklag (styrtseng) i foten av anlegget som hindrer graving (Okruhle, foto B.C. Braskerud).

Stokker kan også settes vertikalt, tett i tett som en palisade (fig. 12), eller på skrå som et gapahuk (fig. 13). Hovedmålet virket å være å hindre at skrot og annet organisk avfall ble feid nedover bekkefareet. Disse to typene var i forholdsvis lite bruk så vidt vi kunne erfare.



Figur 12. Trespuntterskel med et tydelig lavt punkt sentralt plassert. Tverrstokk med støttestokker avstiver terskelen (foto T. Kval).



Figur 13. Gapahukterskel er en konstruksjon som trolig vil få sterk medfart ved store vannføringer (foto T. Kval).

4.2 Erfaringer i Slovakia

Det er i hovedsak den vanlige stokkdammen vi har vurdert. Denne typen var anlagt i store mengder i Øst-Slovakia.



Figur 14. Stokkdammer i ravinedal i Keckovce, ca 1 m høye (foto B.C. Braskerud).



Figur 15. Stokkene er tett sammenføyd og Holder derfor på vannet i en lengre periode (Gruzovce, foto J. Skauge).



Figur 16. Stokkdam som holder vann etter nedbør (Gruzovce, foto J. Skauge).



Figur 17. Stein er lagt under bunnstokken for å hindre graving ved stor vannføring (venstre bilde). Tilbakeholdingene av sedimenter har vært god. En stokkdam kan godt lages i små dråg (høyre bilde). (Nizny Kruzlova, foto J. Skauge).



Figur 18. Liten stokkdam som er fylt med sedimenter. Når anlegget er fylt kan en ny liten dam lages noen meter bak den første. På den måten heves terrenget langsomt, fordi erosjonsprosessene stopper (foto S. Myrabø).



Figur 19. Små terskler anlagt for å redusere erosjonen i landskapet (samme sted som fig. 18, foto S. Myrabø). Terskelen sentralt i bildet er laget i grove planker/bjelker.

Anlegg som har kollapse



Figur 20. Vannet har gravd rundt endestokkene i bekkekanten. Bildet til høyre viser begynnelende graving rundt toppstokken. Vannet må ledes over dammens midtparti og ikke sidekantene (foto S. Myrabø og B.C. Braskerud).



Figur 21. Undergravd stokkdam. Trolig pga overtopping og dårlig fundamentering (foto S. Myrabø).

5 Stokkdammer med kvister

5.1 Beskrivelse

Stokkdammer med kvister er en mellomform mellom stokkdammer og kvistdammer. Anlegget lages ved å grave 0,5 m -1 m slisser i løsmassene i bekkkantene. Greiner legges på bunnstokken, ny stokk legges over, nye greiner over denne osv. En toppstokk



forsegler kvisthaugen. Av og til ble en stokk lagt på tvers av kvisthaugen for å holde kvistene fast i terrenget ved flom.



Figur 22. Stokkdammer der kvister er stukket inn mellom stokkene, og der kvistene er forankret med en stokk (høyre foto) (foto K.A. Hoseth og S. Myrabø).

5.2 Erfaringer i Slovakia

Hvis kun stokker benyttes (stokkdammer), blir det et kvistoverskudd i terrenget. Vi så ofte at kvistene ble lagt løst i bekkedraget. Det kan være risikabelt, fordi stor vannføring kan frakte kvistene nedover og tette stikkrenner. Et interessant alternativ er å stikke kvistene inn mellom glipper i stokkene, eller lage avstanden mellom glippene så store at kvister kan legges over hele stokken. På samme måte som for kvistdammer, er det ikke kvist oppå toppstokken.



Figur 23. Stokkdam med kvister som har vært utsatt for stor avrenning. Kvistene er presset opp mot dammen, men holder godt på vann og sedimenter. Rot i kvisthaugen kunne vært unngått ved bruk av stokk som holder kvistene nede (høyre foto) (foto S. Myrabø).





Figur 24. Meget høy stokkdam med kvister (2-3 m). Flere slike var laget etter hverandre. Ved en hendelse ble anleggene overtoppet. De tålte påkjeningen. Legg merke til støttestokkene i forkant. I noen områder ble de brukt, andre ikke (foto S. Myrabø).



Figur 25. Stokkdam med kvister som er fylt med sedimenter (foto S. Myrabø).

I flere tilfeller ble eksisterende trær benyttet som støtte for ”kvistdammer” – noe som kan gi et godt resultat om det ligger til rette for en slik løsning. For de største dammene ble også stokker benyttet til å støtte opp konstruksjonen.



Figur 26. Anleggene kan lages svært brede (Baskovce, foto S. Myrabø).



Figur 27. Kvistene kan legges mot sidekanter og bunnen. Da vil vannhastigheten reduseres i dette området, og problemer med erosjon i bekkekantene minimeres. Vannstrømmen vil fortrinnsvis ledes sentralt i anlegget (foto K.A. Hoseth).

Vi så få eksempler på at denne damtypen hadde kollapset. Det kan ha vært tilfeldig, men kan også skyldes at greinene beskytter sidekanter og bunn mot rask vannstrøm og erosjon.

6 Dammer av stein

6.1 Beskrivelse

Stein er et naturlig materiale det finnes svært mye av, og er i så måte et meget aktuelt byggemateriale. I Slovakia så vi tre typer:

- 1) Løs stein lagt opp som dam uten annen støtte; ren steindam
- 2) Stein brukt i kombinasjon med trevirke; kistedammer og lignende.
- 3) Stein i nett; gabiondammer.

Alle typer steindammer er permeable, dvs. vann skal kunne renne igjennom. For å sikre at dette kan skje, ble det av og til lagt rør i foten av damtypen.



Figur 28. Tre typer steindammer (fra venstre til høyre): Ren steindam, kistedam ("løs" type) og gabiondam. Alle foto fra et forsøksfelt fra Vislava i vest-Slovakia. (foto B.C. Braskerud).

6.2 Erfaringer i Slovakia

6.2.1 Rene steindammer



Figur 29. Ren steindam satt sammen av stein med forskjellig størrelse. Et lavt midtparti samler strømmen og reduserer erosjon i sidekantene. Et rør er lagt under dammen, for å sørge for at noe vann garantert kommer igjennom anlegget. Vi er usikker på om utforming og steinstørrelse er godt nok tilpasset en stor flom (foto S. Myrabø)



Figur 30. Vakker, håndlagt steindam i uttørket bekkeleie mellom to fjellknauser. Vi vurderer at steinstørrelsen, forankring og utforming ikke er godt nok tilpasset overtopping ved stor flom (foto K.A. Hoseth).



Figur 31. To steindammer der det ytre beskyttende steinlaget er i ferd med å bryte sammen. Steinstørrelsen har nok vært for liten (foto S. Myrabø).



Figur 32. Flomvannføring har tatt hele steindammen. For små stein var benyttet (Foto S. Myrabø).

Vann kan flytte stein bare vannstrømmen er sterk nok. Vårt hovedinntrykk var at denne kunnskapen ofte var neglisjert ved bruk av denne damtypen. En ren steindam, uten forsterkninger kan lett bryte sammen under flom hvis ikke steinene er store nok.

Vi så eksempler på terskelliknende konstruksjoner eller små dammer som ikke er bygget eller forankret tilfredsstillende. Største problemer er som ved ”tømmerkonstruksjonene”:

- Manglende forankring mot bredder/vanger
- Manglende bunnsikring
- Manglende eller ingen avtrapping på nedstrøms side, og har heller ingen styrtseng
- Like bratt helning på oppstrøms som nedstrøms side (denne type konstruksjon bør være slakere på nedstrømssiden)

Det viser at en ved planlegging og bygging av konstruksjonene i for liten grad har tatt hensyn til erosjon og påkjenninger fra overtopping av vann. En vurdering av vannmengdene bør gjøres for å bestemme konstruksjonstype og dimensjonering/utforming av denne.

6.2.2 Stein i kombinasjon med tre

Vi observerte også for denne konstruksjonstypen samme forhold vedrørende erosjons og dimensjonering som over. Denne konstruksjonstypen er imidlertid sterkere ved at trekonstruksjonen ”armerer” steinkonstruksjonen.

Vi så eksempel på manglende dimensjonering i forhold til opptredende krefter og vannføring. For mange konstruksjoner virket det også som om overløpene hadde for liten hydraulisk kapasitet.



