# Veiplanlegging i bratt terreng med fokus på tilpasning til egnet driftsteknikk

Prosjektrapport 2019

SKOGKURS
Skogbrukets Kursinstitutt

# Forord

Prosjektet «Veiplanlegging i bratt terreng med fokus på tilpasning til egnet driftsteknikk» er gjennomført i regi av Skogkurs. Samarbeidspartnerne har vært Norsk institutt for bioøkonomi(NIBIO), Kystskogbruket, Mjøsen Skog SA, Fylkesmannen i Vestland, i Møre og Romsdal og i Innlandet, Skogforsk og det norske taubanemiljøet v/Vidar Rørvik, Torbjørn Frivik og Nils Olaf Kyllo.

Prosjektet har vært finansiert av Verdiskapningsfondet, Kystskogbruket, bygdeutviklingsmidler fra Fylkesmannen i Innlandet og Skogkurs, samt egeninnsats fra samarbeidspartnerne.

Skogbrukets Kursinstitutt, Biri, desember 2019

Even Hoffart
prosjektleder

Steinar Lyshaug
senior prosjektleder

Innhold

Sammendrag ..... 4
Innledning ..... 5
Bakgrunn ..... 7
Hovedmål for prosjektet ..... 7
Delmål ..... 7
Gjennomføring av prosjektet ..... 7
Hva er gjort tidligere på området ..... 8
Digitale hjelpemidler for planlegging av skogsbilveger i bratt terreng ..... 8
Forskning og erfaring ..... 8
Fra Skogkurs ..... 8
Fra forskningen ..... 9
Erfaringer fra Trøndelag ..... 9
Gjennomføring av testkurs for veiplanleggere ..... 10
Første kurssamling - i Sykkylven ..... 10
Andre kurssamling - på Honne ..... 12
Fremtidig kurs ..... 12
Faginnhold i kurset ..... 13
Driftsmetoder ..... 13
Hogstmaskin og lassbærer ..... 13
Hogstmaskin og lassbærer + T-WINCH eller Timbermax ..... 13
Gravedrifter ..... 14
Taubane ..... 15
Kravspesifikasjon til standplass ..... 16
Hovedpunkter i kravspesifikasjonen til en standplass for taubane ved vei: ..... 17
Terrengbeskrivelse ..... 19
Naturfare ..... 20
Aktuelt for veiplanlegging i bratt terreng ..... 21
Automatisk beregning av nedstrøms areal ..... 22
..... 22
Hydrologi ..... 23
Dimensjonering av kulverter ..... 23
Digitale verktøy ..... 25
Høydedata ..... 25
Avenzamaps ..... 25
QGIS ..... 26

Kartlag ..... 27
Softree ..... 27
Taubaneplanlegging i Softree ..... 28
Konklusjon ..... 30
Helhetlig planlegging ..... 30
Driftsteknikk ..... 30
Digitale verktøy ..... 30
Litteraturliste ..... 31

# Sammendrag

Forskningen viser at tilgjengelig hogstmoden skog i bratt terreng er økende, og behovet for helthetlig planlegging av infrastruktur og driftsformer blir mer og mer aktuelt. Det har ikke vært arrangert kurs i veibygging og drift i bratt terreng siden 90-tallet. I dette prosjektet har vi samlet digitale verktøy og litteratur om tømmerdrift i bratt terreng, veibygging og naturfare, med formål om å bygge et kurs for veiplanlegging i bratt terreng. Kurset påpeker viktigheten av å tenke helhetlig med hensyn på driftsformer og infrastruktur.

En veiplanlegger i bratt terreng har mange faktorer som må med i planleggingen: Om det kan drives på vanlig måte med hogstmaskin og lassbærer, om man kan bruke disse maskinene med hjelpevinsj eller om man må inn med taubane. Kurset har derfor hatt stort fokus på hvordan man skal lese og analysere terrenget, både visuelt med enkle hjelpemidler på nett og med avanserte GIS-verktøy.

Et av delmålene har vært å finne et nyttig verktøy for planlegging. Vi har vært innom ulike programmer, og landet på at Softree RoadEng er programmet som fungerer godt for norske forhold. Programmet kan lese laserdata, bygge høydemodeller, designe selve veikroppen og gjøre analyser for taubane. Skogkurs vil som et supplement til kurs i veibygging i bratt terreng, arrangere kurs i bruk av Softree. Softree RoadEng er det programmet de fleste veiplanleggere benytter til planlegging i dag.

Viktige kilder til data er høydedata.no, geonorge.no og kilden.nibio.no. Dette sammen med skogdata, f.eks. SR16, gir gode forutsetninger for et godt planlagt veiprosjekt i bratt terreng.

Erfaring fra Trøndelag viser at godt planlagte veiprosjekter gir gode resultater. Inndeling etter hvordan terrenget ser ut og hvilke begrensninger driftsutstyret har, er retningsgivende for hvor veien kan og bør plasseres i terrenget. Infrastruktur er nøkkelen til å løse ut volum i skogen på en kostnadseffektiv måte. Dette gjelder i alle typer terreng, men særlig der terrenget er utfordrende.

Prosjektet har resultert i et kurs, 15 timer over 2 dager, med disse temaene:

- Hvilke aktuelle driftsalternativer finnes og hvordan legge til rette for en lønnsom og rasjonell drift
- Terrenganalyse
- Sikkerhet, flom og ras (naturfare)
- Hvilke krav gjelder i bratt terreng
- Hvor bør/må veilinjen gå
- Dimensjonering av kulverter, vannhåndtering
- Skogeiersamarbeid
- Digitale verktøy for planleggingen

Testkurset er gjennomført, og vi vil utvikle og tilpasse kurset videre.

# Innledning

Ressurstilgang i det bratte terrenget er stigende. Ifølge Rapport 03/2014 fra NIBIO (se tabell 7 under), var det i 2014 tilgjengelig 39 mill kubikkmeter med hogstmoden gran og 36 mill kubikkmeter med furu i terrengklasse 2 og 3 i hele Norge. Hvis man ser på skog som blir hogstmoden i perioden 2014-2043 (tabell 8), er tallene 48 mill kubikkmeter med gran og 12 mill kubikkmeter med furu. (Terrengklasse 2 og 3 har over 33 % helning, og forutsetter enten taubane (klasse 3) eller at man benytter gravmaskin eller T-vinsj for å hjelpe hogstmaskinene opp og ned.)

Det er med andre ord tømmer for veldig store verdier som står i lier, og som ikke er lett tilgjengelig uten at vi går inn med spesialutstyr og/eller bygger veier. Av forskjellige årsaker kan ikke alt dette virket tas ut, men for å møte den økte etterspørselen etter tømmerressurser, samt at vi skal kunne forvalte tidligere investeringer på en økonomisk og bærekraftig måte, må vi være i stand til å planlegge godt når disse områdene skal driftes/skjøttes.

Dette prosjektet skal gi veiplanleggerne bedre innsikt i hvordan infrastrukturen i slike områder bør legges mht. hvordan skogen best kan driftes.

