FASTVEG

Forsterkning av skogsbilveibæreevne, trinnvis enkel Groundeco-metode

Sluttrapport til Skogbrukets Verdiskapingsfond for kontrakt 3619

April 2021

Jan Bjerketvedt

NIBIO

Forord

Prosjektet har vært et samarbeid mellom NIBIO, Løiten Almenning og Groundeco Norge.

Produktet Groundeco vil i framtiden blir markedsført under merkevaren EcoX, det vil derfor i denne rapporten bli omtalt som Groundeco/EcoX.

Hovedmålet var å evaluere en ny, forenklet metode for Groundeco/EcoX-behandling av skogsbilveier for å øke bæreevnen i eksisterende masser.

Prosjektet har vært finansiert med økonomisk støtte fra Skogbrukets Verdiskapingsfond og egeninnsats fra prosjektdeltagerne. Den opprinnelige prosjektplanen har blitt noe nedskalert, da budsjettet ble justert fra 1,52 mill. til 0,9 mill.

Innhold

Forord ... 2
Innledning ... 4
Materiale og metoder ... 5
Forsøksveiene ... 5
Stigningsforhold ... 6
Løsmasseforhold ... 7
Avrennings-/markfuktighetsforhold ... 8
Tiltakstidspunkt og -forhold ... 9
Forenklet Groundeco/EcoX-stabilisering ... 10
Utstyr og målemetoder ... 11
Måling av bæreevne ... 12
Lettvektsfallodd ... 12
Platebelastning ... 12
SVV's fallodd ... 13
Måleresultater ... 15
Grusanalyser ... 15
Bæreevnemålinger ... 15
Lettvektsfallodd ... 15
Platebelastning ... 15
SVV's fallodd ... 17
Platebelastning kontra fallodd ... 20
Avbrutt falloddsmåling ... 21
Økonomi og alternative løsninger ... 22
Diskusjon ... 23
Litteratur ... 26
Vedlegg ... 27

Innledning

Omtrent 75 % av skogsbilveiene i Norge er eldre enn 25 år. Mange av disse er anlagt med stedegne masser av svært varierende kvalitet, ofte morenematerialer med høy finstoffandel.

Fylkesmannen i Hedmark kom i 2016 med rapporten «Tilstandsregistrering skogsbilveger i Hedmark 2015» hvorfra følgende resultater er hentet (Fylkesmannen i Hedmark 2016).

For hoved- og sekundærveier klassifisert som «bør bygges om»:

«*14 prosent av vegnettet bør av ulike årsaker bygges om. Veger som bør bygges om kjennetegnes ved dårlig bæreevne, behov for nytt slitelag og behov for grøfterensk. For fylket utgjør dette 1.594 km.» «For snaut halvparten av vegene i denne kategorien er det behov for å forsterke bæreevnen. Det gjelder både for hoved- og sekundærveger*.»

For hoved- og sekundærveier klassifisert som «må bygges om»:

«*19 prosent av vegnettet må bygges om for at det skal kunne transporteres tømmer med tømmervogntog på dem.» «Bæreevnen er gjennomgående dårlig. For hovedveger har 65 prosent av vegene, i alt 573 km, behov for bæreevneforsterking. Dette gjelder i enda sterkere grad for sekundærvegene hvor 83 prosent, i alt 1.072 km, av vegene har dårlig bæreevne*.»

Veikroppen er formet som et trapes og en tradisjonell forsterking av bærelaget gjennom å tilføre mere masser vil gjøre kjørebanen (på toppen av trapeset) smalere. Dette er uønsket da man som regel allerede sliter med for smale veier. Konsekvensene er at man må både forsterke og breddeutvide veien. Et alternativ kan være å forbedre de eksisterende massene gjennom å tilføre bæreevneforsterkende materiale uten breddeutvidelse hvor veien tilfredsstiller breddekravene i dag, - eller å breddeutvide med lokale dårlige masser hvis nødvendig.

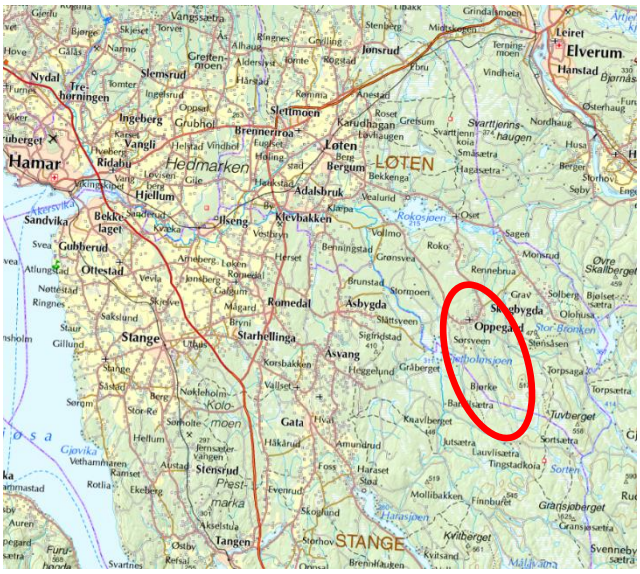
Groundeco/EcoX er en kjemisk væske som tynnes ut med vann før påsprøyting på veien. Den direkte effekten er at vannets binding til kolloidene (små partikler) brytes og det går fra å være bundet til å bli fritt vann som kan transporteres bort. Den sekundære effekten er at bæreevnen øker når vannet blir borte.

Den opprinnelige Groundeco-metoden består av tungt og ganske avansert utstyr. Etter en demonstrasjon i Ås-området i 2015 hvor representanter både fra næringen, forskningen og LMD var til stede, ble Groundeco Norge utfordret til å ta frem en enklere og billigere metode rettet inn mot skogsbilveier og med muligheter for egeninnsats fra skogeiere f. eks. på utstyrssiden.

Dette prosjektet tester ut denne forenklede Groundeco/EcoX-metoden for forsterking av bæreevne på skogsbilveier.