Figur 33. Stein lagt i ramme av tre (kistedam). Vannet renner mot oss. Overløpet er beskyttet av tynnere trestokker (Smizani, foto K.A. Hoseth).



Figur 34. Samme type som i figur 33. Vannet renner i et lavere parti sentralt i terskelen (foto S. Myrabø). På sikt kan kanskje vegetasjon invadere dammen og få den til å gå mer i ett med landskapet, samt forsterke den.

V-formen (sett ovenfra) vil samle vannet som går i overløp og redusere vannets gravende krefter i sidekantene.



Figur 35. En enklere versjon av damtypen over, har brutt sammen. Rammeverket av stokker er for svakt og tilfeldig satt sammen. Trolig har vannet erodert bekkekanten mellom stein og jord på høyre side, og fått dammen til å kollapse (foto S. Myrabø).



Figur 36. Kombinasjon av ren steindam lagt i et uttørket bekkeleie og en stokkdam over. Et enda høyere anlegg sees i bakgrunnen (foto S. Myrabø).



Figur 37. Steindam med stokker som har tålt en trøkk. Flomvann har ført trevirke nedstrøms (rester av dam som har kollapset?), men dammen har stått (Smizani, foto K.A. Hoseth).



Figur 38. Samme dam som i figur 37. Dammen har holdt både sediment og trevirke. Godt håndarbeid fungerer (foto S. Myrabø).



Figur 39. Stein og stokkdam som har kollapse. Trolig har vannet fulgt bekkekanten og erodert denne. Deretter har vannet plukket med seg stein som har hatt for liten størrelse (Smizani, foto K.A. Hoeseth).



Figur 40. Hele steindelen er erodert vekk. Stokkene er godt forankret og står (Smizani, foto K.A. Hoeseth).

6.2.3 Stein i nett; gabiondammer

Vi så få anlegg av denne typen på studieturen. B.C. Braskerud så imidlertid et større anlegg vest i Slovakia på en annen befaring i desember 2011 (fig. 41).



Figur 41. Jordvoll som går over i en gabiondam tilrettelagt for neddemming av store areal ved flom (foto B.C. Braskerud).

Å sette areal kontrollert under vann for en kortere periode, er en interessant teknikk. I følge EUs flomdirektiv skal denne muligheten kartlegges når flomrisikoplaner lages (artikkel 7.3). Anlegget på fig. 41 virket relativt nyanlagt. Slik det lå virket jordvollen å være anlegges "Akillshel" inntil vegetasjon har fått etablert seg. Sidekantene på jordvollen virker for bratte til at revegetering kommer til å skje raskt.



Figur 42. Samme sted som fig. 41. Bekkevannet passerer gjennom to nedsenkede rør for fri passasje av vann og fisk ved lavvannføring. Få meter nedstrøms stikkrennene er det laget en lav steinsatt dam for å lette fiskepassasjen, og forhindre undergraving av gabiondammen hvis den overtoppes (foto B.C. Braskerud).

7 Jord dam

7.1 Beskrivelse

Fyllingsdammer er en kjent damtype også i Norge. Norske fyllingsdammer lages ofte med en tett kjerne og deretter et gradert filter mot dammenes ytre sider (overflate). Norske damkonstruksjoner på over 2 meters høyde og/eller over 10 000 m³ magasinvolument er underlagt klassifisering og strenge sikkerhetskrav avhengig av konsekvens ved evt. brudd. Disse dammene skal imidlertid holde på vann over en lengre periode. Dammene i Slovakia har en mer midlertidig karakter ved å holde på flomvann en kort periode. Som oftest står de tomme, uten minstevannføring, fordi selv relativt store nedbørfelt kan ha neglisjerbar minstevannføring.

Dammene så i hovedsak ut til kun å være bygd opp av stedlig materiale. Røtter og annet trevirke var i det minste i noen anlegg, lagt inn i dammene som armering. Vanligvis var det en rørgjennomgang i bunnen av dammen hvis anlegget lå i et bekkeløp. Massene til dammen var tatt oppstrøms dammen for å øke magasinvolumet. Jordvullen kunne være opptil 5-6 m høy i anleggene vi så, og hadde ofte et overløp laget i tre, vanligvis over ”gammelt” urørt terreng. Dette vil tåle mer erosjon enn damkrona, men ofte lå de for høyt i terrenget slik at det var fare for overtopping og erosjon/utvasking.



Figur 43. Fyllingsdam for flomvannhåndtering
Anlegget har rør igjennom dambunnen,
og et flomoverløp i tre (Roztoky, foto Braskerud
og K.A. Hoseth).

7.2 Erfaringer i Slovakia

I Petrovce var det anlagt seks større dammer oppstrøms en landsby hvor det tidligere hadde vært en større bekkelukking. Denne hadde det imidlertid vært problemer med, noe som hadde medført flomskader i landsbyen lenger ned.

En baker som hadde blitt oversvømt, hadde selv bekostet anlegget. Størrelsen på hver dam var fra 12 m x 14 m til 16 m x 18 m, og var i snitt ca. 2 m dype. Det var et lite overløpsrør mellom hver dam med diameter 150 mm. Utløpet fra anlegget var kun 200 mm. På tre flommer hadde det gått vann i dette røret 1 gang. Volumet i disse var nok til å fordrøye flomvannet. En ulempe er selvfølgelig arealbehovet.

Anlegget virket robust. Dimensjoneringen virket å være basert på praktisk utprøving; bakeren hadde begynt med færre dammer, men utvidet etter hvert.



Figur 44. Kjede av fyllingsdammer med støpt/steinsatte overløp. Legg merke til røret gjennom dammen som holder vannstanden under et gitt nivå. I dette tilfellet hadde enkelte dammer vann, mens andre stod tørre i perioder uten regn (Petrovce, foto J. Skauge). Anlegget under flom er vist i Vedlegg 5, fig. 65.

Rør gjennom tersklene vil tømme vannet ut av det flomdempende magasinet, og skape et volum som er klart for neste regnbyge. Rørgjennomganger kan imidlertid skape problem over tid, fordi vann kan følge rørets ytterside og lage et erosjonsspor som store vannmengder kan bruke til å undergrave dammen. Det finnes løsninger for å unngå dette, men vi tror ikke det ble brukt i Slovakia. Dette tiltaket ble utført i 2011/2012 som følge av skadeflom. Alt vannet drenerte ut av et rør anslagsvis d600. Kollaps vil medføre skade

både på landsbyen nedenfor og i hovedvassdraget det drenerte til. Tiltaket ble utsatt for stor flom i 2013 og fungerte utmerket.



Figur 45. Flomdam i bekkestreng. Det har nettopp regnet og av vegetasjonen ser vi at dambunnen ofte har noe vann. I et tørt landskap vil slike små vannansamlinger kunne ha betydning for dyrelivet (Spissky, foto K.A. Hoseth).

Sidekantene på jorddammene var ofte bratte. Dette bidrar til erosjon samt vansker med å få etablert stabiliserende vegetasjon. Erfaring fra norske forhold tilsier at sidekant mot vannspeil ikke bør være steilere enn 1:1,5 helst ikke steilere enn 1:2. Vi hadde ofte ikke kunnskap om nedbørfeltens størrelse, men vårt inntrykk var at anleggene hadde brukbar kapasitet mht. flomdemping. Men vi satt også her igjen med et inntrykk av mangelfull dimensjonering mht til større flommer, og ikke minst manglende utforming og dimensjonering av overløpskonstruksjoner.

Flomoverløpene var av variabel kvalitet. Den underligste typen var av stokker som i fig. 43. Denne konstruksjonsformen virket sårbar for undergraving og erosjon. Typen under virket adskillig mer robust (fig. 46).