Tabell 7. Stående volum i hogstmoden skog fordelt på regioner, terrengklasse og treslag. Brutto skogskubikk (1000 $m^3$ u.b.) etter fratrekk for miljøhensyn. Terrengklasse 1 forutsetter ordinær mekanisert drift med hogstmaskin og lastetraktor. Terrengklasse 2 er arealer med helling på minst 33 prosent, der vi forutsetter at det anvendes hogstmaskin og lastetraktor, i kombinasjon med gravemaskin som utarbeider enkle driftsveier i bestandet. Terrengklasse 3 er taubaneterreng.

| Region | Terrengklasse | Gran | Furu | Lauvtrær | Alle treslag |
|---|---|---|---|---|---|
| Østlandet Øst | 1 | 57 152 | 41 282 | 10 612 | 109 045 |
| | 2 | 10 749 | 5 240 | 4 112 | 20 101 |
| | 3 | 1 848 | 1 561 | 499 | 3 908 |
| | **Sum** | **69 748** | **48 084** | **15 223** | **133 054** |
| Østlandet Vest | 1 | 18 440 | 30 974 | 9 702 | 59 116 |
| | 2 | 5 981 | 9 684 | 6 487 | 22 153 |
| | 3 | 6 007 | 4 027 | 2 633 | 12 667 |
| | **Sum** | **30 429** | **44 685** | **18 822** | **93 935** |
| Vestlandet | 1 | 3 707 | 9 229 | 4 242 | 17 178 |
| | 2 | 1 222 | 5 328 | 30 28 | 9 577 |
| | 3 | 1 235 | 4 712 | 9 226 | 15 174 |
| | **Sum** | **6 164** | **19 269** | **16 496** | **41 929** |
| Nordafjells | 1 | 21 047 | 7 400 | 15 505 | 43 952 |
| | 2 | 6 761 | 2 073 | 5 176 | 1 4010 |
| | 3 | 5 544 | 1 803 | 7 062 | 14 409 |
| | **Sum** | **33 353** | **11 276** | **27 743** | **72 371** |
| Hele landet | 1 | 100 346 | 88 885 | 40 060 | 229 291 |
| | 2 | 24 713 | 22 326 | 18 803 | 65 841 |
| | 3 | 14 634 | 12 103 | 19 421 | 46 157 |
| | **Sum** | **139 693** | **123 313** | **78 283** | **341 290[1)]** |

1) Virke som krever uttransport over vann eller sjø er henført til den terrengklasse som er representativ med hensyn på terrenghellingen i det aktuelle bestandet. Volum på arealer hvor det er umulig å gjennomføre drift med vanlig skogsutstyr er imidlertid ikke inkludert. Summen av volum i denne tabellen er dermed mindre enn i Tabell 4.

Tabell 8. Skog som blir hogstmoden 2014-2043: Stående volum ved hogstmodenhet, fordelt på regioner, terrengklasse og treslag. Brutto skogskubikk (1000 $m^3$ u.b.) etter fratrekk for miljøhensyn. Se Tabell 7 for forklaring av terrengklasseinndelingen.

| Region | Terrengklasse | Gran | Furu | Lauvtrær | Alle treslag |
|---|---|---|---|---|---|
| Østlandet Øst | 1 | 96 486 | 43 735 | 24 369 | 164 590 |
| | 2 | 10 167 | 2 492 | 3 815 | 16 473 |
| | 3 | 3 500 | 288 | 870 | 4 657 |
| | **Sum** | **110 153** | **46 514** | **29 053** | **185 721** |
| Østlandet Vest | 1 | 15 673 | 13 115 | 5 335 | 34 123 |
| | 2 | 2 477 | 2 057 | 2 697 | 7 231 |
| | 3 | 2 995 | 604 | 1 265 | 4 864 |
| | **Sum** | **21 146** | **15 776** | **9 297** | **46 218** |
| Vestlandet | 1 | 11 107 | 6 226 | 6 463 | 2 3797 |
| | 2 | 7 628 | 2 756 | 3 644 | 14 027 |
| | 3 | 12 768 | 2 819 | 5 783 | 21 369 |
| | **Sum** | **31 502** | **11 801** | **15 889** | **59 193** |
| Nordafjells | 1 | 22 185 | 6 473 | 11 642 | 40 300 |
| | 2 | 4 757 | 360 | 2 091 | 7 208 |
| | 3 | 3 454 | 544 | 2 150 | 6 148 |
| | **Sum** | **30 397** | **7 377** | **15 882** | **53 656** |
| Hele landet | 1 | 145 452 | 69 550 | 47 808 | 262 810 |
| | 2 | 25 029 | 7 664 | 12 246 | 44 940 |
| | 3 | 22 717 | 4 255 | 10 067 | 37 039 |
| | **Sum** | **193 198** | **81 469** | **70 122** | **344 789**[1] |

1) Virke som krever uttransport over vann eller sjø er henført til den terrengklasse som er representativ med hensyn på terrenghellingen i det aktuelle bestandet. Volum på arealer hvor det er umulig å gjennomføre drift med vanlig skogsutstyr er imidlertid ikke inkludert. Summen av volum i denne tabellen er dermed mindre enn i Tabell 5.

# Bakgrunn

Fraværet av helhetlig planlegging i de bratte liene er en stor utfordring for skogeier som ønsker å oppnå en god arealavkastning. Manglende helhetlig planlegging bidrar til at økonomien for skogsentreprenørene blir krevende, mye hogstmoden skog blir ikke driftet, og risikoen for naturfarer øker i omfang i takt med et klima i endring. Dette er påstander mange støtter og ønsker å gjøre noe med.

Hvordan skogsbilveien plasseres i terrenget, har avgjørende betydning for en mest mulig rasjonell og økonomisk drift av skogen. De driftstekniske metodene vi har tilgjengelig er hogstmaskin og lassbærer, T-vinsj, vinsj fra Timbermax og ulike typer taubaner, gjerne i kombinasjon med en gravemaskin. De ulike driftsmetodene har forskjellige krav til infrastruktur. Ved hogst i et større område må man tenke helhetlig slik at man på best mulig økonomisk og driftsteknisk måte løser ut tømmeret, og samtidig bruker eventuelle tilskuddsmidler på en god måte.

# Hovedmål for prosjektet

Hovedmålet for prosjektet er å utvikle kurs for de som planlegger skogsbilveier (veiplanleggere og entreprenører) i bratt terreng, og samtidig legge forholdene til rette for egnet driftsteknikk.

I bratt terreng kan ofte taubane være et alternativ, og da må veien legges slik at standplasser passer inn med hvordan terrenget er utformet. Det må også sees på hvilke verktøy som egner seg til denne type planlegging der inputen vil være digitale terrengmodeller, helst basert på laserdata.

## Delmål

1. Skaffe oversikt over hva som er gjort av forskning på området (planlegging av veier og drift i bratt terreng), og overføre resultater til praktisk bruk
2. Komme frem til egnet verktøy som kan brukes i planleggingen
3. Tilpasse ny kunnskap om fag og verktøy inn i et kurs- og kompetanseoverføringskonsept
4. Gjennomføre testkurs for veiplanleggere og entreprenører etter at kurset er utviklet

# Gjennomføring av prosjektet

Første perioden av dette prosjektet gikk med til å studere litteratur, og til å snakke med kompetansepersoner i veiplanleggerfaget, entreprenørmiljøet og forskningen. I tillegg har vi vært ute på en god del befaringer og relevante samlinger innlands, samt en studietur til Tyskland.