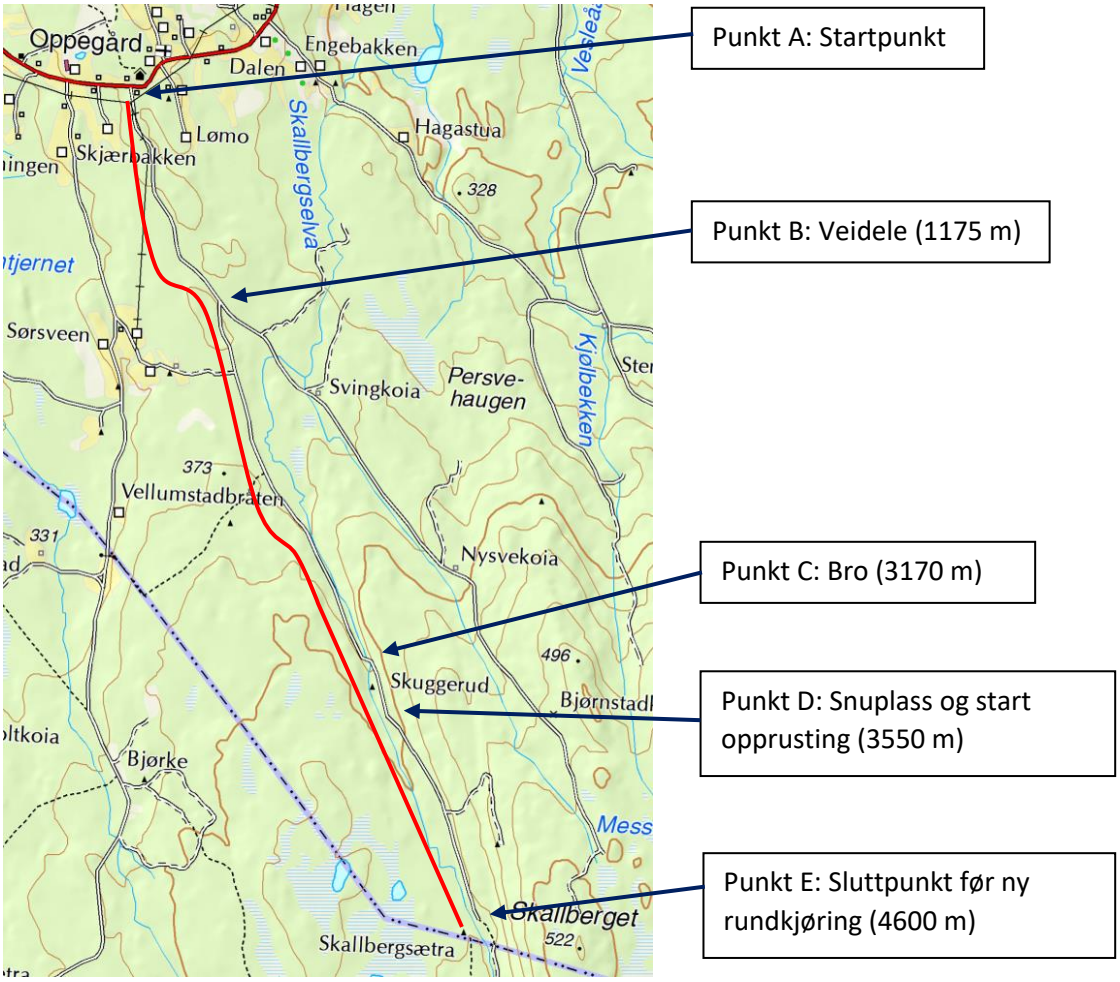
Materiale og metoder

Forsøksveiene



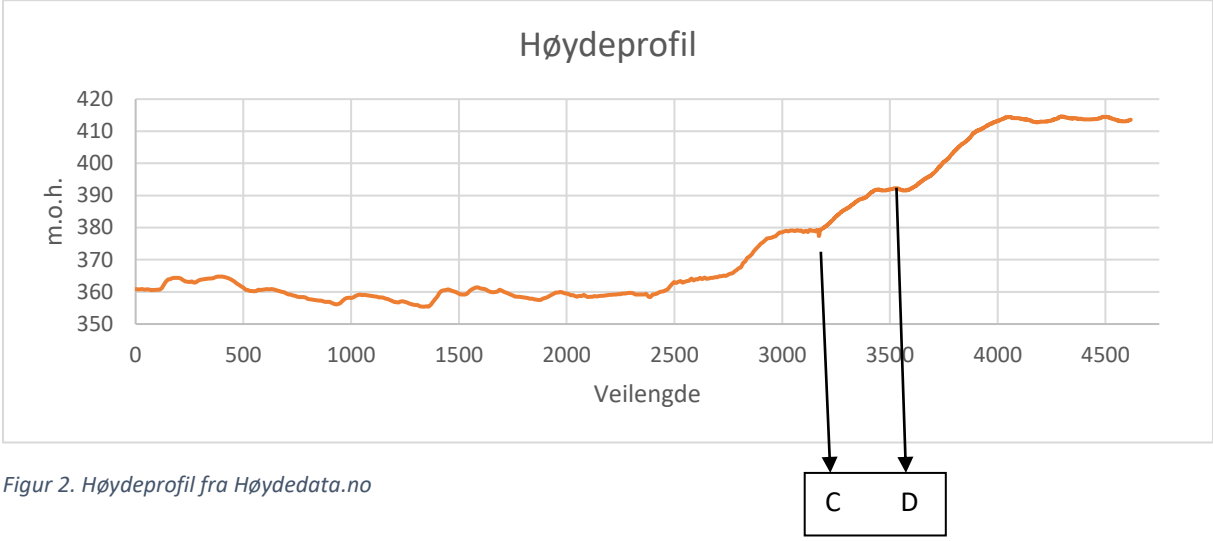
Forsøkene ble gjennomført hos Løiten Almenning på den eksisterende skogsbilveien Skallbergseterveien og i en forlengelse av denne hvor en traktorvei ble ombygd til bilvei.

Skallbergseterveien var på 3550 meter og den nye forlengelsen var på 1050 meter, med en total forsøksdistanse på 4600 meter.



Figur 1. Oversiktskart (øverst) og detaljkart (nederst).

Stigningsforhold

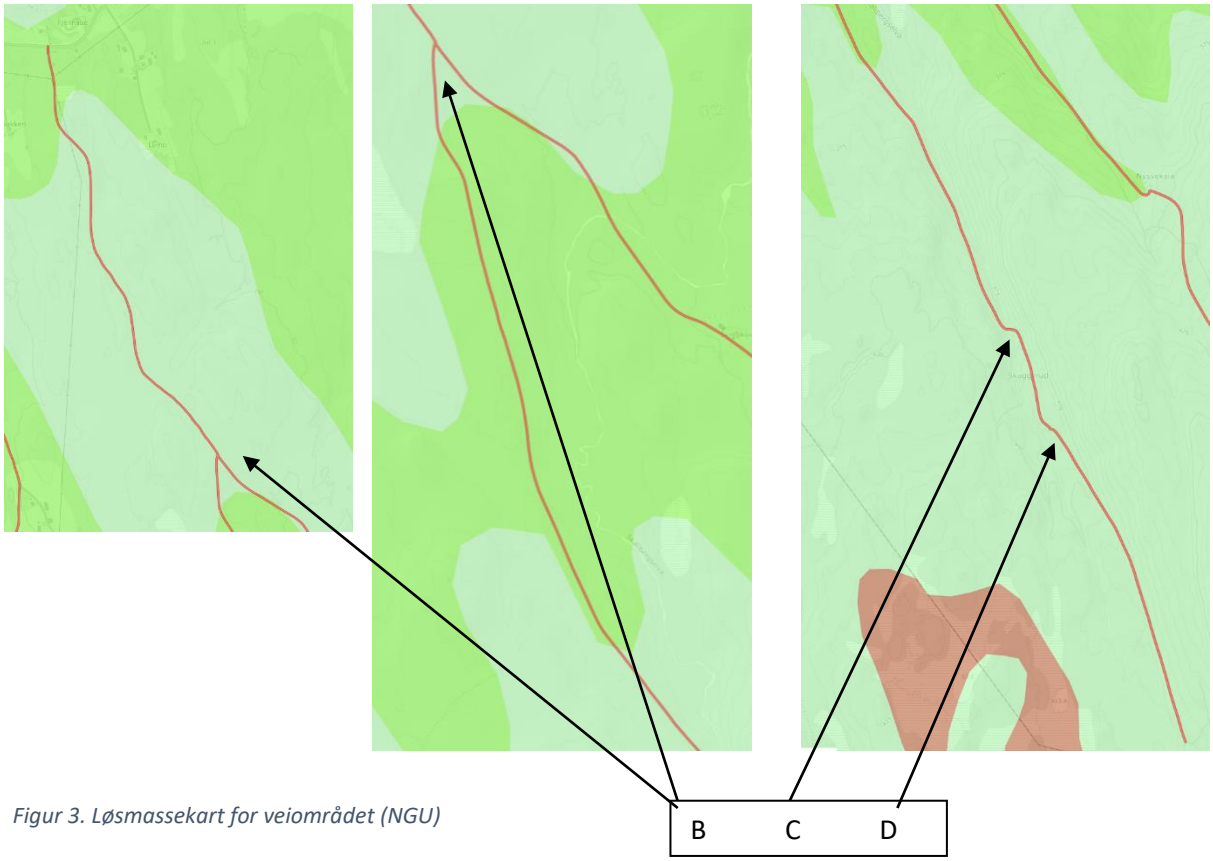


Figur 2. Høydeprofil fra Høydedata.no

Veien er relativt flat fra 0 til 2500 meter. Mellom 2500 og 4000 meter er det mer stigning, men figuren har sterkt overdrevet høydevariasjonen, det er i gjennomsnitt 3 % stigning på denne strekningen. De siste 600 meterne flater det mer ut igjen på den ombygde delen.

Løsmasseforhold

Veien starter med en kort strekning med tykk morene før den går over i tynn morene. Etter veikrysset (B) går den over i en lengre strekning med tykk morene før den siste delen med tynn morene.



Figur 3. Løsmassekart for veiområdet (NGU)

Løsmassekartleggingen fra NGU er relativt grov. Det er følgende definisjoner av de aktuelle løsmasseklassene:

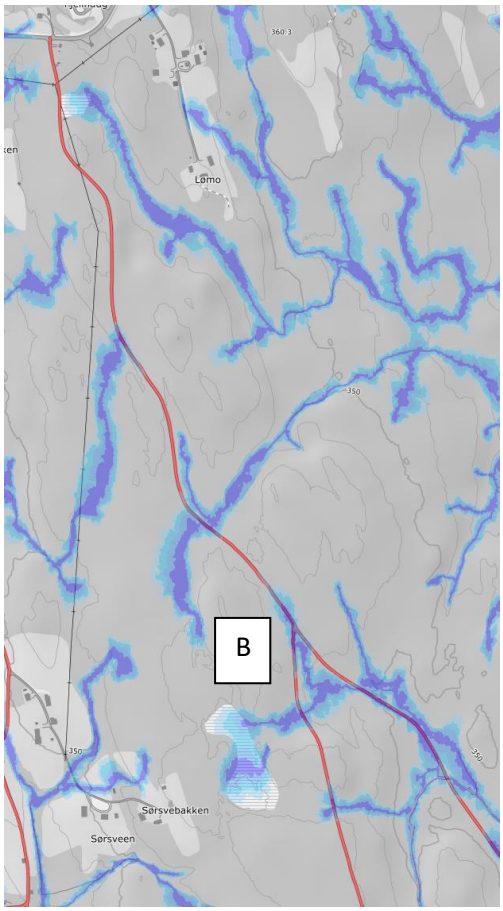
Tykk morene: «*Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet*.»

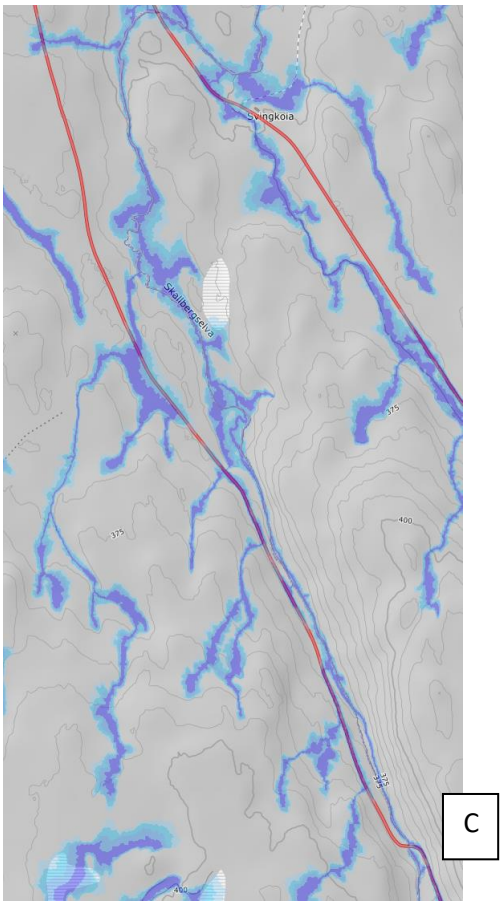
Definert som: «*Materiale plukket opp, transportert og avsatt av isbreer, vanligvis hardt sammenpakket, dårlig sortert og kan inneholde alt fra leir til stein og blokk. Moreneavsetninger med tykkelse fra 0,5 m til flere ti-talls meter. Det er få eller ingen fjellblotninger i området*.»