Figur 46. Flomoverløp mellom to flomdammer som hver tok 30000 m³ (Repejov, foto J. Skauge)

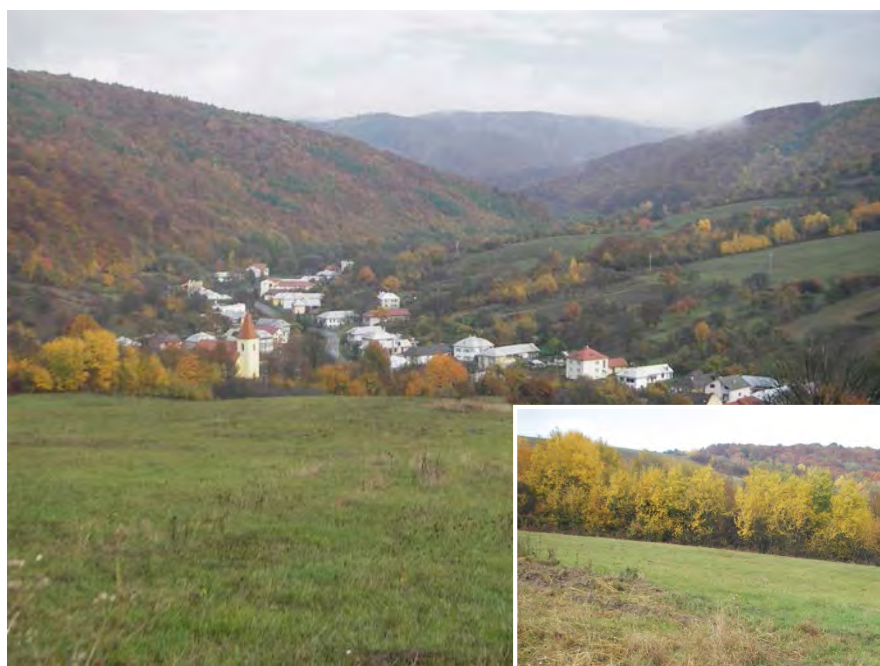


Figur 48. Flomdam som ligger ved siden av bekken. En stokkdam med V-overløp ligger i bekken. Ved flom ledes en delstrøm inn i flomdammen. Tre tilsvarende dammer lå nedstrøms (Okruhle, foto B.C. Braskerud).

8 Avskjæringsgrøfter/flomveger

8.1 Erfaringer i Slovakia

Overvannet kan med fordel ledes gjennom planlagte vannveger, fremfor at det finner sin tilfeldige veg gjennom landskapet. Når vannet ikke ledes vil sterke regnskyll kunne lage hendelser der vann og sedimenter skader bebyggelse og infrastruktur. I Øst-Slovakia er landsbyene ofte plassert ved elva i dalbunnen, omgitt av åsrygger med dyrka mark og skog (fig. 49). Vi så mange ”stygge” erosjonsspor på studieturen.



Figur 49. Landsby i dalbunnen som mottar avrenning fra jordene rundt. En grunn avskjæringsgrøft leder Overflatevannet inn i et bekkedrag (Turcouse, foto B.C. Braskerud).

Gressdekkede vannveger, som virket permanente, var i bruk flere steder (figur 50).



Figur 50. Gressdekkede vannveger. Der det er muligheter kan lave stokkdammer monteres (foto S. Myrabø).

9 Vann og veg

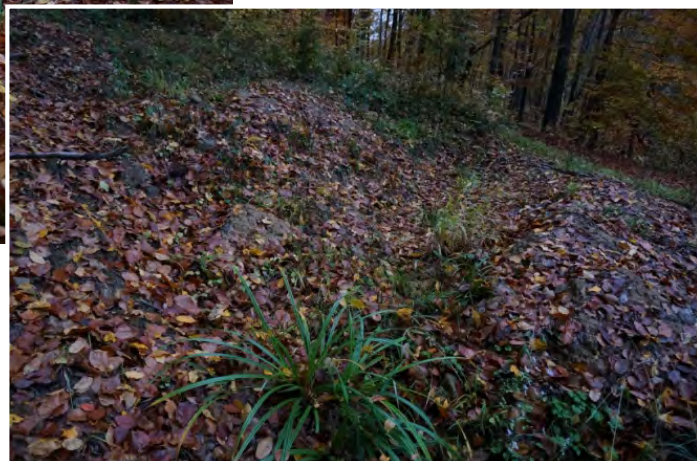
9.1 Tilbakeføring av skogsbilveger

Skogsbilveger samler vann og kan hvis ikke vannet håndteres på en god måte skape stor erosjon. I Michal m.fl. (2012) er det mange bilder som viser hvordan vannet ødelegger terrenget.

I Repejov så vi hvordan man kunne tilbakeføre skogsbilveger som ikke hadde etterbruk til naturen. Gravemaskinger med skuffe arbeidet seg ovenfra og nedover vegen ved å grave fordypning, etterfulgt av voll. På den måten så vegen ut som en miniatyr ”berg og dalbane” (fig. 51). Mer informasjon om teknikken kan finnes på www.floods.sk.⁵



Figur 51. Tidligere skogsbilveg er tilbakeført (B.C.B)



⁵ Nettsiden har film og tekst på engelsk og slovakisk.

9.2 Vann over veg

Kulverter koster. En vannhåndteringsteknikk vi så mye brukt var en slisse i tømmer i vegbanen. To små tømmerstokker bakes og legges ved siden av hverandre i flukt med vegbanen. Vann fra grunne grøfter (eller ingen grøfter) ble ledet over vegen i slissa (fig. 52). Avhengig av terrenget og forventet avrenning, ble stokkene lagt med relativ tett avstand. På den måten ble vannet som fulgte vegen sendt til skogs, før mengdene ble så store at det fikk eroderende kraft. Men vi så mange renner som ikke fungerte tilfredsstillende pga igjenfylling og manglende vedlikehold.



Figur 52. Tømmerrenne som leder vann kontrollert over vegbanen (foto B.C. Braskerud).



Figur 53. Støpt renne på landbruksveg har samme funksjon som tømmerrenna over. Avstanden mellom rennene må ikke bli for stor. (Petrovce foto J. Skauge).

9.3 Infiltrasjonsgrøfter for vegvann

Veger har vanligvis tette overflater; enten fordi dekket er av asfalt eller betong, eller fordi vegbanen er så hardt komprimert at infiltrasjonen er neglisjerbar. Nedbør på veg kan generere store vannmengder, og hvis vannet ikke håndteres på en god måte kan det gjøre stor skade. Bildene under var fra en lang gårdsveg som sendte vann til nedenforliggende bebyggelse, med skade som resultat (fig. XFØ). En del overvannsbasseng ble laget med jevne mellomrom som mottok vegvann og infiltrerte dette. Bassenget var en grop på ca 8 m² og med under 1 m dybde. I forkant var det flettet et gjerde av treaktige vekster som slo rot og lagde en levende vegg på sikt. I følge vår lokale guide var overvannsproblemet løst.



Figur 54. Infiltrasjonsbasseng som mottar vegvann (Keckovce, foto K.A. Hoeseth).

10 Mulig bruk i Norge

10.1 Generelle og viktige utsatte/sårbare punkt

Det er noen svake /utsatte punkter ved alle konstruksjonstypene. Skade eller brudd på selve konstruksjonen var i stor grad enten forårsaket av mangelfull eller skadet forankring av konstruksjonen mot sidekantene og/eller bunnen. Dette hadde gjerne sammenheng med erosjon langs bunnen eller sidekantene av konstruksjonen. De viktigste årsakene er:

- Erosjon ved forankring av konstruksjonen mot breddene/vangene
- Erosjon mot sidene inne i damkonstruksjonen av bakevjedannelse som oppstår ved flomvannføring
- Erosjon under konstruksjonen av manglende forankring, tetting eller erosjonsikring mot bunnen
- Erosjon under og langs sidekantene/vangene av konstruksjonen som følge av at denne overtoppes (konstruksjonene hadde i liten grad nedstrøms avtrapping eller erosjonssikring)

For å hindre at vannet eroderer i bekkesidene må konstruksjonen forhøyes mot sidene eller vannet ledes over senter på dammen ved å lage et lavpunkt her. Ved å grave stokkene godt inn i sidekantene, og legge stokker/kvist i sidene som armering, vil vannbevegelsen mellom jord og dam reduseres, og anlegget forsterkes.

Vi observerte en klar trend med at erosjon og skade på alle konstruksjonstypene tiltok med økende konstruksjonshøyde. En foreløpig konklusjon tilsier at denne type konstruksjoner ikke bør bygges høyere enn ca. 1 m. Konstruksjonene blir mer stabile dess lavere de bygges.

Dammene må aldri lages alene. En dam kan kollapse ved store vannmengder. Ved å lage flere vil dammene nedstrøms kunne fange opp den som evt. kolliderer.

I det følgende vil vi gi en vurdering av mulig bruk av de slovakiske løsningene i Norge. Dette er ikke ment som en uttømmende liste, og inkluderer ikke retningslinjer for å vareta sikkerhet, drift og vedlikehold.

10.2 Tredammer; Kvist- og stokkdammer

Tredammer er vanligvis enkle å anlegge i terreng med løsmasser og god tilgang på trær. Tredammer består av naturlige materialer og forurenses derfor ikke. Transportkostnader av byggematerialer er neglisjerbart.