Vi bestemte oss for å gjennomføre et prosjektmøte i starten av 2019 der vi inviterte representanter fra «alle» aktørene som opererer i det bratte terrenget og som på et eller annet vis var knyttet til prosjektet. På dette møtet ble det gjennomgått mye materiell og forskning, samt at vi fikk diskutert oss igjennom det meste av utfordringer. Det ble også utformet en grovplan for første testkurs.

Prosjektbeskrivelsen beskriver at «alt» skulle være gjennomtenkt og klart på forhånd før vi skulle gjennomføre testkurset, men forsamlingen ble raskt enig om at det var en uheldig fremgangsmåte. Vi valgte da å invitere veiplanleggere og noen utvalgte entreprenører til en 2-dagers samling; dette ble del 1 av testkurset. Hovedinnholdet i kurset var å gi veiplanleggerne en teoretisk og praktisk innsikt i hva som kreves av driftsteknikk i det bratte terrenget.

Det ble i tillegg gjennomført et testkurs del 2 på høsten 2019 for veiplanleggerne. Parallelt har vi på Skogkurs laget denne prosjektrapporten, hvor vi har dratt ut essens av forskjellig litteratur, samt resultat av diskusjoner og erfaringer.

# Hva er gjort tidligere på området

Det har ikke vært gjennomført spesifikke kurs i veiplanlegging i bratt terreng de siste 30 årene, men det har blitt forsket på tematikken hos NIBIO, og i utlandet (eks. Sveits, Østerrike og Canada). Utfordringen er å omsette forskningsresultater og erfaringer til et praktisk format som veiplanleggerne kan dra nytte av.

## Digitale hjelpemidler for planlegging av skogsbilveger i bratt terreng

Digitale terrengmodeller basert på data fra flybåren laserskanning åpner nye muligheter for planlegging av vei og taubane. Det foreligger en god del forskningsresultater og metodikk på temaet (f.eks. [1–4]), men få kommersielle løsninger. Programvaren som Skogkurs og veiplanleggerne i Norge har mest erfaring med, Softree RoadEng, benytter laserdata og har funksjonalitet for å sammenligne traséalternativer [5,6], men ingen «optimalisering» av plassering av standplasser for taubane. Programmet kan allikevel være en god ressurs for planlegging av vei og taubane. En mer kostbar programvare, ArcGIS, har mer avansert funksjonalitet for planlegging av taubanedrift [7,8]. QGIS er et gratis GIS-program med mye av de samme funksjonene som ArcGIS, men krever mye av brukeren.


1. Chung, W.; Sessions, J. 2002. Optimization of Cable Logging Layout Using a Heuristic lgorithm for Network Programming http://www.cofe.frec.vt.edu/documents/2002/COFE_2002_Chung_Sessions.pdf
2. Chung, W.; Sessions, J. 2003. A computerized method for determining cable logging feasibility using a DEM http://www.cofe.frec.vt.edu/documents/2003/COFE_2003_Chung_Sessions.pdf
3. Stückelberger, J.A.; Heinimann, H.R.; Chung, W.; Ulber, M. 2006. Automatic road-network planning for multiple objectives http://www.cofe.frec.vt.edu/documents/2006/COFE_2006_Stuckelberger_et_al.pdf
4. Bont, L.G.; Heinimann, H.R.; Church, R.L. 2012. Concurrent optimization of harvesting and road network layouts under steep terrain. Annals of Operations Research.
5. Softree. 2017. Webinar: Maximizing You LiDAR Investment with Softree Optimal. https://youtu.be/Vo88tcVcgIY
6. Speirs, C.; Mills, D.; Guigue, A. 2016. Rethinking Road Planning and Design Workflows: Unlocking the Potential of LiDAR with New Optimization Technology.
7. ESRI. 2013. Cable Harvest Planning Solution (CHPS) for ArcGIS Desktop. http://www.arcgis.com/home/item.html?id=f9086e578a7047e4a73415997df29d0c
8. CHPS. 2016. Cable Harvest Planning Solution, Version 1.6. http://www.cableharvesting.com/features.html


## Forskning og erfaring

Drift i bratt terreng er noe vi har drevet med i Norge i mange år. Det finnes mye gammel, men fortsatt god, kunnskap som må børstes støv av. Noe trenger en fornyelse, særlig valget av riktig driftsutstyr. En helhetlig tankegang er nøkkelen til at drift i bratt terreng skal bli økonomisk gunstig for både skogeier, virkeskjøper og entreprenør.

### Fra Skogkurs

Skogkurs har tidligere skrevet veiledere om veier og skogsdrift i bratt terreng, henholdsvis «Skogsveier og skredfare – veileder» og «Skogsdrift og veger i bratt terreng – en veileder i planlegging». «Skogsveier og skredfare» gir kunnskap om faren for løsmasseskred ved bygging og drift av skogsveier i bratt terreng, hvordan skred kan forebygges ved riktig oppbygging av veikroppen

og riktig dimensjonering av stikkrenner og grøfter. «Skogsdrift og veger i bratt terreng» gir en innføring i de momenter som har betydning for veibygging og drift i bratt terreng.

## Fra forskningen

Store deler av forskningen vi har basert kursinnholdet på, kommer fra NIBIO. Vi har hatt tett samarbeid med Jan Bjerketvedt som jobber med vei og driftsteknikk. Det meste av forskningen på bratt terreng handler om ulike driftsformer og vann. Det er derfor viktig at veiplanleggerne planlegger to veier i bratt terreng: skogsbilvei og vannvei. En utfordring i prosjektet har vært å knytte driftsformer og veibygging sammen direkte. Tidligere har det vært fokus på en funksjonell beskrivelse av terrenget som sier hvilken driftsform som er mest aktuell. Denne har gått ut på dato og trenger en fornyelse der nye driftsformer som T-vinsj og nye taubaner blir med i beskrivelsen. Funksjonell inndeling av terrenget er noe man bør jobbe videre etter hvert som driftsteknikken utvikler nye driftsformer.

Temaene vi har fokusert på i litteraturstudiet er

- Tilgjengelige skogressurser i bratt terreng
- Terrengklassifisering
- Drift i bratt terreng
- Naturfare
- Hydrologi
- Teknisk veibygging

## Erfaringer fra Trøndelag

I 1981, med veiplanlegger Nils Olaf Kyllo i spissen, ble det gjort en befaring innover Roltdalen i Selbu kommune. Det var også gjort befaringer og planer om vei innover i dalen tidligere, men utfordringen var terrenget. Nedre del av Roltdalen består av svært bratt terreng som måtte løses ut med taubane, mens dalen videre innover består av noe enklere terreng med større valgfrihet angående driftsutstyr. I samarbeid med professor Samset på Ås ble høydekotene innover dalen digitalisert. Digitaliseringen gjorde at man fikk tatt over 50 terrengprofiler innover dalen, og veien ble plassert slik at man kunne kjøre bukkefritt med en MOXY kabelkran med 800 m rekkevidde. Det ble planlagt vei på begge sider av dalen ettersom hvor det var mest rasjonelt å dra ut tømmeret. Veien ble stikket i teorien, og deretter ble det kontrollert at veien kunne bygges i praksis. Der det ikke var mulig å bygge vei med datidens utstyr, ble veitraseen tilpasset terrenget. Der det ikke var mulig å kjøre bukkefritt, ble det bygget egne stikkveier og standplasser ut fra hovedveien for å løse dette. Resultatet av planleggingen gjorde det mulig å avvirke 90-95 % av hele arealet.