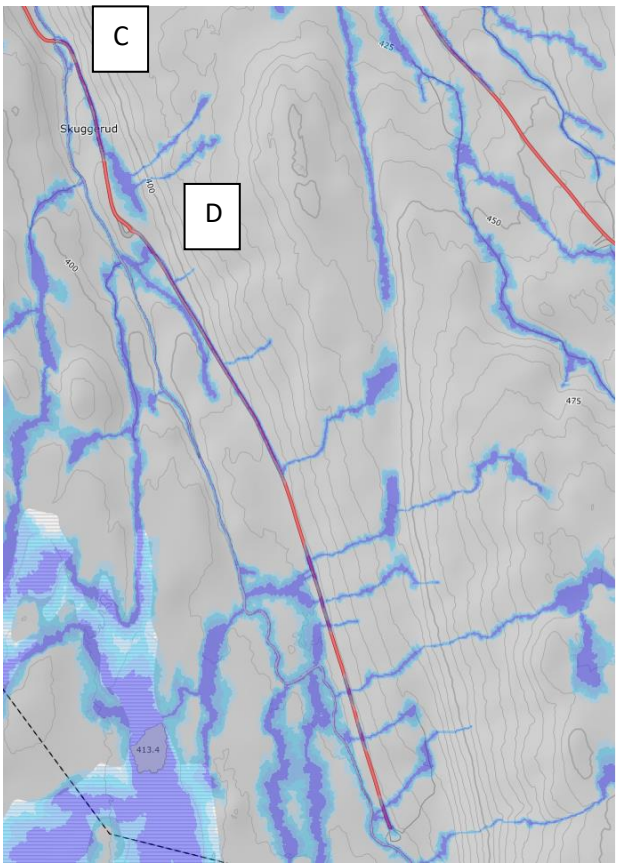
Tynn morene: «*Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen*.»

Definert som: «*Materiale plukket opp, transportert og avsatt av isbreer. Det er vanligvis hardt sammenpakket, dårlig sortert og kan inneholde alt fra leir til stein og blokk. Områder med grunnlendte moreneavsetninger/hyppige fjellblotninger. Tykkelsen på avsetningene er normalt mindre enn 0,5 m, men den kan helt lokalt være noe mer*.»

Avrennings-/markfuktighetsforhold







Markfuktighetskartet fra NIBIO er beregnet på basis av laserdata.

Det tar ikke hensyn til at det finnes stikkrenner langs veiene.

Laserdataene kan identifisere grøfter, men NIBIOs beregning er gjort på laserregistreringer gjennomført før oppgradering av veien.

Markfuktighetskartet gir i dette området et godt bilde av vanntransporten ned til veien. Vanntransporten langs og på tvers av veien er ikke helt å stole på.

Figur 4. Markfuktighetskart over veiområdet (NIBIO).

Tiltakstidspunkt og -forhold

Tabell 1. Oversikt over registreringer og veitiltak.

Reg.		
1	24.-27.05.2019	Målinger med platebelastning og lettvektsfallodd, samt oppgraving og grusprøver på 6 punkter langs veien. Grøfterensk langs eksisterende bilvei var påbegynt og det foregikk hogst langs den innerste delen som skulle oppgraderes til bilvei.
	3.-7.06.2019	Behandlet med Groundeco/EcoX
2	02.10.2019	Målinger med platebelastning
3	09.06.2020	Avbrutt falloddsmåling fra Statens Vegvesen (heretter SVV)
4	25.08.2020	Målinger med platebelastning
		Påføring av slitelag innerste del
5	29.10.2020	Måling med SVV's fallodd

Tabell 2. Oversikt over vanntilstand i løsmassene og nedbør for de ulike registreringstidspunktene (Data fra senorge.no)

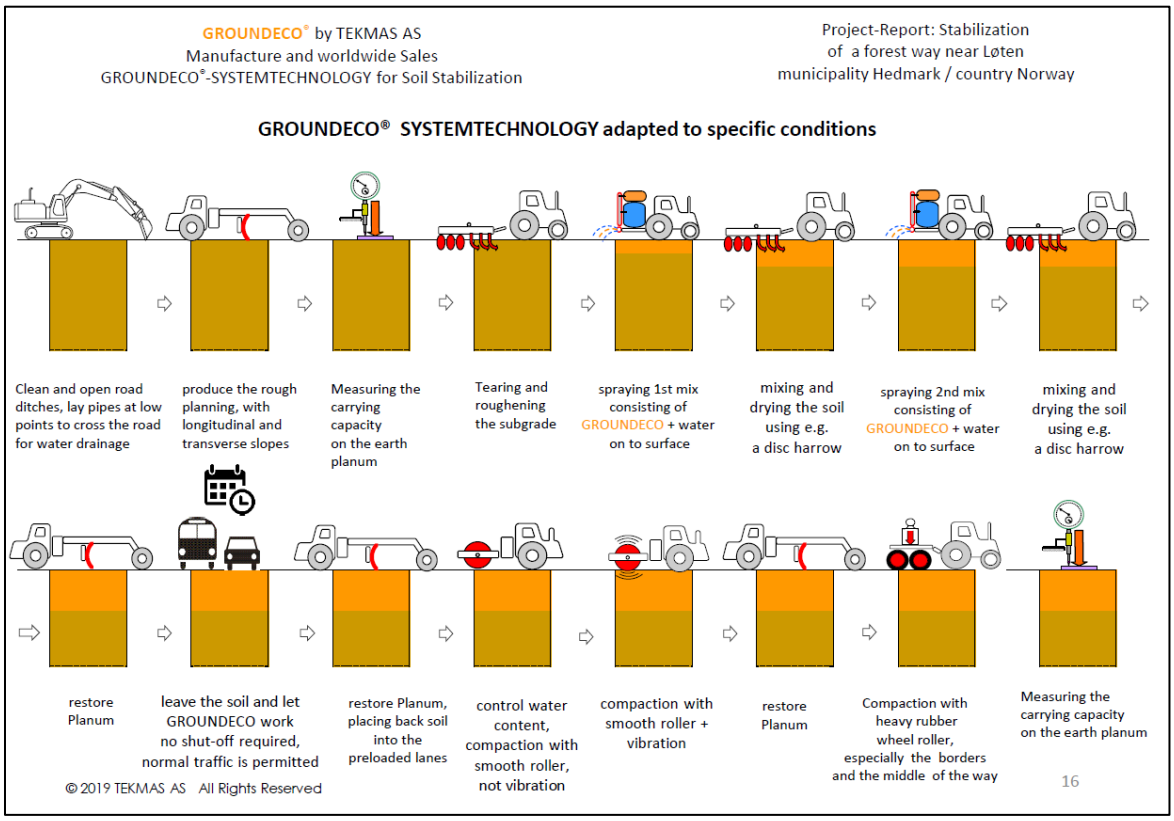
Reg.	A- Grunnvann	B- Vannkap.	C- Vannmetning	D- Nedbør7
1	Svært høy	Liten	60-70%	75-100 mm
2	Høy, Svært høy innerst	Liten	60-70%	75-100 mm
3	Høy, Svært høy innerst	Middels/ Liten	Under 60%, 60-70% innerst	75-100 mm
4	Normal	Middels	Under 60%	Under 10 mm
5	Svært høy	Svært liten	80-90%	30-50 mm

Tabell 3. Forklaringstabell til variabler i tabell 2 (fra senorge.no)

Verdi	Variabel	Forklaring
A	Grunnvanntilstand	Angir grunnvannstanden i forhold til gjennomsnittlig grunnvannstand for samme dato i referanseperioden 1981-2010. Grunnvannstanden er simulert ved bruk av HBV-modellen.
B	Jordas vannkapasitet	Angir lagerevnen i mark- og grunnvannssonene i forhold til høyeste metning simulert med HBV-modellen i referanseperiode 1981-2010.
C	Vannmetning i jord	Angir prosentvis vannmetning i jord. Prosentandelen beskriver forholdet mellom dagens simulerte vannlager i forhold til maksimalt simulert vannlager i referanseperioden 1981-2010 ved bruk av HBV-modellen.
D	Nedbør siste 7 døgn	Sum nedbør siste 7 døgn.

Med unntak av platebelastningen i august 2020 (Reg. 4) er alle registreringene gjennomført under «fuktige» forhold.