Erosjon i bekkebunnen reduseres og bekkebunnen løftes over tid forutsatt at det ikke oppstår eroderende vannstrømmer mellom konstruksjonen og opprinnelig terreng.

Stokkdammen er enkle å lage, og kan ha god funksjon på tilbakeholding av vann hvis stokkene legges tett. Dette er trolig den største fordel sammenlignet med kvistdammer som er mer åpne og hvor vannet passerer lettere.

Blir fallhøyden fra toppstokk til bekkeløpet nedstrøms høy, kan erosjon starte og dammen undergraves. Plassering av stokker i bekkibunnen, under bunnstokken kan hindre dette (fig. 11). Trespuntterskel (fig. 12) virker arbeidskrevende å anlegge. Hvis man lager en type med færre stokker (mer lysåpning) kan man klare å fange organisk avfall som greiner og kvister, men vann slipper forbi. Det er mulig en slik versjon kunne være aktuell for å holde kulverter oppe der dette er et problem?

Stokkdammer med kvister er et aktuelt supplement til kvistdammer og stokkdammer. Tiltakstypen vil trolig slippe mer vann igjennom dammen enn stokkdammer uten kvister, og kan for eksempel være aktuell der vannhastighetene ventes å bli svært store. Spaltene i stokkene vil bremse vannet noe, fange organisk skrot og sedimenter. Deretter kan andre damtyper legges nedstrøms. Kvistene som legges mot bekkkantene kan beskytte mot erosjon ved høye vannhastigheter. I bekker med sedimenttransport vil kvistene kunne virke som "armeringsjern" i sedimentet som samles bak anlegget, på samme måte som for kvistdammer.

Mulige svakheter og tiltak:

A) I Norge vil det ofte renne litt vann deler av året, selv i små nedbørfelt. Vannet vil renne under bunnstokken i kvistdammen. Vi er usikre på hva som skjer ved høyere vannføringer. Vil vannet presses under bunnstokken slik at hastigheten øker og erosjonen tiltar? Et mulig mottiltak er å legge fiberduk under bunnstokken som vannet renner over. Fest fiberduken en meter oppstrøms bunnstokken ved å grave en slisse på tvers av vannstrømmen som duken låses fast i. La duken passere bunnstokken. Halm under bunnstokken kan redusere vannhastigheten, og derved redusere erosjonsfaren. Så lenge halmen holdes våt vil den råtne langsomt og ha brukbar levetid.

B) Vann kan grave i jordkantene og løse ut stokkene. Hvis stokkendene er godt festet i jord i sidekantene og kvister plassert ekstra tett mellom stokk og jord, vil vannstrømmen bli svært lav her, og erosjon unngås.

C) Hvis kvistdammen lages for rett på nedstrøms side (som stokkdam med kvister); dvs. at den ikke har trappeform, kan vann erodere bekkibunnen nedstrøms kvistdammen. Hvis kvistdammen har blitt for bratt, kan enten steiner eller en helle (evt. ekstra stokker) legges foran bunnstokken som en styrtsegg, oppå fiberduken i pkt. A (se fig. 11).

10.2.2 Tredammers varighet

Treteriskler laget i Slovakia var som oftest laget av ubarket trevirke. Våre guider mente imidlertid at barking ville forlenge dammens levetid (Fig. 55). En del anlegg hadde derfor gjort dette merarbeidet.

Gry Alfredsen ved *Skog og landskap* på Ås mener bark beskytter den første tiden, fordi barken inneholder en mengde stoffer som hindrer råteangrep (treets hud). Når barken løsner kan det imidlertid lettere bli sted for fuktighet. Hun anbefalte testing av barked kontra ubarked virke i nye anlegg. Arbeidstida ved etablering vil øke, og vil denne tida veies opp mot lengre levetid/mindre vedlikehold?



Figur 55. Barking av trevirke kan forlenge stokkenes levetid hevdet slovakene (Dubrava, foto B.C. Braskerud).

Vertskapet vårt mente at trevirke fra andre arter enn det som dominerte lokalt råtnet langsommere, fordi nedbrytingsorganismene var mindre vel tilpasset disse artene. Hvis det stemmer, kan det være et argument for å transportere trevirke inn i områder der erosjonen, og dermed oppfyllingen av tredammene går langsomt. Kvistdammene og stokkdammene vår gruppe så på var i hovedsak bygget med bøk, furu, og bjørk, men vi så også treslag som ask, alm, lind, lønn, or og osp.

Gry Alfredsen ved *Skog og landskap* på Ås betviler imidlertid nytten av å frakte trevirke av andre arter enn de som dominerer lokalt. Soppsporene flyr langt, og mange sopparter er ”altetende”. Noen treslag er imidlertid kjent for lengre holdbarhet generelt, så disse kan vurderes. Gry forteller videre at soppens nedbrytingshastighet er størst når trevirket har mellom 30-90 % fuktighet (Alfredsen m.fl, 2014). Ved høyere fuktighet går nedbrytingen langsomt. Har trevirket under 20 % fuktighet, stopper nedbrytingen for de fleste sopparter helt opp.

Tenkningen hos slovakere synes å være at fuktig jord/sediment reduserer nedbrytingshastigheten vesentlig, og gir tretersklene lang levetid. Terskler som veksler mellom tørre og våte forhold derimot vil ha kortere levetid. Det sies at Øst Slovakia har et tørrere klima enn Norge og det synes derfor mulig at nedbrytingen av trevirke kan skje noe langsommere der enn her uten at vi har forutsetninger til å mene noe om det. Mer informasjon om tre og råte er gitt i Vedlegg 4.

10.3 Steindammer

I Norge er det rikelig med stein, så i utgangspunktet skulle det være mulig å bruke stein for anlegging av permeable terskler. Vi har imidlertid sett at steinen må være relativt stor om de skal tåle flomvannføring av en viss størrelse. Utforming og dimensjonering av

noen typer terskler finner en i Vassdragshåndboka (Fergus m.fl., 2010) i tillegg til: Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein (Jenssen og Tesaker, 2008).

Stein i kombinasjon med tre vurderes som meget smart konstruksjonstype med anvendelsesområde også hos oss i Norge (fig. 33).

Manuell anlegging av slike terskler kan bli en fysisk og HMS krevende aktivitet. Bruk av nett kan være et alternativ (gabioner). Nettet kan holde stein av mindre størrelse sammen, og det skulle være mulig å fylle et nett manuelt, hvis steintilfanget er i nærheten.

En utfordring vil være at vannet vil følge bekkebunnen (som kan ha stein) og sidekantene som kan være dominert av løsmasser av sand, silt og leire. Vannet kan da begynne å undregrave sidekantene på steindammen. Det er mulig dette kan forebygges ved bruk av fiberduk under steindammen. Der bekkebunn og sidekanter er av fjell/stein, vil denne anleggstypen være bedre egnet, og kanskje eneste alternativ hvis man skal unngå transport av byggematerialer inn i nedbørfeltet.

Bruk av maskinelt utstyr vil nok i hovedsak være ønskelig for anlegging av denne typen permeable terskler og små dammer. Denne damtypen kan ha lang levetid hvis den blir riktig bygd.

10.4 Jorddammer

Flomdammer er meget arealkrevende, og setter store krav til topografien. I Norge er mengden flate areal som i Slovakia minimale, bortsett fra i enkelte jord-/skogbruksområder. Det er allikevel benyttet i boligområder i Norge, som på Fornebu hvor det er anlagt en rekke damanlegg for bl.a. å fordrøye vannet (Myrabø, 1998). På Hedmark er det med hell anlagt et stort antall dammer («gårdsdammer») i jordbrukslandskapet som har mange positive formål, som fremming av fuglelivet (Vedum, m.fl., 2004). Det er imidlertid også mulig vi kunne brukt anlegg som kombinerte park/biologisk mangfold med flomdemping: Arealet kunne da ha en minstevannstand av typen i fig. 44, med rikelig plass til vann ved nedbør. Vannet vil dreneres ut av anlegget via rør eller V-formet overløp.

I landbrukslandskapet anlegges det fangdammer eller renseparker for å bedre vannkvaliteten på jordbrukspåvirkede bekker (Braskerud, 2002). Disse har ofte lave, steinsatte jordterskler i u tløpet, men er i utgangspunktet for små for å dempe flomvannføring effektivt. Man kan tenke seg muligheten for å endre anleggene til også å håndtere større vannmengder.