I tillegg til veibyggingen fikk ni studenter i oppdrag å klassifisere terrenget. Først ble terrenget klassifisert etter bratthet, jevnhet, bæreevne og lilengde. Dette ble igjen delt i 3 klasser, traktorterreng, traktor/taubaneterreng og taubaneterreng. På bakgrunn av dette ble hele området delt inn i 40 terrengenheter med forslag om driftssystem, inkludert areal og kubikkmeter tømmer. Veibygging og drifter har blitt gjennomført over tid, og det tok 27 år fra den første til den siste veien ble bygd. I dag er det drevet ut over 200 000 kubikkmeter tømmer, der 40 – 50 000 er drevet med taubane, og veiene ligger klare til neste omløp er klar for hogst.

Dette prosjektet blir stående som et godt eksempel på hvordan helhetlig planlegging lønner seg for alle involverte.

# Gjennomføring av testkurs for veiplanleggere

Hensikten med å samle veiplanleggerne er å skolere dem til å kunne gi tekniske og økonomiske råd til næring og forvaltning på hva som er den optimale veiløsningen i bratte skogområder på kort og ikke minst lang sikt. Målet er at veiplanleggeren ikke skal behøve å spørre en taubaneentreprenør hver gang om hva som er den beste løsningen når terrenget står på «huggu». Mye terreng er egnet for tradisjonelle hogstmetoder, noe er definitivt taubaneterreng, og noe er midt imellom, dvs. begge deler kan brukes. En siste metode det ikke har vært noe spesielt fokus på her til lands, er bruk av T-vinsj og ev. maskinmonterte hjelpevinsjer.

## Første kurssamling - i Sykkylven

Skogkurs har i dette prosjektet arrangert testkurs for veiplanleggerne fordelt på to samlinger. Den første samlingen ble avholdt i Sykkylven og den andre på Honne på Biri. Formålet med den første samlingen var å sette gamle og nye veiplanleggere inn i hva som kreves av infrastruktur når skog i bratt terreng skal driftes. Siden bruk av taubane er et opplagt driftsteknisk valg når terrenget er som brattest, var det naturlig å trekke veksler på de to mest profesjonelle taubaneentreprenørene i Norge – Vidar Rørvik og Torbjørn Frivik. Disse karene har holdt på med taubaner i nærmere 40 år hver.

T-vinsj er også et interessant driftsteknisk alternativ, og vi var så heldige at vi fikk med oss tre representanter fra Sunnfjord Skog på deler av samlingen, som da hadde et års erfaring med bruk av denne flyttbare vinsjen. I tillegg hadde vi med oss taubaneekspert og veiplanlegger Nils Olaf Kyllo (Kyllo enterpraisen) og veiekspert Jan Bjerketvedt (NIBIO).

**Agenda for den første samlingen:**

**Dag 1** Inne på Union Hotell Øye

Oppstart kl. 1200 med lunsj

- Taubanehistorikk (for å sette forsamlingen i rette modus)
- Terrengklassifisering
- Krav og ønsker fra Taubaneentreprenørene
- Stigningslinje, inkl. diskusjon om bukker og plassering
- Økonomiske kalkyler

Avslutning ca. kl. 1800

**Dag 2** Ute i Sykkylven

Avreise kl. 0800 fra hotellet

- Befaring av skog i bratt li med vurdering av driftsmetode
- Befaring taubanedrift med Owren 400 slepebane/fallbane, prinsipper for gode standplasser. Inkludert barduneringsprinsipper/-krav
- Måling av stigningslinje for taubanen i felt
- Vurdering av terreng for T-vinsj
- Hvor bør veien ligge?

Nils Olaf Kyllo som tidligere jobbet med forskning innen taubane, presenterte taubanehistorie fra inn- og utland med bilder og forklaringer av ulike type taubaneoppsett som har vært benyttet opp igjennom tidene. Skogkurs' temabok «Skogsdrift med taubane» (2010), er basert på forskningsresultater og praktiske erfaringer. Kyllo brukte denne boken aktivt i sin presentasjon. Han har også jobbet mye med veifaget og som veiplanlegger. Deltagerne som var tilstede fikk en god innføring i tidligere veiprosjekter der drift med taubane styrte veiplanleggingen.

Vidar Rørvik og Torbjørn Frivik utgjør i dag 90 % av landets taubanekapasitet, og kom med gode innspill knyttet til dagens tømmerdrift og til hvilke utfordringer de møter ute i terrenget. Entreprenørene opplever stadig at tømmeret som står i den slakere delen av lia avvirkes med annen type driftsteknikk enn taubane. Dette gjør at taubaneentreprenørene må ha en høyere driftspris for å avvirke det som står vanskeligere til. Hadde derimot tømmeret som står enklere til vært en del av taubanedrifta, ville driftsprisen blitt lavere og økonomien bedre for både skogeier og entreprenør. Med dette blir det nok en gang påpekt viktigheten av god og helhetlig planlegging.

På dag to viste Vidar Rørvik i Rørvik Taubanedrift AS oss ei tømmerdrift der det kun var bygget traktorvei. Tømmeret ble vinsjet ned/opp til traktorveien, kvistet og kappet med hogstmaskin før stokkene ble kjørt ned til velteplassen med lassbærer. Dersom det heller hadde vært en bilvei her kunne tømmeret blitt hentet av tømmerbilen og terrengtransporten unngått.

Ønskene/kravene fra taubaneentreprenørene er beskrevet senere i rapporten, under krav til standplass.

Jan Bjerketvedt jobber mye med GIS-analyser i ArcGIS, og han demonstrerte noen analysemuligheter som vi også beskriver senere i denne rapporten. Bjerketvedt har nylig avsluttet et annet prosjekt «VVS – Vann, Veier og Skogsdrift», som vi har dratt nytte av i dette prosjektet.

Gutta fra Sunnfjord Skog ga deltakerne en liten tankevekker på feltdagen, da de vurderte et «typisk» taubaneterreng som godt egnet for bruk av T-vinsj. Kombinasjon T-vinsj, kommersielle hogstmaskiner og et høyt stående volum/daa gir lave driftskostnader når man sammenligner med taubane. Det som imidlertid er viktig å tenke på, er om de får med seg alt tømmeret som burde avvirkes. Blir det stående igjen mye tømmer som egentlig bare taubanen kommer til, er det viktig å vurdere denne helheten før man setter i gang.

## Andre kurssamling - på Honne

Den andre samlingen ble gjennomført på Honne. Målet for samlingen var å sette veiplanleggerne i stand til å gjøre taubaneberegninger digitalt i Softree. Det kreves en viss erfaring og forhåndskunnskap for å mestre denne type analyser i Softree. Skogkurs har laget ulike forklaringsvideoer for forskjellige funksjoner i Softree. Vi har i tillegg brukt webinarene fra Softree aktivt i opplæringen. Link til webinar om taubanesimulering i Softree ligger under kapittelet «Taubaneplanlegging i Softree».

En terrengklassifisering sammen med en taubaneanalyse er viktig å gjennomføre før man setter i gang med en ev. veiplanlegging i bratt terreng. Selv om mye kan analyseres i egnede GIS-verktøyer hvor dataene kommer fra laser, må man alltid regne med en del feltbefaringer i tillegg.