Forenklet Groundeco/EcoX-stabilisering



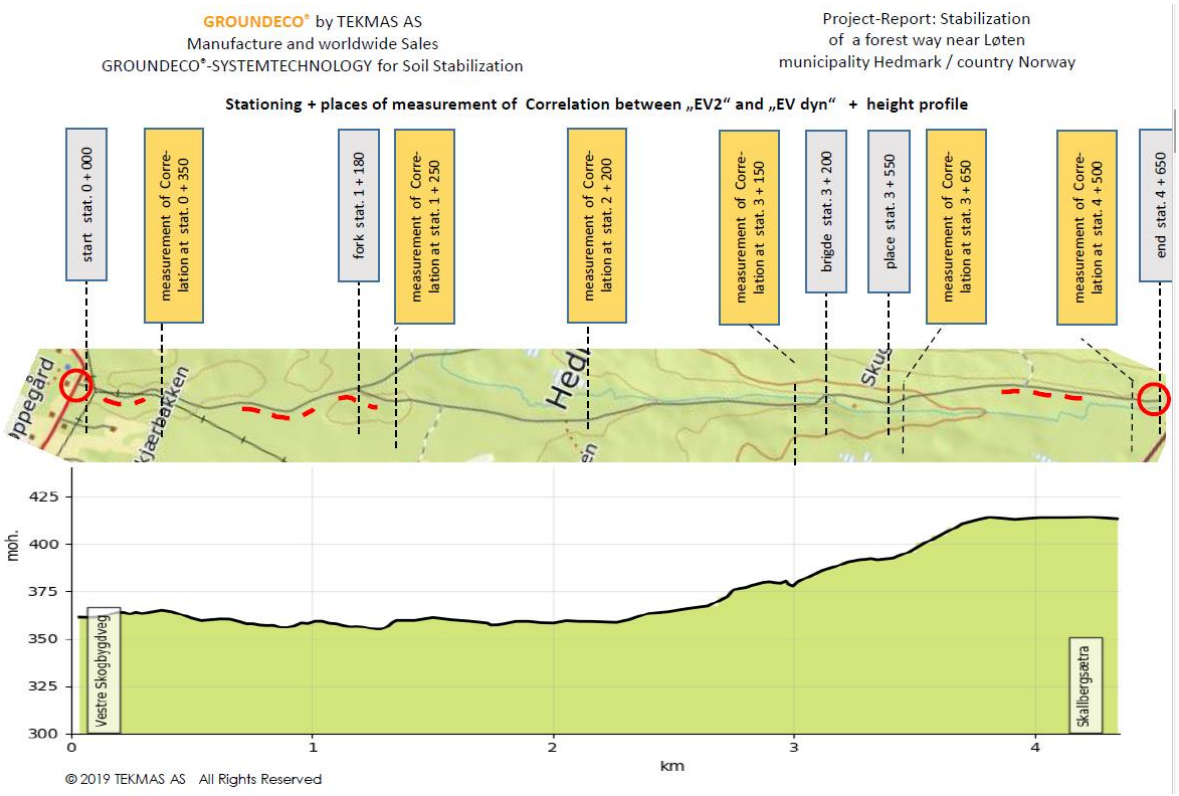
Figur 5. Oversikt over forenklet Groundeco/EcoX-metode (Tekmas 2019)

Det er fundamentalt for Groundeco/EcoX-metoden å få ledet vekk vannet fra veikroppen. Derfor er det viktig å sette i stand grøfter og stikkrenner før behandlingen.

Ved denne forenklede metoden benyttes f.eks. en traktor med skålharv for å løse opp veioverflaten. Deretter sprøytes Groundeco/EcoX-løsningen på veimassene og blandes igjen med skålharven. Dette repeteres og veioverflaten høvles. Trafikken kan gå som normalt, men om det blir spordannelse høvles denne ned før veien kompakteres. For ytterligere detaljer henvises det til vedlegget.

Utstyr og målemetoder

Før Groundeco/EcoX-behandlingen ble det gjort registreringer på 6 punkter langs veien, angitt med gule tekstbokser i figuren under.



Figur 6. Oversikt over målepunkter før Groundeco/EcoX-behandlingen. (TEKMAS 2019)

Disse registreringene omfattet målinger med platebelastning og lettvektsfallodd. Videre ble det foretatt oppgraving av eksisterende vei og tatt grusprøver for videre analyser.

Måling av bæreevne

Lettvektsfallodd

Lettvektsfallodd ble benyttet ved oppstart av prosjektet, parallelt med platebelastning og grusprøvetaking.

Med lettvektsfallodd registreres den dynamiske elastisitetsmodulen, Ev_{dyn}. Det skjer ved at et lodd på 10 kg slippes ned mot en 30 cm stor plate plassert på veien og de registrerte dataene overføres direkte til en tilhørende analyseenhet.

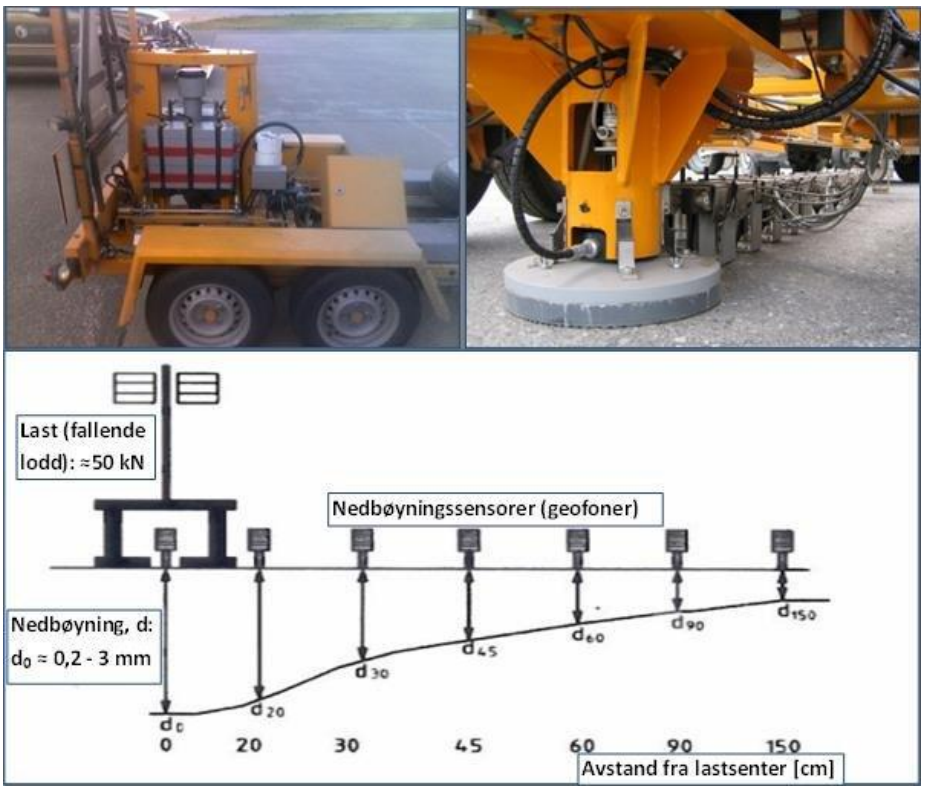
Platebelastning

Ved platebelastningsforsøk benytter man seg av en motvekt (gravemaskin, lastet henger o.l.) for å kunne belaste en 30 cm stor plate med 2 repetisjoner av en serie økende belastninger. Platens nedtrykking i veibanen registreres ved hjelp av en Benkelmansbjelke påmontert et måleur.

Målingene brukes til å beregne de statiske elastisitetsmodulene Ev_1 og Ev_2 for hhv første og andre måleserie.

SVV's fallodd

Målingene med standard fallodd ble utført av SVV med et Dynatest fallodd.



Figur 7. Eksempelbilder av fallodd, samt prinsippskisse (fra Vegvesen.no).

Bæreevnen blir først målt i høyre kjørespor med 50 m intervall. Ved enden av strekningen forskyves startpunktet med 25 meter, slik at returmålingene i det andre kjøresporet havner midt mellom de forrige.

Ferdige måleresultater ble utarbeidet av SVV og oversendt NIBIO for videre analyse. Det er lagt til grunn en $ÅDT_T$ (årsdøgnstrafikk, tunge kjøretøy) på 5 tunge kjøretøyer pr dag i beregningene[1].

Formel for beregning av bæreevne (aksellast i tonn) på grusvei (Aurstad et al 2016):

$$B_{grus} = 11 \times \left[\frac{225 \times p}{d_0 \times 150}\right]^{0,6} \times \left[\frac{50}{ÅDT_T}\right]^{0,072}$$

hvor d_0 er nedbøyning (mm) i senter av platen, p er det maksimale kontakttrykket (MPa, feil i kilden) og $ÅDT_T$ er antall tunge kjøretøy pr døgn.

[1] «I vegvesenet arbeider vi nå med en forsterkningsveiledning og har flere diskusjoner om bruk av gammel kunnskap. Bl.a. diskuterer vi minimum antall ÅDT-T. Erling Reinslett ved Høgskolen i Narvik var svært delaktig i utviklingen av disse formlene og mente at lave ÅDT-T ikke ga riktig bilde av bæreevnen. Formlene er ikke utviklet for virkningen av enkeltlaster. Laveste verdi for ÅDT-T ble satt til 28. Den målte bæreevnen burde derfor reduseres med ((50/28)^0,072)/((50/5)^0,072 = 0,85 (siste ledd i ligningen); dvs. bæreevnen er 85 % av det du har på dine excel-regneark.» Pers.medd. Geir Berntsen, 27.10.2020

Definisjoner på måleresultatbegreper:

Tabell 4. Definisjoner av bæreevnemålingsbegreper

Begrep	**Definisjon/forklaring**
Strekningsbæreevne	Denne verdien beregnes på basis av at 90% av alle målinger er over denne verdien.
Styrke bærelag	Beregnes som d0-d20, hvor d0 er nedbøyningen i geofonen i platas sentrum og d20 er nedbøyningen i geofonen med 20 cm avstand. Klassifiseres i 5 klasser fra Meget god til Ekstremt dårlig.
Styrke undergrunn/ forsterkningslag	Beregnes som d90-d120, hvor d90 er nedbøyningen i geofonen med 90 cm avstand og d120 er nedbøyningen i geofonen med 120 cm avstand. Klassifiseres i 5 klasser fra Meget god til Ekstremt dårlig.
Sannsynlig undergrunn	Beregnes med d120, hvor d120 er nedbøyningen i geofonen med 120 cm avstand. Klassifiseres i 5 klasser fra Fjell til Myr.
Største svakhet i	Beregnes som d0/(d0-d20), hvor d0 er nedbøyningen i geofonen i platas sentrum og d20 er nedbøyningen i geofonen med 20 cm avstand. Klassifiseres i 3 lagsklasser: Dekke/Bærelag, Bærelag/Forsterkningslag og Forsterkningslag/Undergrunn.