Å sette store areal midlertidig under vann på en kontrollert måte er et annet alternativ (fig. 41). Norsk topografi inviterer ikke så ofte til slike løsninger, men skal ikke utelukkes der det er mulig. Tenkningen rundt vannhåndtering på denne måten er imidlertid nokså fremmed.

En annen mulig plassering kan være i små ravinedaler i utmark. Oppdemming vil kunne stabiliser sideskråninger. Kun oppbygging av dam er nødvendig.

Generelt tror vi denne anleggstypen passer best i små nedbørfelt for å unngå at anleggene blir svært store. Et anlegg trenger imidlertid ikke å dempe hele flomvannføringen, en viss flomdemping kan være tilstrekkelig for å unngå skade. Dette gjøres i Norge i dag, men enda mer i Sverige, f.eks. reetablering av våtmarker (Jöborn m. fl., 2006). For regnbed, som ofte er svært små i størrelse, men store i forhold til nedbørfeltet, brukes ofte 5 % som en tommelfingerregel (Paus og Braskerud, 2013 og Braskerud m.fl., 2013). Brukt for å dempe avrenning fra veg kan slike basseng være aktuelle, fordi vegarealene ofte kan være små (fig. 54). Dette gjøres av og til i Norge i dag, ofte i kombinasjon med vannrensing (NKF og NORVAR's VA/Miljøblad, 2007).

Når jord blottstilles ved at vegetasjonen fjernes, er det viktig å så t il/etablere ny vegetasjon med tilpassede arter. Dette må gjøres raskt, slik at erosjon og skade på anleggene unngås.

10.5 Avskjæringsgrøfter/flomveier

Norsk landbruk anvender gressdekkede vannveger i en viss grad. I mer urbane områder er de trolig mindre vanlige, siden Leland (2013) måtte til Island for å finne gode eksempler i sin masteroppgave på temaet. Vannveger gjør infiltrasjon mulig der jordartene ikke er for tette. I urbane strøk kan det være økonomi i å drenere vannvegen for å øke infiltrasjonskapasiteten. Bruk av terskler av stokker, jord eller stein kan være aktuelt og nødvendig der vannhastigheten kan bli stor, for å unngå erosjon. Leland anbefaler tiltak for å redusere vannhastigheten der hellingen er over 5 %.

Utprøvinger av vann- og flomveger, både gresskledd og med harde overflater er ønskelig. Økt andel tette flater genererer økt overflateavrenning. Erfaringer ved bruk av dette tiltaket er mangelfull for våre forhold. Potensialet for å redusere skade er imidlertid meget stort ved å lage flomveier, men det må planlegges nøye slik at en ikke lager problemer på steder der flomvannet blir ledet. Bratlie (2013) kartla vannvegene i Nedre Eiker. Svært mange boliger vil få overflatevanninntrenging ved store nedbørhendelser, fordi husene ligger i flomveier som kun er synlig ved avrenning. Planlagte flomveier vil av den grunn være forebyggende.

10.6 Vann og veg

Skogsbilveger skaper store utfordringer i Norge. Der skogsbilvegen etter uttak av tømmer ikke har annen funksjon, kan man vurdere å tilbakeføre anlegget til en tilstand der skade på omgivelsene minimeres.

Bruk av overflaterenner av lignede type som i fig. 52 og 53 blir også anbefalt brukt i Norge (Fergus m.fl., 2011). Her blir det påpekt at vedlikehold/ettersyn er nødvendig og at andre materialer enn tre er å foretrekke pga. lengre varighet. Bruk av stein er også en mulighet. Der overvann fra veg skaper problemer kan infiltrasjonsbasseng være aktuelle. I selvdrenerede masser, er de relativt enkle å lage. På veger med høy trafikk tetthet vil slike anlegg kunne være utfordrende av trafiksikkerhetsmessige årsaker. På lokale veger er det kanskje mer aktuelt.

11 Konklusjoner

Vår rundreise i Slovakia har gitt oss innspill på konstruksjon og mulige FoU aktiviteter:

11.1 Konstruksjon/bruk av tiltak

Vår bestilling til våre slovakiske guider var å se på forskjellige anlegg som kan dempe flomvannføring og samle materiale som kan redusere kapasiteten på vanntransporten gjennom rør. Vi ønsket fortrinnsvis å se anlegg laget av stedegent materiale som hadde vært utsatt for en trøkk og bestått prøven, eller som hadde kollapset, fordi vi tror det er ved å se på mislykkede tiltak vi lærer mest.

I hovedsak ble målene ved turen oppfylt. Antall kvistdammer (fig. 3), slik vi normalt bruker begrepet i Norge var dessverre lite. Vi fikk imidlertid sett mange andre typer vi ikke var så godt kjent med. Hva fikk vi med oss?

Fordeler med tiltakstypene:

1. De fleste "kvistdammene" kan lages av lokalt materiale på en "enkel og rimelig" måte.
2. De kan tilpasses lokal topografi, og virker ikke forurensende.
3. I utgangspunktet tenker vi at anleggene brukes i mindre nedbørfelt og sidevassdrag uten årsikker vannføring for å unngå at tiltakene virker som vandringshindre for fisk. De utsettes da for mindre vannmengder, som trolig vil redusere sjansen for kollaps.
4. "Kvistdammer" av forskjellige typer ser ut til å kunne samle sediment og løst skogsavfall på en god måte. I Norge vil nok kvistdamtypen (fig. 3) bli standardutgaven, mens rene stokkdammen kan benyttes for å samle og holde på vann over en lengre periode. Stokkdammen (fig. 11) er kanskje bedre egnet i svært små dråg og med damhøyde under 0,5 m. Stokkdam med kvister (fig. 22) slipper ofte gjennom mer vann enn stokkdammen, og kan kanskje være anvendelig som en av de første tersklene i en kaskade (rekke) av tersker i bekkestrengen mot kulverten, der vannfarten dempes noe. Det må alltid lages flere "kvistdammer" etter hverandre for å sikre mot kollaps. Skulle ett anlegg feile ved flomvannføring, vil det neste ta imot (fig. 37 og 38).
5. Dammer av stein, spesielt de i kombinasjon med tre, var robuste og egner seg godt mange steder i Norge der stein er et naturlig element i bekkene (fig. 33). Skal steinene ligge stabilt, må størrelsen være tilstrekkelig. Det kan bli en utfordring hvis maskinell utforming ikke er mulig.
6. Jorddammer (fig. 43) er trolig best egnet der arealet kan ha multifunksjon, dvs. kunne tilfredsstillende andre behov enn kun flomdemping. Det skyldes at tiltaket krever store areal for å ha betydning.
7. Bruk av avskjæringsgrøfter og flomveger for å lede vann til areal som tåler vannmengdene er meget aktuelt i Norge (fig. 50). Avskjæringsgrøfter mot utmark er vanlig dreneringsteknikk i landbruket, og gressdekkede vannveger på jordene brukes

stedvis. Det gjenstår en del utviklingsarbeid og mentalitetsendring for å få tiltakene i gjengs bruk andre steder i samfunnet. Tilbakeføring av skogsbilveier og økt bruk av overflaterenner er noe en kan vurdere i Norge også, for å minske problemene der skogsbilveier fører til store problemer med vann på avveie, erosjon og jordskred nedstrøms.