## Fremtidig kurs

Gjennom disse testkursene har vi erfart at fokus på helhetlig planlegging blir helt essensielt fremover, for å komme frem til gode løsninger for alle parter som berøres av skog og skogsdrift. Helhetlig vurdering av hele lia, inklusive gårder/bebyggelse/annen infrastruktur nedstrøms må sees i sammenheng med skogproduksjon, naturfare, økonomi og samfunnssikkerhet.

På Skogkurs sin hjemmeside har vi laget en enkel kursbeskrivelse basert på erfaringene fra disse to testkursene «Veibygging i bratt terreng», som selvfølgelig kan skreddersys på forespørsel.
https://www.skogkurs.no/kurs/kursbeskrivelse.cfm?id=7592

# Faginnhold i kurset

## Driftsmetoder

### Hogstmaskin og lassbærer

Denne driftsmetoden er den vanligste i norsk skogbruk. Hogstmaskinen feller og opparbeider trærne ute i skogen, mens lassbæreren samler opp tømmerstokkene og transporter de ut til velteplassen langs bilvei. Denne metoden får utfordringer dersom terrenget heller mer enn 30-40 %, eller lia det hogges i har en ujevn terrengprofil.

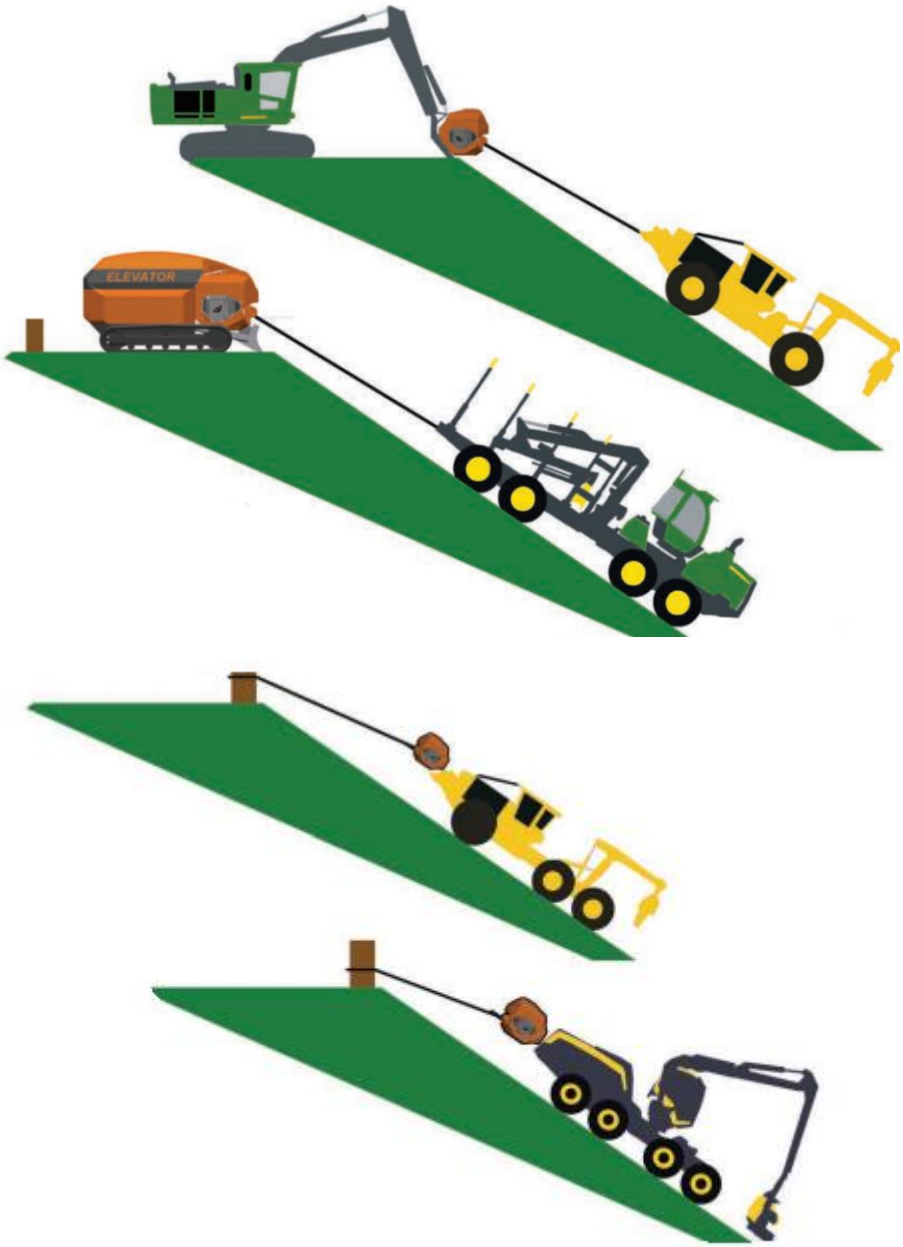
### Hogstmaskin og lassbærer + T-WINCH eller Timbermax

I bratt terreng kan man bruke T-WINCH eller Timbermax, de to hjelpevinsjene som er på det norske markedet nå. T-WINCH har vært i drift en stund, mens Timbermax akkurat har kommet til Norge. T-WINCH er en beltegående vinsj som barduneres øverst i hogstfeltet, og som har en wire festet til maskinene. Vinsjen bidrar med å holde igjen maskinene nedover og trekke de opp igjen, slik at de kan kjøre i brattere terreng uten å lage dype spor, og med lavere risiko.

T-vinsj Foto: Steinar Lyshaug

Bruk av T-vinsj krever også en jevn terrengprofil, men maskinene kan da brukes i et brattere terreng. Ofte vil denne driftsformen være rimeligere enn å benytte taubane, der det er praktisk mulig. Utfordringen med T-vinsj er at de må beltes til toppen av bestandene først, og da må det av og til graves en enkel traktorvei først. I Norge er det per 31/12-2019 tre slike vinsjer i bruk. Disse kommer det mest sannsynlig til å bli flere av.

Timbermax fungerer på samme måte, men her festes vinsjen på en gravemaskin, eller på selve skogsmaskinen. Se følgende illustrasjoner.




Illustrasjoner på hvordan vinsjene fra Timbermax kan benyttes.

## Gravedrifter

I driftsmetoden lager gravemaskin driftsveier for hogstmaskinene i det bratte terrenget. Dette krever at terrenget har tilstrekkelig med stabile løsmasser. Gravemaskinen og hogstmaskinen veksler da hele tiden, slik at de arbeider seg fremover i terrenget. Til slutt kommer lastbæreren og plukker opp tømmeret og kjører ned på de gravde veiene. Ved denne type drift er det særdeles viktig at det tas tilstrekkelig hensyn slik at miljø ivaretas og at man ikke risikerer naturfare. Gravedrifter kan forårsake store ødeleggelser nedstrøms, enten i form av skred eller vann på avveie, dersom man feilvurderer terreng og grunnforhold, ref. Forprosjekt – Evaluering av gravedrifter.