De 4 siste begrepene gjelder først og fremst veier med fast dekke. Eksempelvis vil Styrke bærelag, d0-d20, alltid være lav på en grusvei (pers.medd. Geir Berntsen, 2020).

Måleresultater

Grusanalyser

Basert på grusanalysenes finstoffandel ble veien behandlet som følger:

Tabell 5. Oversikt over parsellvise grusprøveresultater med tilhørende Groundeco/EcoX-mengder (TEKMAS 2019)

Fra, meter	Til, meter	Finstoffgruppe	Groundeco, liter/100 m^2
0	1900	2 (20- <35%)	3,2
1900	3200	3 (30- <45%)	4,0
3200	3500	2 (20- <35%)	3,2
3500	4650	3 (30- <45%)	4,0

For flere detaljer henvises det til vedlagte rapport «Project-Report: Stabilization of a forest way near Løten municipality Hedmark / country Norway» (TEKMAS 2019).

Bæreevnemålinger

Lettvektsfallodd

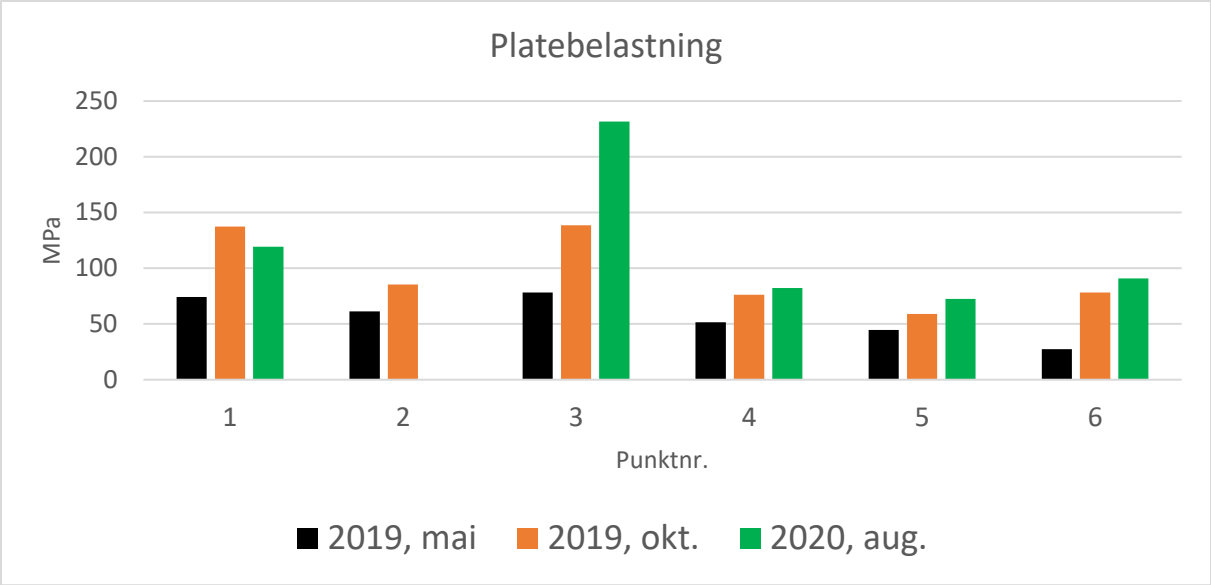
Lettvektsfalloddet ble benyttet ved oppstart av forsøket for å se sammenhengen med målinger gjort med platebelastning. På grunn av svært høyt vanninnhold i veiens topplag ble disse resultatene av liten verdi.

Platebelastning

Tabell 6. Ev_2-resultater fra platebelastningsmålinger, MPa

Dato	Pkt. 1	Pkt. 2	Pkt. 3	Pkt. 4	Pkt. 5	Pkt. 6
	350 m	1250 m	2200 m	3150 m	3650 m	4500 m
2019, mai	74,16	61,20	78,32	51,59	44,65	27,52
2019, okt	137,39	85,32	138,67	76,21	58,87	78,21
2020, aug	119,27	x	231,59	82,26	72,44	90,99

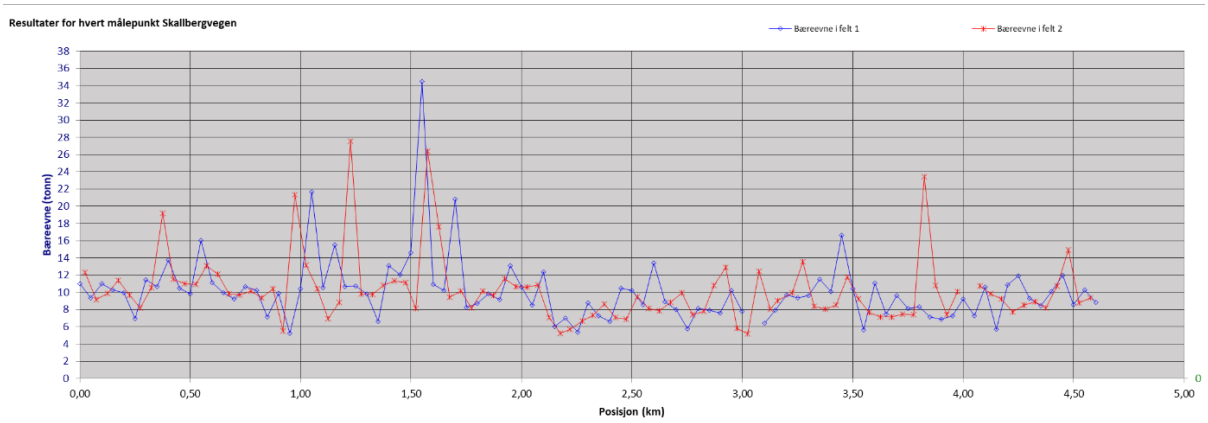
Punkt 2 ble ved en feil ikke registrert på riktig sted under målingen i august 2020 og er derfor ikke med.



Figur 8. Ev_2-resultater fra platebelastningsmålinger, MPa.

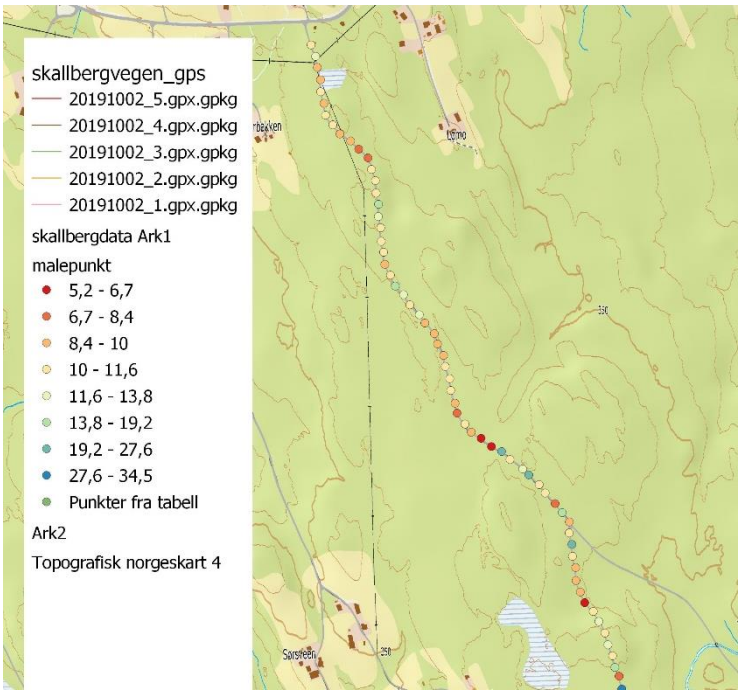
For alle punkter var det positiv utvikling fra før-målingen i mai-19 til okt-19. Med unntak av punkt 1 var det en ytterligere økning fra okt-19 til aug-20.

SVV's fallodd



Figur 9. Resultat fra falloddsmåling 29.10.20, tonn.

Figuren viser målt bæreevne fra nord mot sør for hhv høyre side (blått) og venstre side (rødt). Et brudd i den blå linjen, etter 3 km, og et i den røde linjen, ved 4 km, skyldes ekstremverdier over 40 tonn som er fjernet iht SVV-standarden.