Utfordringer med tiltakstypene:

1. Alle dammer har tre svakhetpunkter der erosjon kan undergrave anlegget: Det er *sidekant*, *damfot* og *erosjon under anlegget* (fig. 20, 21, 31 og 35). Dette gjelder om byggmaterialet er av tre eller stein. Vi så mange eksempler på at dette hadde skjedd. Skal en dam ha lang varighet, må *vannhastigheten* mellom løsmassene anlegget er bygget i og trematerialene/stein som dammen er bygget av være svært lav. Solid forankring til sidekantene er nødvendig, for eksempel med fiberduk (som beskytter bekkebunnen mot erosjon), stein (laget som filter der vannet renner langsomt, fig. 17) eller andre materialer som sinker. Bruk av stokker som legges i bekkebunnen under dam av tre (og nedstrøms) kan hindre erosjon under anlegget og utgraving av damfoten når tiltaket overtoppes av flomvann (fig. 11).
2. Levetiden kan være begrenset. En viktig motivasjon for å anlegge "kvistdammer" er å forebygge skade på veg og bane fordi vedlikehold av kulverter og stikkrenner er kostbart, og bevilgningene til dette arbeidet er for knappe. Men intet tiltak varer evig. Basert på rundreisen i Slovakia fikk vi inntrykk av at anlegg som mottok mye sediment og derfor ofte ble holdt fuktig, hadde lang levetid. Slike anlegg har mao. en god funksjon, men når de er fylt, må nye bygges om tilbakeholdingen i nedbørfeltet skal vedvare ("kvistdammer" tømmes ikke). Hvis fylte dammer revegeteres vil de skape mer stabilitet og redusere erosjonen. Anlegg som står mindre eksponert vil gjennomgå forråtnelse på samme måte som annet trevirke i naturen. Hvor lenge varer et anlegg, og er det noe vi kan gjøre for å øke levetida? Anlegg av stein vil i prinsippet kunne ha svært lang levetid, men er trolig svært mye mer krevende og kostbare å anlegge.
3. Konstruksjonstypene gir vannstandsprang, og det må vurderes at ikke dette skaper problemer for bla fiskevandring. Små bekker kan ha stor betydning for biologisk mangfold og fisk, og i bekker der vannstandsprangene gir problemer må avbøtende tiltak som alternative fiskepassasjer anlegges, eller tilpasning av konstruksjonene for å muliggjøre fiskevandring gjennomføres.

Basert på erfaringene fra studieturen i Slovakia og norske anlegg på Minnesund, har vi laget faktaark for etablering av kvistdammer i Norge.

11.2 Forskningsbehov

I utgangspunktet virker bruk av lave dammer/terskler som et interessant tiltak for håndtering av flomvann i små nedbørfelt. Studieturen har imidlertid pekt på en del forhold det er nyttig å forbedre:

1. Vi trenger å teste flere kvistdammer, stokkdammer og stokkdamer med kvister i Norge. Topografien, grunnforholdene og ikke minst klimaet varierer så mye at suksess ett sted kan være fiasko et annet. Hvordan påvirkes konstruksjonen av is, tele og kjøving?
2. Kan en form for kvistdammer tenkes brukt som tiltak for å hindre senking av bekkebunnen i områder med dårlig stabilitet med hensyn til utvasking/skred? Hvilke hensyn må tas dersom tiltakene ligger under marin grense?
3. Bruk av stein er kanskje et egnet tiltak i områder med mye fjell/stein i dagen. Finns teknikker der man kan anlegge små dammer manuelt, eller begrenses dette tiltaket til bruk av maskinelt utstyr?
4. Hvor lenge varer tiltakene, før de:
 - a. fylles med sediment og skogsavfall?
 - b. råtner og ikke lenger virker beskyttende? Vil barking kunne forlenge levetida, slik slovakene hevder, eller er det andre ting som kan gjøres for å forlenge driftida?
5. Når et skogsområde er hugget ut og det er ingen/liten etterbruk av vegen, skal den da tilbakeføres til naturen fremfor å ligge uten vedlikehold med potensiale til å samle vann og utløse hendelser? Hvordan kan dette gjøres?
6. Utprøving av flomveger. Hvordan etablere og sørge for god funksjon i vinterhalvåret, med frossen bunn og snøsmelting?
7. Avskjæringsgrøfter.
8. Gjennom dialog med Landbruksdepartementet/SLF supplere Forskrift om tilskudd til nærings- og miljøtiltak i skogbruket §§4- 6.(Tilskudd til skogkultur, Tilskudd til vegbygging, Tilskudd til miljøtiltak i skog):
 - a. retningslinjer for å "fjerne" midlertidige skogsbruksveier (ref. Slovakia)
 - b. tiltak for å håndtere avrenning fra skogsveier (ref. Slovakia)
 - c. midlertidige sikringstiltak under anleggsdrift.
 - d. utvikle retningslinjer som forebygger flom og skredhendelser.

12 Referanser

Alfnes, E. og E.J. Førland (2006). *Trends in extreme precipitation and return values in Norway 1900-2004*. Met.no report 2/2006 Climate.

Alfredsen, G., L.R. Gobakken, P.O. Flæte, C. Brischke (2014). *Faktorer som påvirker levetiden til tre utendørs*. *Agrarica*, vol 43; 11-18.

Braskerud, B.C. (2002). *Fangdammer/konstruerte våtmarker som et tiltak i restaurering av vassdrag*. VANN nr. 3/2002; 256-259.

Braskerud, B.C., K.H. Paus og A. Ekle (2013). *Anlegging av regnbed. En billedkavalkade over 4 anlagte regnbed*. NVE-rapport nr. 3/2013; 49 s.

Bratlie, R. (2013). *GIS finner flomveiene*. VANN nr. 2/2013; 272-277.

Direktive 2007/60/EC, on the assessment and management of flood risks (flomdirektivet). Official journal of the European Union. 8 sider.

Hanssen-Bauer, I., H. Drange, E.J. Førland, L.A. Roald, K.Y. Børsheim, H. Hisdal, D. Lawrence, A. Nesje, S. Sandven, A. Sorteberg, S. Sundby, K. Vasskog og B. Ådlandsvik (2009). *Klima i Norge i 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*. Norsk klimasenter, September 2009, Oslo; 148 sider.

Fergus, T., Ø. A. Høydal, T.-E. Johnsrud, F. Sandersen, S. Schanche (2011). *Skogsveier og skredfare – veileder*. NVE, NGI, Skogbrukets kursinstitutt.

Førland, E., J. Mamen, K. Ødemark, H. Heiberg og S. Myrabø (2014). *Dimensjonerende korttidsnedbør for Telemark, Sørlandet og Vestlandet*. NVE-Rapport 3/2014; Meteorologisk Institutt Rapport 28/2013.

Gaarder, G., Erikstad, L., Larsen, B. H. & Mjelde, M. 2012. Sammenhengen mellom rødlista for naturtyper og DN-håndbok 13. Inkludert midlertidige faktaark for nye verdifulle naturtyper. Ravinedal kapittel 12, side 47. Miljøfaglig Utredning Rapport 2012:26. ISBN: 978-82-8138-592-4

Jenssen, L. og E. Tesaker (2009). *Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein*. NVE veileder nr 4/2009; 182 s.

Kravicik, M., J. Kohutian, M. Gazovic, M. Kovac, M. Hrib, P. Suty og D. Kravicikova (2012). *After us, the desert and the deluge?* NGO People and Water; 232 sider gjennomillustrert av Slovakiske dam-typer. http://www.ludiaavoda.sk/data/files/44_kravicik-after-us-the-desert-and-the-deluge.pdf

Kravicik, M., J. Pokorny, J. Kohutiar, M. Kovac and E. Toth (2008). *Water for the Recovery of the Climate – A new Water Paradigm*. NGO People and Water; 122 pages

Leland, T. (2013). *Gresskledde vannveger i norsk klima*. Vann 3 (48); 433-436.

Paus, K.H. og B.C. Braskerud (2013). *Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold*. Vann 1 (48); 54-67.

Ødemark, K., E.J. Førland, J. Mamen, C. A. Elo, A.V. Dyrddal og S. Myrabø, 2012: *Ekstrem korttidsnedbør på Østlandet fra pluviometer og radar data*. NVE-Rapport 78/2012; Meteorologisk Institutt Rapport 14/2012.

Direktoratet for Naturforvaltning: Håndbok 13:2.utgave 2006 oppdatert 2007. Kartlegging av naturtyper - verdisetting av biologisk mangfold.ISBN (pdf): 978-82-7072-708-7 ISSN: 0802-8370

Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2011. Fjell, berg, rasmark og annen grunnlendt mark – I: Lindgaard, A. og Henriksen, S. (red.) 2011. Norsk rødliste for naturtyper 2011. Artsdatabanken, Trondheim.

Fergus, T., K.A. Hoseth og E. Sæterbø (red.) (2010). *Vassdragshåndboka*. Tapir akademiske forlag, Tondheim; 428 s.

Flæte, P. O., Alfredsen, G., Evans, F. G. 2011. Natural durability of wood tested in different environments in Northern Europe. International Research Group on Wood Protection. Doc. No. IRG/WP 11-10747: 14 pp.

Flæte, P. O., Alfredsen, G., Evans, F. G. 2012. Testing av naturlig holdbarhet i feltforsøk. Treteknisk informasjon nr.1 2012 s.21-22.

Jöborn, A., I. Danielsson og H. Oscarsson (red.) (2006). *På tal om vatten. Om vägen mot en hållbar vattenförvaltning*. Vastra rapport 6; finansiert av www.mistra.org.