## Taubane

Dersom terrenget er for bratt og/eller ujevnt for konvensjonell drift med hogstmaskin og lassbærer, med eller uten T-vinsj, eller at gravedrift ikke er å foretrekke, må det eventuelt brukes en taubane. En taubane plasseres slik at tømmeret løftes opp, eller trekkes/løftes ned lia. Det er som regel to mann ute i feltet på hvert taubanelag, der den ene feller og den andre stropper. Et taubanestrekk kan maksimalt være 400 meter (litt avhengig av type kran og bane). Den optimale lengden er 150-250 meter med det utstyret som brukes i dag. Ved selve taubanetårnet opparbeides tømmeret for videre transport.

Taubane: Vidar Rørvik AS Foto: Steinar Lyshaug

Det er viktig at den personen som skal planlegge vei i hogstområder hvor taubane er aktuelt, er klar over kravene til standplasser. I det bratte terrenget er det standplassen som er den kritiske faktoren for en effektiv og økonomisk drift. Veiplanleggeren må også kjenne til de ulike typene taubane som er tilgjengelig i område veien skal legges, siden de kan ha litt forskjellige krav. Størst fleksibilitet og potensielt best økonomi får man dersom veien ligger så optimalt at tømmeret kan lastes rett på tømmerbilen ved kabelkranen.

Taubane ved bilveg: Torbjørn Frivik Foto: Even Hoffart

## Kravspesifikasjon til standplass

En standplass for taubane har flere funksjoner:

- Oppstillingsplass for taubanevinsjen og bardunering av vinsjen
- Tilstrekkelig plass for tømmer og opparbeiding
- Plass til lagring og opplasting av tømmer
- Plass til kvist, topp og bult

God utforming av standplassen gir gode baneoppsett. En veiplanlegger i bratt terreng, der man må bruke taubane, bør ha disse momentene med seg under planleggingen. En standplass bør legges litt ut fra lisiden for å få plass, og standplasser oppe på høybrekk gir god høyde på banen. Dersom man i tillegg kan kjøre bukkefritt, får man effektiv drift med taubane. En bukk er et tre mellom vinsjen og endetreet hvor det kan henges opp en bæresko for å løfte bærekabelen. En bukk tar tid å sette opp, og banen må kjøre med lavere hastighet, så der man har mulighet bør veien planlegges slik at man slipper å montere bukker.

På samlingen i Sykkylven hadde vi en diskusjon rundt kravspesifikasjoner fra entreprenørene for bruk i veiplanlegging. Hovedkonklusjonen i denne diskusjonen er at samarbeid mellom veiplanlegger, entreprenør, tømmerkjøper og skogeier er nøkkelen til å løse ut tømmeret på best mulig måte for alle parter.

En stor fordel dersom man skal vinsje ned eller opp til veien, er å stå utenfor veien med mulighet til å opparbeide tømmer og legge kvist på nedsiden av standplassen. Tømmerbilen kan komme forbi på innsiden, snu og hente tømmer på tur tilbake. Se bilde under.

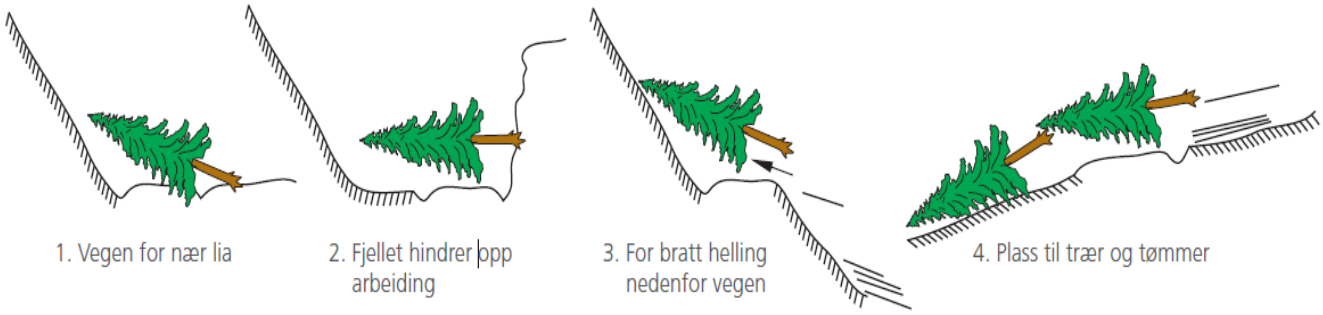
Standplass og lundeplass på utsiden av veien Foto: Nils Olaf Kyllo

## Hovedpunkter i kravspesifikasjonen til en standplass for taubane ved vei:

- Størrelsen på standplassen bør være minimum 20 meter lang med en bredde på 6-7 meter.
- Standplassradius minimum 25 m.
    - Med dette menes arbeidsradiusen til vinsjen og opparbeidingsmaskinen. Det vil si at selv om standplassen er 20 meter lang og 7 meter bred hjelper dette lite dersom den ligger inntil fjell, skog eller andre hindringer, se illustrasjonen under.
- Terrenget på nedsiden må ikke være brattere enn 60° helning dersom tømmeret skal legges i skråningen.
- Maks 60 meter mellom hver standplass.
    - Som regel kan man hente tømmer 25-30 ut fra bærekabelen, og derfor kan ikke avstanden mellom hver standplass overstige 60 meter.
- Maks 400 meter strekk på taubanen, entreprenørene har størst inntjening der taubanestrekket er mellom 150 og 250 meter.
- Bruk av bukk medfører 12-18 kr/$m^3$ /bukk i ekstra kostnad for skogeier.

- Tilstrebe parkeringsplass for entreprenør når man planlegger standplass/vei.
    - Dette har betydning for effektiv drift, men ikke minst sikkerhet for de som jobber. Arbeid i bratt terreng kan være farlig pga. tømmer i bevegelse og steinsprang som to eksempler.
- Forankring av banen er en viktig faktor veiplanleggeren må tenke på når veien planlegges.
    - Dette må man ha med i planleggingen når veitraseen skal hogges. Standplassene må ha tilstrekkelig mange og gode barduneringstrær.
    - Bardunering skal være minimum 45° fra tårn/endetre uavhengig av terrenget.
    - Viktig at man bardunerer vinsjen i tilstrekkelig sterke punkter. Se tabell på neste side som sier hvor mye horisontale krefter et friskt tre tåler ved stubbehøyde.
- Mindre krav til standplass dersom man kan stroppe trærne i rota istedenfor i toppen.
    - Toppstropping er mer aktuelt på Østlandet da toppene her er sterkere (erfaringer gjort av Vidar Rørvik).
- 100-200 $m^3$ kan legges opp rundt en lastebilmontert bane.
- Snuplasser bør legges for hver 200 m i bratt terreng.
    - Det er en utfordring å rygge i bratt terreng, og ofte brukes veien som velteplass. Dette gjør at tømmerbilen i enkelte tilfeller må snu lengre ned i veien for så å rygge opp til tømmervelta. Slike hyppige snuplasser bør legges sammen med en eventuell standplass slik at det blir kostnadsbesparende.