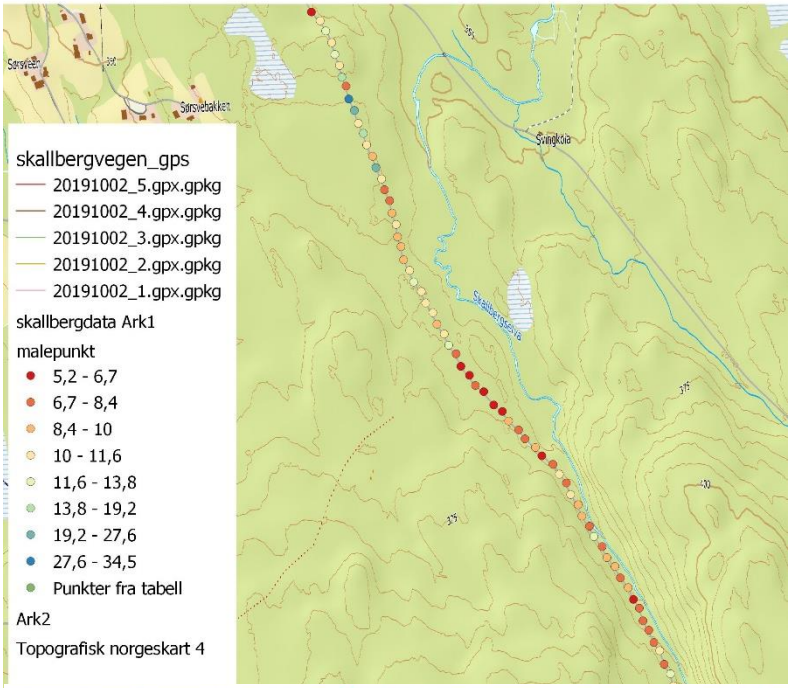
Figur 10. Registrert bæreevne på del 1

Det kan være mer beskrivende/ gjenkjennelig å legge registreringspunktene inn på et kart.

Startpunktet for fallodds-registreringene er satt til bommen (GPS-avstandene må derfor legges til 50 m i forhold til prøvepunktene). Deretter er det målt for hver 50-meter på høyre side innover veien. Ved enden av veien forskyves målingen med 25 meter, slik at punktene på venstre side havner midt mellom punktene på høyre side. Disse 3 kartutsnittene viser målepunkt på begge sider av veien.

Veidelet er punkt 1175 meter.

De tre «røde punktene» på denne kartdelen, 2 før veidelet og ett etter, ligger alle sammen midt i markfuktighetskartet blå område.

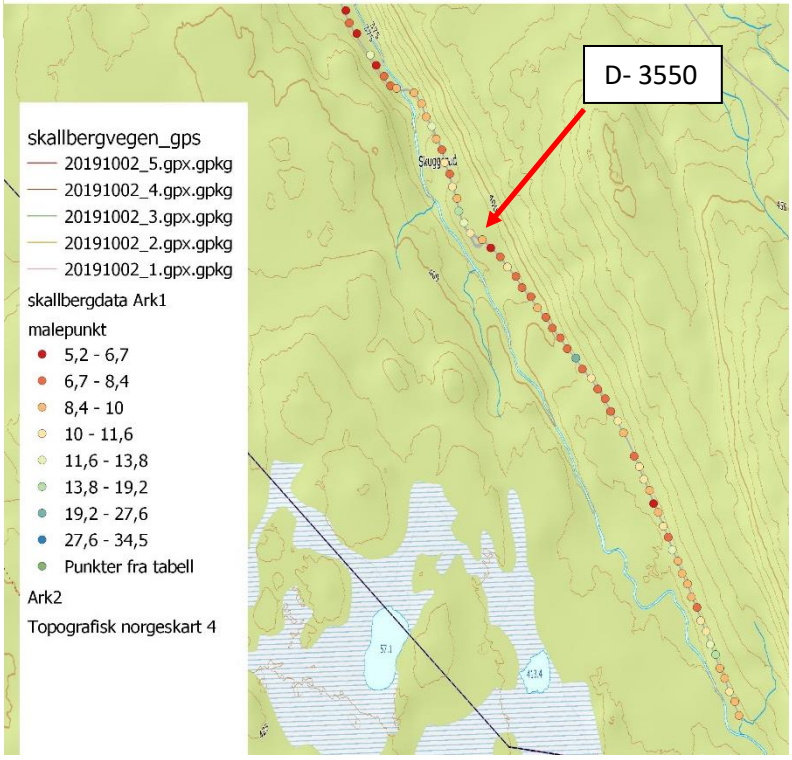


I dette andre kartutsnittet er det særlig det midtre området som skiller seg negativt ut, fra 2125 til 2275 meter.

Markfuktighetskartet anviser det samme og det er ikke overraskende at denne veistrekningen var kavellagt.

Det er også en del svakere punkter oppover dalen.

Topografien viser at vannet dreneres fra vestsiden ned mot veien.



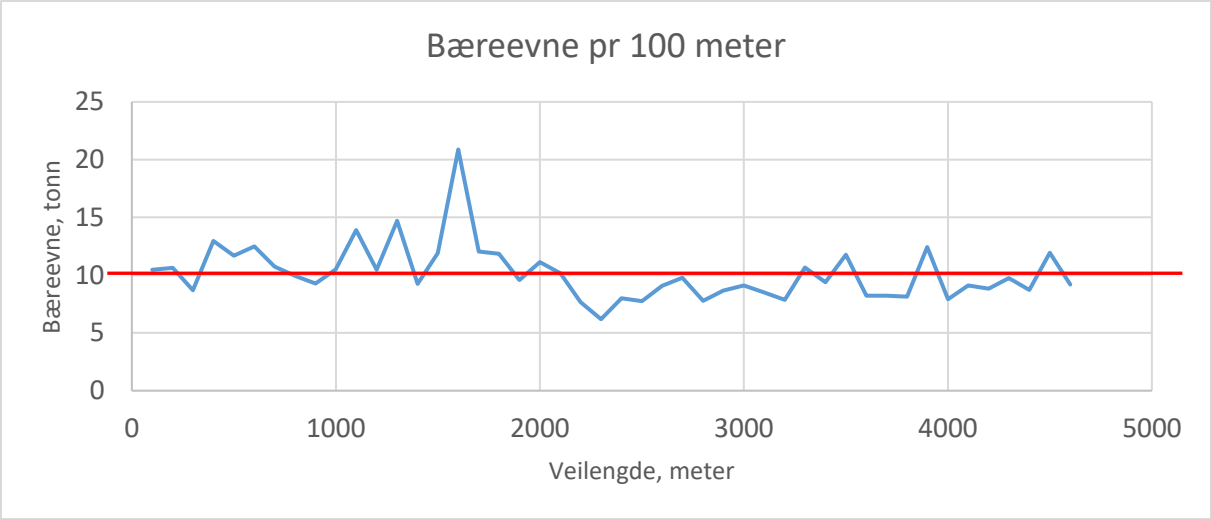
Det tredje kartutsnittet viser strekningen fra broa (ca 3170 meter) og inn til enden av veien.

Her finner vi en strekning med lavere bæreevne langs den ombygde veien, fra 3550 m ved rundkjøringen og opp til 3950 mot toppen av bakken.

Siste målepunkt er ved 4600 meter.

Topografien viser i dette tilfellet at vannet dreneres fra østsiden ned mot veien.

Figur 11. Registrert bæreevne på del 2 og 3.



Figur 12. Gjennomsnittlig registrert bæreevne for 100 metersintervaller, tonn

Hvis man slår sammen målingene fra høyre og venstre side og regner ut et gjennomsnitt for 100-meters seksjoner får man et noe mer utjevnet/oversiktlig bilde av variasjonene. De første 2100 meterne er bra, så reduseres bæreevnen inntil man har passert broa ved 3200 meter. Da har man gode tall inntil man når rundkjøringen ved 3500 meter. Derifra og inn (langs den ombygde veien) er det varierende forhold.

SVV klassifiserer en veis bæreevne utfra laveste kumulative 10%-verdi, dvs at klassen settes ved den verdi hvor 90% av målingene er bedre.

Tabell 7. Kumulativ bæreevne for høyre/venstre side.

Bæreevne (T)		
	Kjørefelt	
Kum. %	1	2
0	5,3	5,2
10	**6,9**	**7,1**
20	7,6	7,7
30	8,5	8,2
40	9,2	9,0
50	9,8	9,7
60	10,2	10,1
70	10,6	10,7
80	11,1	11,3
90	13,1	13,1
100	34,5	27,6

I dette tilfelle betyr det en bæreevne på 7,0 tonn i snitt for høyre og venstre side av veien.

Den kumulative 50%-verdien for bæreevne er på 9,75 tonn for høyre og venstre side av veien.

Tabell 8. Bæreevne pr. km for høyre og venstre side av veien, tonn.