Lindgaard, A. og Henriksen, S. (red.) 2011. Norsk rødliste for naturtyper 2011. Artsdatabanken, Trondheim. 112 s.

Moen, A. & Øien, D-I. 2011b. Våtmarkssystemer – I: Lindgaard, A. og Henriksen, S. (red.) 2011. Norsk rødliste for naturtyper 2011. Artsdatabanken, Trondheim.

Myrabø, S. og R. Roseth (2009). *Naturbasert overvannshåndtering – Løsning med åpne vannsystemer*. VANN nr. 4/98; 416-421.

NKF og NORVAR's VA/Miljøblad (2007). *Utforming av overvannsdammer*, Nr. 75/2007; 6 s. NORVAR har endret navn til Norsk Vann.

Vedum, T.V., H. Hofstad, S. Åstrøm, R. Ødegaard, D. Dolmen, S. Sørensen, K.F. Vold og K.Ø. Bryhn (2004). *Dammer i kulturlandskapet – til glede og nytte for alle*. Rapport 03/04 Fylkesmannen i Hedemark, landbruksavdelingen, 70 s.

13 Takk

Denne rapporten er i hovedsak finansiert av NIFS-prosjektet (www.naturfare.no). Tid til å delta på studieturen er betalt av våre arbeidsgivere i prosjektet; Jernbaneverket (JBV), Statens vegvesen (SVV) og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). I tillegg har Forskningsrådsprosjektet ExFlood bidratt noe. Vi takker alle for støtten.

Ved utviklingen av klimatilpassingsprogrammet mellom Slovakia og Norge, ble vi for første gang klar over denne teknologien. En takk til EEA-grant systemet som tilrettelegger for bilateral kontakt.

Uten planlegging og gjennomføring fra ansatte i "People and water" og deres medhjelpere lokalt, ville ikke turen latt seg gjennomføre i praksis. Takket være god planlegging fikk vi dekket et høyt antall anlegg. Lunsjer og innkvartering var nesten alltid noe utenom det vanlige. En spesiell takk til Michal den eldre, Michal den yngre og Danka.



Noregs
vassdrags- og
energidirektorat



Jernbaneverket



Statens vegvesen



Ex flood



14 Vedlegg

Vedlegg 1: Reiserute/program

Check Dam tour Slovakia

14.-18.10.2013. Original program

14.10.2013

12:10 a.m. – Airport Budapest

4:00 p.m. – Arrival to Košice (280 km) – Accommodation – Hotel Lokomotíva.

6:00 p.m. – Dinner – after dinner presentation about methodology of projects implementation

15.10.2013 - Ondavka River Basin

7:30 a.m. Breakfast

8:00 a.m. Departure to Ondavka River Basin

9:30 a.m. Arrival to village Ohradzany

1. Group: Gruzovce a Slovenská Volová – New projects
2. Group: Ohradzany and Turcovce – old projects implemented in 2011, 2012 and New projects
3. Group: Baškovce – Old project 2011, 2012 and new projects, in 2013 was flooded

2:00 p.m. – Lunch - Baškovce

4:00 p.m. – All groups Repejov - old project implemented in 2011 – 2 projects in one village

6:00 p.m. - Dinner and accommodation – Observatory Station in Roztoky

16.10.2013 River basin Ondava

9:00 a.m. – Departure to field trip

1. Group Roztoky, Kečkovce – classic flood protection project in Roztoky and Check Dams implemented in 2011
2. and 3 Group: Nižný Mirošov a Nižná Jedľová – old projects implemented in 2011-2012

13:30 Lunch Kružlová

14:30 Departure to fieldtrip

1. Okružle – Old project implemented in 2011
2. Pavlovce – Old project implemented in 2012
3. Kuková – old project implemented in 2012

19:00 Dinner and Accommodation in Levoča, Hotel Stela

17.10.2013 River Basin Hornád

8:00 a.m. Breakfast

9:00 a.m. Departure to fieldtrip

1. Group Granč – Petrovce – Old project implemented in 2011, was flood in 2013
2. Group: Dúbrava – old project implemented in 2011
3. Group Smižany and Olcnavá – Old project implemented in 2011, was floods

12:00 Levoča

1:00 p.m. Conference in Levoča – including presentation from Norway.

6:00 p.m. Bent Departure to Bratislava 356 km

7:00 p.m. Reception around 20 years anniversary of NGO *People and Water*

18.10.2013

6:00 a.m. Breakfast

6:30 a.m. Departure on Airport to Budapest 289 km

Participants

Steinar Myrabö (JBV), hydrology

Tone Israelsen (JBV), engineering leader Infrastructure Construction Division.

Torgeir Kval (SVV), building new roads

Sven-Haakon Nordlien (SVV), maintenance of existing roads

Joar Skauge (NVE), hydrotechnical planning for flood mitigation

Knut Hoseth (NVE), hydrotechnical planning for flood mitigation

Bent C. Braskerud (NVE), urban and agricultural hydrology

Participants from France (documentary film crew)

Valérie Valette, director of the documentary «Flowers of the Future: Agua Boa »

Fabien Blanchon, cameraman

Katarina Rimegova, Slovak translator.

Transport:

3 personal cars – together for 13-14 people

Expert an technical team for services

Michal Kravčík

Michal Gažovič

Danka Kravčíková

Miroslav Hříb

Se foto i fig. 56, i Vedlegg 2.

Vedlegg 2: Foto av deltakere på studieturen



Figur 56. Deltakere på studieturen fra venstre til høyre: Michal Kravčík, Valérie Valette, Torgeir Kval, Steinar Myrabø, Sven-Håkon Nordlien, Joar Skauge, Bent C. Braskerud, Knut A. Hoseth, Tone Israelsen, Michal Gažovič, Danka Kravčíková og Katarina Rimegova (Tidligere grensestasjon mot Polen i Roztoky, foto Fabien Blanchon).



Figur 57. Deltakelse på halvdagseminar om restaurering av nedbørfelt 17. okt. 2013 (venstre), og gjennomgang av dagens fotofangst (høyre).

Vedlegg 3: Evaluation sheet for check dam visits

1. Date and time:
2. Place: Name, GPS coordinates
3. Size of catchment: (known or estimated)
4. Average annual precipitation:
5. Soil type dominating, and typical depth:
6. Vegetation on the site: (type)
7. Establishment and maintenance of vegetation: (planting or natural establishment)
8. Usually running water or dry stream: (weeks dry/with water/year)
9. Why was check dams built: (known hazards, expecting hazards or external stimulation etc)
10. Estimated costs: (hours used, money)
11. Number of check dams in catchment:
12. Build year: (season and year)
13. Distance between dams (m): (average and min-max)
14. Is dam crest in same height as previous dam foot? (Yes/No, and ca. m difference)
15. Steepness in stream (% or degrees): (average, min/max)
16. Type of check dams: (Branches, logs, gabion, earth fill dams etc)
17. Typical high and width of dams (m):
18. Soil type in river banks:
19. Anchoring of dam in banks: (estimate how well this is done)
20. Robustness against erosion (around the dam):
21. Type of flood episodes occurring since being built: (annual, less than or higher)
22. Estimate precipitation in the episode.
23. Evaluation of the check dams: (sediment captured, need for maintenance, etc.)

Vedlegg 4: Råte og treverk

Råte i forbindelse med soppangrep er og et stort problem på tradisjonelle trefartøy. Hva angår tilgangen til vann krever de fleste sopparter en fuktighet i treverket på mellom 25 - 70 %. Kommer en under 20 - 25 % dør soppen, eller går i en dvaletilstand og slutter å utvikle seg. Kommer fuktigheten over 70 %, får soppen for lite oksygen og ”drukner”. Derfor vil treverk som er helt under vann eller eventuelt gravet ned i bakken med ingen tilgang på oksygen, kunne holde seg fri for råte i hundrevis eller tusenvis av år⁶.

Trevirke som brukes i kontakt med jord er utsatt for en ekstrem råterisiko. Jorda bidrar til at trevirket over lange perioder har en trefuktighet som gir optimale forhold for råtesopper. Over bakken er trevirket mindre utsatt for råtesopper. Råterisikoen avhenger av konstruksjonsmessige løsninger og lokalklima. Noen insekter kan skade trekonstruksjoner, men med noen få unntak er disse sjelden en trussel for trevirkets varighet⁷.