Illustrasjon på plassering av vei. Det er kun alternativ 4 som er god standplass:




Figurene er hentet fra veilederen: Skogsdrift og veger i bratt terreng

| **Horisontalkraften vi kan utsette friske trær for ved stubbehøyde** | | |
|---|---|---|
| **DBH 1,3 cm** | Maks strekk ved normale forhold (kN) | Maks strekk ved gunstige forhold (kN)* |
| **10** | 3 | 5 |
| **20** | 13 | 20 |
| **30** | 30 | 45 |
| **40** | 53 | 80 |
| **50** | 83 | 125 |
| **60** | 120 | 180 |
| ***Gunstige forhold gjelder dype røtter i fast jord og det ikke forekommer vridningskrefter** | | |
| **Huskeregel:** | S maks= $\frac{D_{1,3}{}^2}{30}$ | |
| **D i cm, horisontalkraften S i kN** | | |

## Terrengbeskrivelse

Terrenget er bestemmende for valg av driftsmetode, og planleggeren må derfor kjenne til egenskapene til de ulike terrengtypene. Inndelingen av terrenget kan være deskriptiv eller funksjonell. Den deskriptive beskriver hvordan terrenget er, mens den funksjonelle knytter den deskriptive terrenginndelingen sammen med tilgjengelig driftsutstyr. Den funksjonelle terrenginndelingen deler terrenget inn i hogstmaskin/traktorterreng og taubaneterreng, se bilde under.

Deskriptiv terrengklassifisering gir en generell beskrivelse av terrenget.

| | |
|---|---|
| **Bratthet/helling**<br>Klasse:<br>1. < 20 %<br>2. < 20–40 %<br>3. < 40–55 %<br>4. > 55 % | **Bæreevne**<br>Klasse:<br>1. God — Fast mark, < 20 % finstoff<br>2. Vekslende — Finstoff 20–40 %, Dårlig i regnperioder ellers god.<br>3. Liten — Liten teknisk bæreevne, Finstoffrik masse > 40 %, Våtlendt mark og grunn myr.<br>4. Svært liten (Ingen) — Bæresvak mark, torvmark og myr, Krever tele – snø, Vinterdrift |
| **Lilengde**<br>Klasse:<br>1. < 75 m<br>2. 75–150 m<br>3. 150–300 m<br>4. > 300 m | |
| **Terrengjevnhet**<br>Klasse:<br>1. Helt jevnt — Kan kjøre overalt, < 100 terr.ujevnheter/daa, Ujevnhet = 35 cm, Jordbr.traktor<br>2. Ujevnt — Kjøring mellom hinder, Jordbr.tr./skogsmaskin<br>3. Storsteinet og hauget — > 100 terr.ujevnheter/daa, Skogsmaskin, Bakkeklaring 40–80 cm<br>4. Blokkmark ur, småstup og kløfter — Ikke kjørbart med hjulkjøretøy. | **Jorddybde**<br>Klasse:<br>1. Jorddybde < 25 cm<br>2. " 25–50 cm<br>3. " 50–100 cm<br>4. " > 100 cm |

Funksjonell terrengklassifisering gir grunnlag for inndeling i driftsområder.

| Driftsområde | Bratthet/helling | Terrengjevnhet | Bæreevne |
|---|---|---|---|
| **Traktorterreng:** | | | |
| Landbrukstraktor | < 20–40 % | Jevnt/ujevnt | Vekslende |
| Skogsmaskin | < 40 % | Storsteinet/ hauget | Vekslende |
| Terrasseveger - løsmasser for lett vegbygging | > 30–40 % | " | Vekslende |
| **Taubaneterreng:** | | | |
| Løpende bærekabel (slepebane) 50–200 m | > 40 %<br>Pilhøyde 10 % for å få god løft på banen | Alle klasser | Alle klasser<br>Unngår terrengskader |
| Løpende bærekabel tyngre utstyr – 350 m | Pilhøyde 6 % | | |
| Kabelkran fast bærekabel – 400 m | | | |
| Fallbane, opp til veg – 400 m | Må være minst 15–20 % fall | | |

Disse terrenginndelingene er henter fra Skogkurs sin veileder «Skogsdrift og veger i bratt terreng». Denne veilederen ble publisert i 2007. Fra 2007 til i dag, 2019, har det skjedd en utvikling på driftsutstyret. Det bør derfor gjøres en jobb på den funksjonelle terrengbeskrivelsen slik at denne er gjeldene for dagens drift. Den bør også lages slik at det enkelt kan legges til nye driftsmetoder etter hvert som de blir tatt i bruk.

Den deskriptive terrenginndelingen vil være lik som før, siden terrenget ikke endrer seg. Det er viktig at en veiplanlegger klarer å beskrive lilengde, bratthet, terrengjevnhet osv. for å legge veien hensiktsmessig i terrenget. Det å vurdere dette opp mot tilgjengelig driftsutstyr gir grunnlag for en helhetlig planlegging av arealet. Det som eventuelt kan endres i den deskriptive terrengklassifiseringen er egenskapene i de ulike inndelingene. Dette gjør at den deskriptive og den funksjonelle terrenginndelingen tilpasser hverandre etter hvert som utviklingen skjer.

## Naturfare

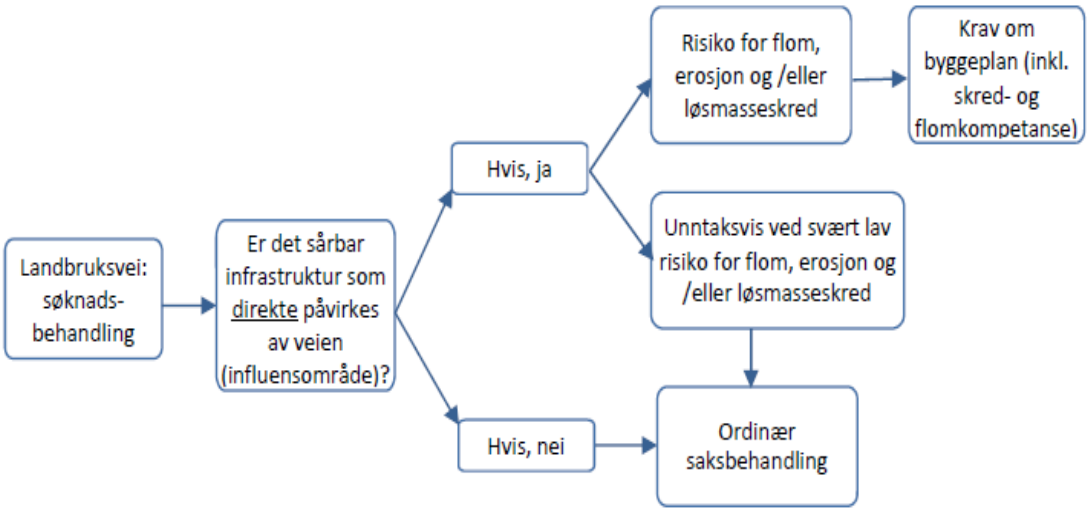
Naturfarer er i løpet av de siste årene kommet høyt på dagsorden. Samspillet mellom arealer som er omfattet av plan- og bygningsloven (planfaglige) og landbruksområder som gjerne befinner seg på oversiden (innmark, skog og utmark), har til nå vært for lite samstemt. Sektorene har planlagt og jobbet mye hver for seg, og storsamfunnet har flere ganger måttet betale dyrt for de konsekvenser av «natur på avveie» som har dukket opp. Mange hendelser kunne mest sannsynlig vært unngått dersom mer helhetlig planlegging hadde kommet tidligere på dagsorden.
Forvaltning og drift av skog kan ha betydning for naturfare, primært forhold som er knyttet til skade på bebyggelse, bane eller vei. Skog kan også bidra til å dempe fare for skred, redusere avrenning og stabilisere jordmasser.