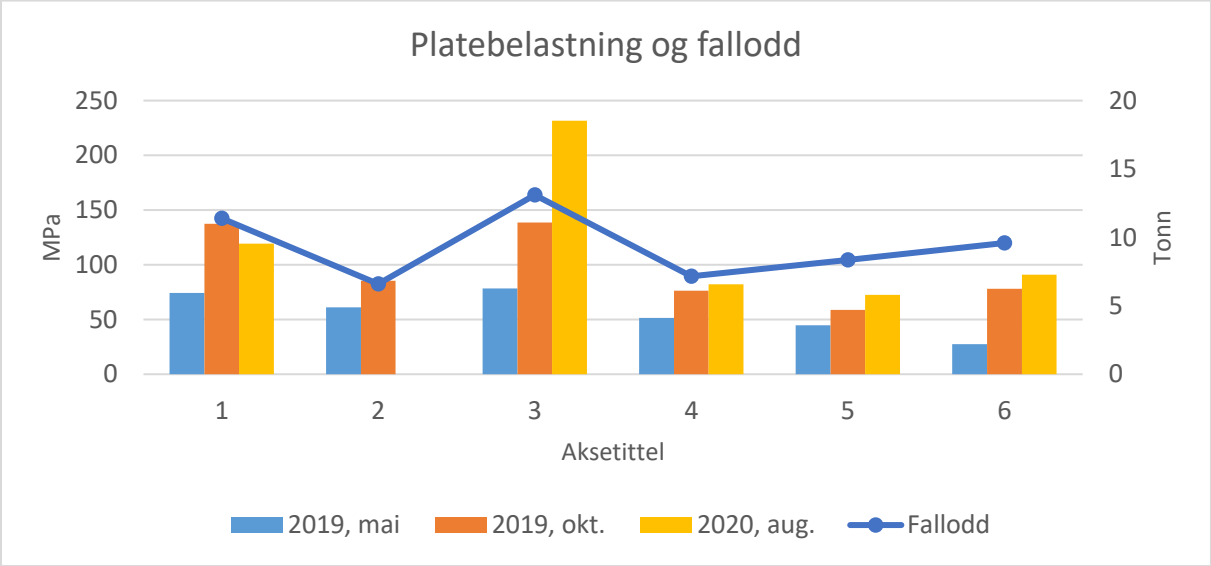
Bæreevne (T) pr. km, felt 1				
Km	Middel	Min	Max	10%
0	10,2	5,3	16,1	7,1
1	13,1	6,6	34,5	8,6
2	8,6	5,4	13,4	6,0
3	9,0	5,6	16,6	6,8
4	9,5	5,7	12,0	7,5
tot	10,1	5,3	34,5	6,9

Bæreevne (T) pr. km, felt 2				
Km	Middel	Min	Max	10%
0	11,3	5,5	21,3	9,0
1	12,1	7,0	27,6	8,2
2	8,2	5,2	12,9	5,8
3	9,6	5,2	23,4	7,2
4	9,7	7,7	14,9	8,2
tot	10,2	5,2	27,6	7,1

SVV presenterer også tall pr. km for de to «kjørefeltene» eller sidene av veien i dette tilfellet. Både for middel og 10% er det strekningen mellom 2 og 3 km som kommer dårligst ut for begge sidene. Gjennomsnittlig sett er det best de 2 første kilometerne og med økende verdier for de to siste, samt et samlet snitt på 10,15 tonn.

Platebelastning kontra fallodd

Prøvepunktene ble lagt til høyre kjørespor. Det er derfor kun bæreevnemålinger fra høyre side som er lagt til grunn i sammenligningen. For pkt 1-3 er nærmeste falloddsmåling benyttet, mens for pkt 4-6 er det et gjennomsnitt av to nabomålinger.



Figur 13.Platebelastningsmålinger (venstre y-akse) sammenlignet med falloddsmåling (høyre y-akse).

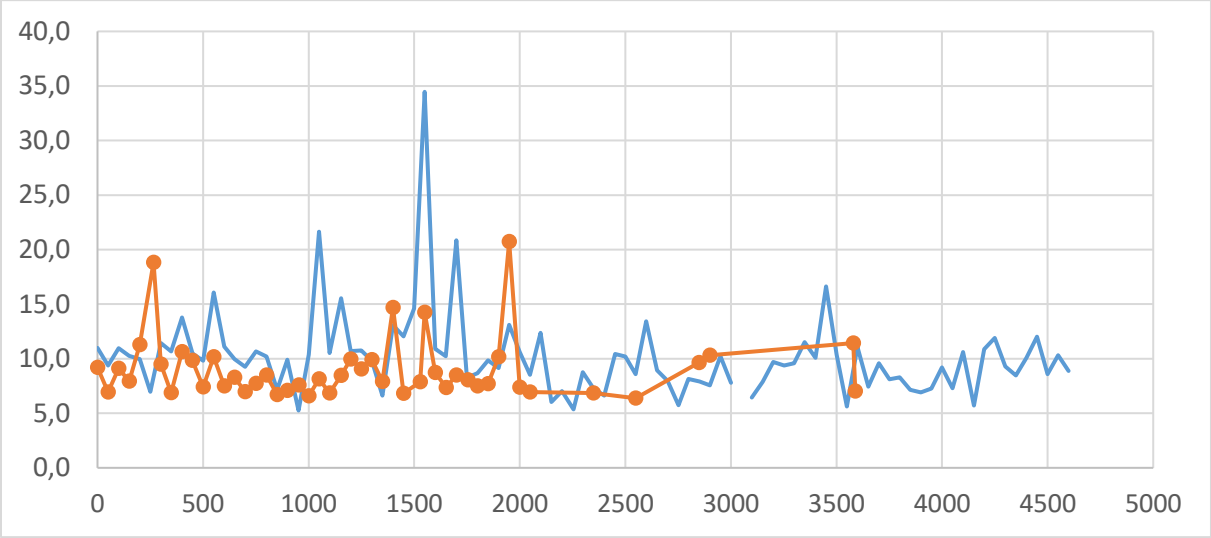
Sammenhengen mellom Ev_2 (MPa) og bæreevne (tonn) er ikke entydig. SVV opererer med et krav på 150 MPa (Ev_2) ved sin kompakteringskontroll (uansett veitype). I Sverige er kravet at gjennomsnittlig $Ev_2 \geq 120 + 0{,}68 \cdot S_{Ev2}$, hvor S_{Ev2} er standardavviket (Vägverket 2008).

I figuren over er 10 tonn (høyre y-akse) satt lik 125 MPa (venstre y-akse).

Avbrutt falloddsmåling

Ved gjennomføring av måling med SVV's fallodd 09.06.20 ble det tidlig klart at måleutstyret kom med resultater som operatørene fant usikre. Prosjektleder avbrøt derfor denne registreringen.

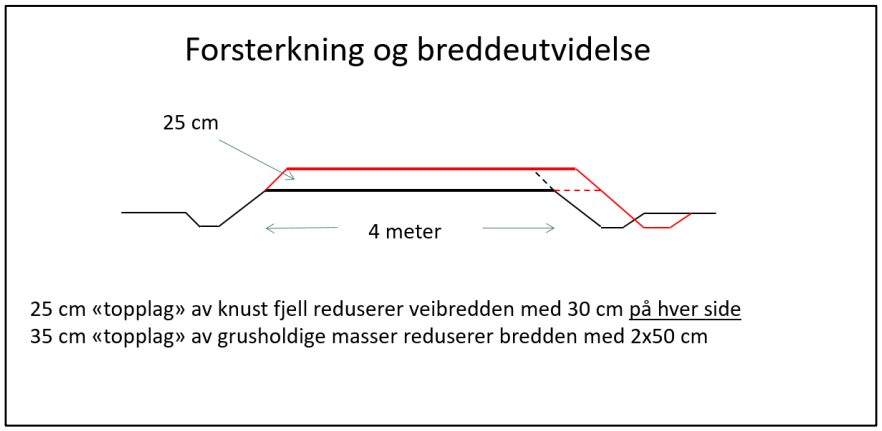
Hovedhypotesen er at veioverflaten (slitelaget) var svært våt. Dette kan ha en innvirkning på resultatet siden beregningsformelen for grusveier kun benytter den ene geofonen under måleplata (d0).



Figur 14. Falloddsmålinger høyre side av veien fra juni-20 (brunt) og oktober-20 (blått)

En sammenligning med de senere måleresultatene fra oktober viser tydelige forskjeller i bæreevne for de lavereliggende flatere strekningene av veien nær starten.

Økonomi og alternative løsninger



Figur 15. Behov for breddeutvidelse ved tradisjonell forsterkning av bæreevnen.

Illustrasjonen over viser en eksisterende vei (svart linje) som akkurat oppfyller veibreddekravet på 4 meter, men som har for dårlig bæreevne. Dersom man forsterker denne ved å tilføre 25 cm med knust fjell på toppen, så reduseres veibredden med 30 cm på hver side. Om man går ned i kvalitet til (stedegne) grusholdige masser, vil man måtte tilføre et 35 cm tykt lag, noe som reduserer veibredden med 2 x 50 cm.

En tradisjonell bæreevneforsterkning med påføring av et topplag på 25 cm tykkelse og tilhørende breddeutvidelse kan koste 250-300 kr pr løpemeter vei (Kjøp av masser, transport og breddeutvidelse, - her kan det være store lokale variasjoner.). Dersom veien går i halvskjæring og breddeutvidelsen skjer på fyllingssiden, kan massebehovet bli enda større. Eventuell bruk av fiberduk for å separere de finstoffrike eksisterende massene fra de nye massene, kan komme i tillegg. Varigheten av dette tiltaket bør være 20-25 år forutsatt jevnlig vedlikehold.

I følge Løiten Almenning ligger deres kostnader på 372 kr pr løpemeter. Utgangspunktet var «den dårligste veien vi hadde», «kunne ikke komme inn med maskiner før utpå sommeren», «langt å kjøre etter masser» og «8 tonns offentlig vei». I tillegg til bæreevneforsterkningen, ble det gjort en standardheving på grøfter og stikkrenner, samt påført slitelag.

Anslagsvise kostnader til grøfterensk kan utgjøre 25 kr/m, ny grøft ligger på 40 kr/m og slitelag ca 60 kr/m (Fylkesmannen i Hedmark 2016).

Kostnadene knyttet til Groundeco/EcoX-behandlingen vil variere med finstoffinnholdet i veikroppen. Lavere finstoffinnhold gir lavere tilsatt væskemengde, men veibredden har selvsagt også betydning siden væskemengden er pr m^2.