I prosjektet ”Klassifisering av norske treslags naturlige holdbarhet – metoder for feltprøving og evaluering av nedbrytningsforløp over bakken” ble mange tusen treprøver testet i laboratorie- og felttester. Prosjektet evaluerte trevirke sin naturlige holdbarhet i bakken og sammenliknet trevirke med jordkontakt med trevirke nær jordbakke. Resultatene viste som forventet, raskere nedbrytningsgrad i jordkontakt enn over bakken. Trevirket som ble testet, ble mer nedbrutt i testen på Vestlandet enn på Østlandet. Dette forklares med høyere råterisiko i et fuktig vestlandsklima, enn i et tørrere østlandsklima.

I jordkontakt ble noen av treslagene fullstendig nedbrutt allerede etter 6 år, det var blant annet bjørk, bøk, edelgran, vanlig gran, furu, lind, lønn, or, sitkagran, yteved og western red cedar (WRC) vokst i Norge. Disse treslagene hadde en gjennomsnittlig levetid i jordkontakt på 3-4 år⁸.

Naturlig holdbarhet for treslag er klassifisert i standarden NS-EN 350-2. Dataene i standarden er basert på informasjon som er hentet for treslagets kjerneved i jordkontakt, men også fra andre kilder, innbefattet historiske registre, praktisk erfaring, laboratorieprøvinger og andre data.

All yteved regnes som ikke holdbar. I standarden (NS-EN 350-2: 1994) er følgende holdbarheter gjort rede for:

- Naturlig holdbarhet mot treødeleggende sopp (råte)
- Naturlig holdbarhet mot larver av treødeleggende biller (som husbukk)
- Naturlig holdbarhet mot termitter
- Naturlig holdbarhet mot marine organismer (som pælemark)

⁶ Mattson, Johan 1995. *Råte og insektskader*. FOK programmets skriftserie nr.23. Norges Forskningsråd. Ullevålseter, R.O. 1968. *Trevirket i norske trefartøyer. Undersøkelser over biologiske skader og beskyttelsesmetoder*. Fiskeridirektoratets skrifter, serie fiskeri. Vol V No.2.

⁷ kilde: Trefokus

⁸ kilde artikkel Treteknisk Informasjon nr. 1/2012

I følge standarden er kjerneved av furu holdbar mot husbukk (*Hylotrupes bajulus*) og stripet borebille (*Anobium punctatum*), mens yteveden er mottakelig. Furukjerneved er derimot mottakelig for stokkmaur og marine borere (pælemark).

Trevirkets holdbarhet mot treødeleggende sopp er vanligvis av størst interesse for norske forhold, spesielt brukt utendørs. Holdbarhet mot treødeleggende sopper er delt inn i fem klasser,

- fra 1: Meget holdbar
- til 5: Ikke holdbar.

Enkelte tropiske treslag, som for eksempel teak, er meget holdbare fra naturens side, og defineres i holdbarhetsklasse 1. Dette betyr at disse treslagene kan brukes i jordkontakt og ha lang levetid. Det er imidlertid ingen norske treslag som har denne holdbarheten. Den høyeste har barlind og eik i holdbarhetsklasse 2: Holdbar. Kjerneved av lerk og furu klassifiseres i holdbarhetsklasse 3-4: Middels til lite holdbar. Alle disse definisjonene er gitt på bakgrunn av treslagets holdbarhet i jordkontakt. Både lerk og furu er derfor uegnet i jordkontakt. Alle forsøk i de senere år viser også dette.

INS-EN 335-2: 1994 er risikoklasser for heltre med hensyn på klima definert.

Referanser

Norsk Forskningsråd: ”Klassifisering av norske treslags naturlige holdbarhet – metoder for feltprøving og evaluering av nedbrytningsforløp over bakken” av Skog og Landskap, Norsk institutt for skog og landskap og Norsk Treteknisk Institutt (Treteknisk) som er et bransjeforsknings-institutt for treindustrien i Norge.

NS-EN 350-2:1994. *Tre og trebaserte produkters holdbarhet - Holdbarheten av heltre - Del 2: Holdbarhet og impregnerbarhet av utvalgte tresorter av betydning i Europa.* Standard Norge.

NS-EN 335-2:2006. *Holdbarhet av tre og trebaserte produkter - Definisjon av bruksklasser.* Standard Norge.

NS-EN 252: Feltesting i jordkontakt

Vedlegg 5: «Kvistdammer» under flomvannføring

Mai 2014 falt store nedbørmengder over Slovakia og «kvistdammer» av forskjellige typer måtte håndtere mye vann. Under presenterer vi noen foto tatt av Michal Kravcik som reiste rundt for å dokumentere virkningen.



Figur 58. Flomvannføring. Terskel lager vannspeil og reduserer erosjon i elva.



Figur 59. Stokkdam overtoppes.



Figur 60. Terskel demmer opp vann midlertidig.



Figur 61. Stokkdammer samler opp sediment og skrot. Dammene er permeable, dvs. vann slippes igjennom mellom stokkene. Dermed reduseres vannhastigheten.



Figur 62. Steindam overtoppes. Skogsavfall og sedimenter holdes tilbake.



Figur 63. Barkede stokkdammer under flomvannføring. Høyre var kanskje en kombinasjonsdam med stein, og virker undergravet (jmf. fig. 36). Anlegget virker likevel noe flomdempende.



Figur 64. Gabinondammer med liten og stor vannføring.



Figur 65. Dammene fra fig. 44 er fylt med vann etter styrtregnet.

Utgitt i Rapportserien i 2014

- Nr. 1 Analyse av energibruk i forretningsbygg. Formålsdeling. Trender og drivere
- Nr. 2 Det høyspente distribusjonsnett. Innsamling av geografiske og tekniske komponentdata
- Nr. 3 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Dimensjonerende korttidsnedbør for Telemark, Sørlandet og Vestlandet: Eirik Førland, Jostein Mamen, Karianne Ødemark, Hanne Heiberg, Steinar Myrabø
- Nr. 4 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 7. Skred og flomsikring. Sikringstiltak mot skred og flom Befaring i Troms og Finnmark høst 2013
- Nr. 5 Kontrollstasjon: NVEs gjennomgang av elsertifikatordningen
- Nr. 6 New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway. Tuomo Saloranta
- Nr. 7 EBO Evaluering av modeller for klimajustering av energibruk
- Nr. 8 Erfaringer fra ekstremværet Hilde, november 2013
- Nr. 9 Erfaringer fra ekstremværet Ivar, desember 2013
- Nr. 10 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 4. kvartal 2013. Ellen Skaansar (red.)
- Nr. 11 Energibruksrapporten 2013
- Nr. 12 Fjernvarmens rolle i energisystemet
- Nr. 13 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Karakterisering av flomregimer. Delprosjekt. 5.1.5
- Nr. 14 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer
- Nr. 15 Tilleggsrapport: Oppsummering av Energimyndighetens og NVEs gjennomgang av elsertifikatordningen
- Nr. 16 Flomberegning for Nesttunvassdraget (056.3Z). Thomas Væringstad
- Nr. 17 Årsrapport for tilsyn
- Nr. 18 Verktøyprosjektet - hydrologi 2010-2013. En oppsummering av aktiviteter og resultater. Erik Holmqvist (red.)
- Nr. 19 Flom og jordskred i Nordland og Trøndelag desember 2013. Elin Langsholt, Erik Holmqvist, Delia Welle Kejo
- Nr. 20 Vindkraft i produksjon i 2013
- Nr. 21 FoU-prosjekt 81072 Pilotstudie: Snøskredfarekartlegging med ATES (Avalanche Terrain Exposure Scale) Klassifisering av snøskredterreng for trygg ferdsel
- Nr. 22 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 3.1. Hvordan beregne ekstremverdier for gitte gjentaksintervaller? Manual for å beregne returverdier av nedbør for ulike gjentaksintervaller (for ikke-statistikker)
- Nr. 23 Flomsonekart Delprosjekt Tuv. Kjartan Orvedal, Julio Pereira
- Nr. 24 Summary of the review of the electricity certificates system by the Swedish Energy Agency and the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE)
- Nr. 25 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett. Drift og formidling 2011. Jonatan Haga Per Alve Glad
- Nr. 26 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 1 Naturskadestrategi. Sammenligning av risikoakseptkriterier for skred og flom. Utredning for Naturfareprogrammet (NIFS)
- Nr. 27 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Skredfarekartlegging i strandsonen
- Nr. 28 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. "Kvistdammer" i Slovakia. Små terskler laget av stedegent materiale, erfaringer fra studietur for mulig bruk i Norge



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