Hva gjelder varigheten av Groundeco/EcoX-behandlingen, kan det fra et pågående prosjekt nevnes at en vei fra Rena Leir som ble Groundeco/EcoX-behandlet i 2007, ble målt til en bæreevne på 10,8/11,7 tonn (høyre og venstre side) i 2020, - 13 år senere.

Diskusjon

Prosjektet har målt en bæreevne på 7,0 tonn etter SVV's klassifisering basert på laveste kumulative 10%-verdi. Dette er lavere enn Veinormalens generelle krav på 10 tonn. Videre viser resultatene en bæreevne på 9,75 t for kumulativ 50%-verdi og 10,15 t som gjennomsnitt.

I «Normaler for landbruksveier» er veiklasse 3 beskrevet:

«Veiklasse 3 – Landbruksbilvei

Veiklasse 3 er standarden for skogsbilveier, gards- og seterveier med moderat til lavt trafikkgrunnlag. Veien skal kunne trafikkeres med lass hele året med begrensninger i teleløsningsperioden og i perioder med spesielt mye nedbør.

Dimensjonerende aksellast: 13 t på bruer og 10 t på vei.»

Man bør her være oppmerksom på «*med begrensninger … i perioder med spesielt mye nedbør*», - særlig når man ser tilbake på vær-/klimadata for de ulike registreringene (se Tabell 2). Med unntak av platebelastningsmålingene i august 2020 har det vært svært fuktige forhold under registreringene. Det er etter NIBIO's erfaring ikke definert noen konkret størrelse for disse begrensningene eller redusert krav til bæreevne i disse periodene. Tilsvarende er det heller ikke kjent om det foreligger en definisjon av målemetode for dimensjonerende 10 t aksellast på vei, - er det en gjennomsnittsverdi eller er det tenkt som SVV og på laveste kumulative 10%-verdi? Det finnes kun en henvisning til SVV-krav i Veinormalen og den gjelder veiklasse 1.

Det er ikke innenfor prosjektets mål å definere forvaltningens krav til bæreevne i perioder med spesielt mye nedbør. Derimot kan det sies at selv under svært fuktige forhold har 90% av de målte punktene mer enn 7 tonn bæreevne og en gjennomsnittsverdi på 10 tonn.

Nå kan det selvsagt innvendes at det er det svakeste punktet som setter begrensning for transport på en vei. Og det er korrekt. Men, uansett nyanleggs- eller forsterkningsmetode vil man nok finne at det blir variasjoner i sluttresultatet, - og uansett om det er SVV eller en skogsveiplanlegger som prosjekterer. Hovedutfordringen er de store lokale variasjonene man finner både i løsmasse- og fuktighetsforhold langs veilinjen. Det er bare å gå tilbake til Figur 9 og se på variasjonen mellom punkter med 50 m avstand (lik farge) eller punkter med 25 m avstand (hhv rød og blå farge).

Ideelt sett burde man hatt en kontinuerlig bæreevneregistrering langs hele veien før man satte i gang et tiltak. Christoffersson & Johansson (2012) sammenlignet 3 erfarne veiplanleggeres ombyggingsforslag med resultatet fra en detaljert kontinuerlig analyse basert på Ground Penetrating Radar-målinger. En georadar (GPR) kartlegger ting i undergrunnen ved å sende elektromagnetiske bølger ned i bakken (3 meter!) og antennen fanger opp pulsene som returneres av objekter under bakken og konstruerer så et bilde.

Table 2 Comparison of volumes

Company	Wearing course M3	Road base M3	Sub-base M3	Sum aggregate M3	Ditching M
Swedish Forest Agency	1750	3363	0	5113	0
SCA Forest AB	1750	3338	0	5088	60
Sveaskog	1500	1500	3750	6750	0
Roadscanners	1250	2276	0	3526	10000

Figur 16. Volumsammenligning, fra Christoffersson & Johansson (2012)

Som Figur 16 viser så resulterte den detaljerte kontinuerlige undersøkelsen (Roadscanners) i et langt lavere totalt forsterkningsvolum (Sum aggregate) enn hva de 3 veiplanleggerne kom fram til i sine forslag (som også spriker mye internt). Dette eksempelet understreker den utfordringen vi har i forbindelse med forsterkning av skogsbilveier hvor vi har begrenset informasjon om variasjonene i både løsmasse- og fuktighetsforhold.

En annen innvending kan være at man burde hatt en referansestrekning uten dreneringstiltak. Det er å forvente at en oppgradering til en velfungerende drenering vil slå positivt ut på veiens bæreevne uansett hvilke andre tiltak man gjør. Til prosjektets forsvar må det da anføres at hele poenget med Groundeco/EcoX-behandlingen er å fjerne fritt vann fra veikroppen, - og uten en velfungerende drenering er denne behandlingen tilnærmet bortkastet.

Fra Groundeco Norge/Tekma har det kommet innspill om at Veinormalens krav til slitelagstykkelse (10 cm) kan være med på å gi lave bærevnemålinger under fuktige forhold. Det ubehandlede topplagets tykkelse og finstoffinnhold blir liggende oppe på et kompaktert bærelag og kan dermed bli påvirket ved høy nedbør gjennom at vannet blir stående. Sammenligningen mellom den avbrutte målingen juni-20 og sluttmålingen oktober-20 kan støtte denne hypotesen. Men, det må samtidig påpekes at SVV i sin feltundersøkelsehåndbok (SVV 2018) har følgende kommentar til Nedbøyningsmålinger med fallodd: «*Grusveger bør måles i godværsperioder*». Denne anbefalingen var kjent for prosjektet, men målsettingen om å få gjort registreringer under mer krevende forhold ble prioritert, samtidig som prosjektet ikke sto helt fritt med tanke på tilgang til SVVs måleutstyr. Det er usikkert i hvilken grad dette kan ha påvirket måleresultatene, men som Tabell 2 viser så var det mindre nedbør siste uke for sluttmålingen i oktober-20 enn for den avbrutte målingen juni-20.

Videre er det kommet kommentarer fra SVV-hold (gjennom et annet prosjekt) om at den valgte verdi for ÅDT-t på 5 tunge kjøretøyer pr dag kan være for lav. Det oppgis at 26 bør være minimumsverdien. Enn så lenge benyttes, som NIBIO har gjort siden 2013, fortsatt 5 kjøretøyer pr dag både i dette og andre prosjekter, mens det arbeides med avklaringer knyttet til grusveier og skogbrukets transportmønster i forhold til SVVs formelverk. Forskjellen i beregnet bæreevne vil være ca 15 % reduksjon ved å gå opp til 26 kjøretøyer.

En annen usikkerhetsfaktor, ikke direkte koblet til prosjektet, har vært knyttet til en eventuell miljørisiko ved bruk av Groundeco/EcoX. I februar 2021 kom NIBIO med denne konklusjonen:

«NIBIOs vurdering av miljørisiko: Produktets sammensetning tilsier i utgangspunktet en svært lav miljørisiko (nær nøytral pH, består av biologisk nedbrytbare komponenter). Videre tilsier den sterke fortynningen ved bruk og den lave dosen som tilsettes masser som skal stabiliseres at utlekking av produktet ikke vil være målbar. Mobilisering og utlekking av stedegne metaller el.l. vil ifølge LAGA-testene fra AUb Fischer heller ikke påvirkes av produktet. Disse testene virker relevante og konklusjonen plausibel. NIBIOs vurdering, basert på produktets sammensetning og anbefalt dosering

ved bruk, og med den kunnskap vi besitter mht. utlekking og betingelser for eventuell mobilisering, er at produktet ikke vil kunne forårsake noen negativ miljøpåvirkning.»

Som en oppsummering kan det sies at de undersøkte veiene hos Løiten Almenning har fått en klar økning av bæreevnen. Det er ikke mulig å si hvor mye som skyldes et oppgradert dreneringssystem og hva som skyldes Groundeco/EcoX-behandlingen, men den samlede effekten er tydelig. Man kan heller ikke se bort fra at det kan bli en ytterligere økning av effekten hvis den påsprøytede væsken fortsetter å påvirke nedover i veikroppen, - det var kun et drøyt år mellom etablering og siste måling. Det var prosjektets mål å få gjort bæreevnemålinger under krevende fuktighetsforhold når skogsbilveien er mest utsatt. Dette målet ble nådd, men samtidig har målemetodikken kanskje blitt dratt mot yttergrensen av sitt vanlige bruksområde. En eventuell fortsettelse av dette prosjektet burde inneholde målinger fra både sommer og høstsesongen.

Litteratur

Andresdottir, H. 2019. Plate load testing. Effects of in situ conditions, test procedure and calculation method. Master thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Norwegian University of Science and Technology. 114 p.

Christoffersson, P. & Johansson, S. 2012. Rehabilitation of Timmerleden Forest Road – Condition Survey, Design Proposals, Construction and Quality Control. ROADEX. 39 p.

Fylkesmannen i Hedmark. 2016. Tilstandsregistrering skogsbilveger i Hedmark 2015.

SVV. 2018. Feltundersøkelser. Håndbok R211. Statens vegvesen.

Tekmas. 2019. Project Report on Stabilization in 2019 of a approx. 4,65 km long forest way near Løten municipality, Hedmark, Norway. 19 p.

Vägverket. 2008. VVTBT Obundna lager. Vägverket.

Vedlegg

Vedlegg 1: Project Report on Stabilization in 2019 of a approx. 4,65 km long forest way near Løten municipality, Hedmark county, Norway.