NIFS-programmet (Naturfare, infrastruktur, flom og skred, et samarbeid mellom Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Jernbaneverket (JBV) og Statens vegvesen (SVV)) påpeker i en rapport fra 2016 at klimaendringene vil og bør ha betydning for hvordan vi forvalter og styrer aktiviteter i skog. Behovet for samarbeid mellom skogbrukskyndige, klimaforskere, hydrologer, geologer og andre fagfolk påpekes som viktig i denne sammenhengen.

## Aktuelt for veiplanlegging i bratt terreng

Aktivitet og endring av terrenget i bratte lier kan få konsekvenser nedstrøms. Mye av farene kan relateres til skog og hogst, men veibygging kan også øke faren for konsekvenser nedstrøms. Risikoen for naturfarer handler mye om vannhåndtering. Endrer vi vannveiene vesentlig, kan dette føre til løsmasseskred eller utvasking av nedstrøms infrastruktur. Et eksempel på dette er flommen på Kvam i 2013. Stikkrennene i Kvitfjellvegen gikk tette, og dette førte til at vannet fant nye veier nedover i terrenget og vasket til slutt ut deler av både E6 og jernbanen. En veiplanlegger må derfor være bevisst på hvordan vannet skal håndteres under planleggingen. Like viktig er hvordan veien vedlikeholdes i årene etter bygging. Rensk av grøfter og tilsyn av stikkrenner er vesentlig for å opprettholde sikkerheten nedstrøms.

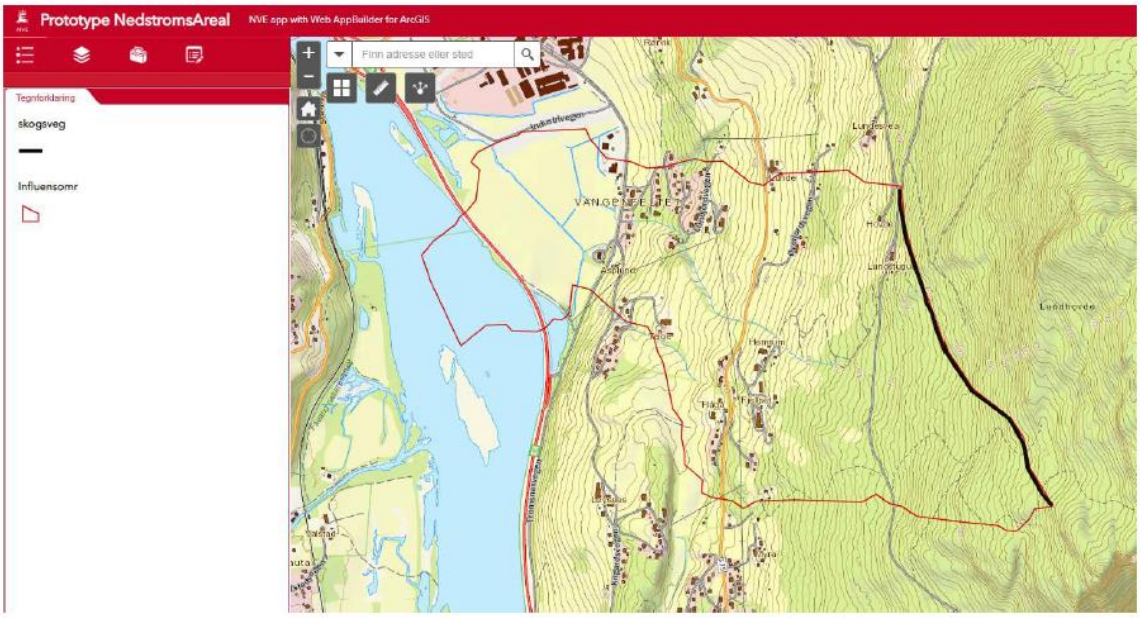
Naturfareforum, bestående av representanter fra Direktoratet for samfunnssikkerhet, Norges vassdrag og energidirektorat, Statens Vegvesen, Bane NOR, Landbruksdirektoratet, Kartverket, Kommunesektorens organisasjon, Miljødirektoratet, Meteorologisk institutt og Fylkesberedskapssjefene, publiserte i 2019 en rapport med navn «Fareindikatorer ved skogsveibygging». Denne rapporten peker på viktigheten av kompetanse, særlig når all saksgang for skogsveibygging skal ned på kommunenivå. Faren for erosjon er viktig og følgende figur viser rapportens forslag til saksgang når man skal vurdere flom, erosjon og løsmasseskred. Rapporten peker på at det skal være et krav om å benytte profesjonell/godkjent veiplanlegger til slikt arbeid, og det er derfor særs viktig at vi som er fagpersoner på skogsvei har god kunnskap om dette temaet. Et mulig senario er at kommunen henvender seg til veiplanleggeren for råd når en veisøknad skal behandles. Bakgrunnen for denne rapporten er at det i 2015 ble fastsatt en ny landbruksveiforskrift som er hjemlet i Skogbruksloven, der hensynet til flom, erosjon og løsmasseskred er implementert.




Figur: Forslag til saksgang for vurderinger med hensyn til flom, erosjon og løsmasseskred

## Automatisk beregning av nedstrøms areal

Det er startet et arbeid med en prototype på et kartverktøy med automatisk beregning av arealet nedstrøms for veien. Dette området kalles influensområde og er det området som kan bli påvirket av veien som bygges. Du kan tegne inn den planlagte veien i kartet og det genereres et influensområde på nedsiden av veien. Se bilde under. Dersom det er sårbar infrastruktur og bygninger innenfor influensområde må det vurderes hvordan dette skal håndteres slik at sikkerheten med hensyn på naturfare ivaretas.




Kartutsnitt fra prototype på automatisk beregning av influensområde

## Hydrologi

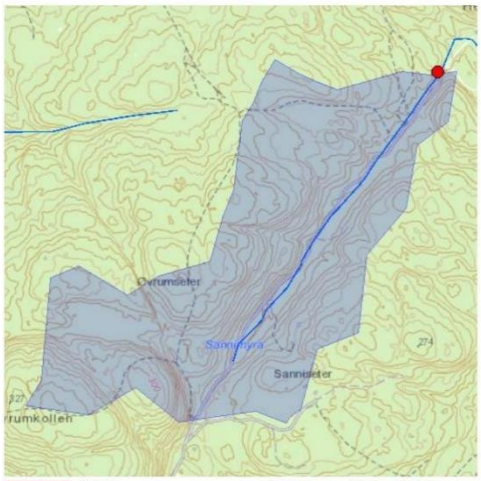
En vesentlig del av planleggingen i skogbruket er håndtering av vann. Dette gjelder både driftsplanlegging og veiplanlegging. Jan Bjerketvedt og Erik Gjerstadberget leverte i 2019 en sluttrapport i et prosjekt ved navn VVS – Vann, Veier og Skogsdrift. Dette er en solid rapport som forklarer godt hvordan man kan analysere vannveiene i terrenget. Ved bruk av laserdata kan man gjøre ulike flomanalyser med og uten veitraseen i kartet i GIS-verktøy, men dette krever en del forkunnskaper. Analyser ved bruk av GIS-verktøy eller innsynsløsninger som f.eks. markfuktighetskartet til kilden.nibio.no kan gi en god indikasjon på hvor plasseringen til stikkrennene bør være. Hovedprinsippet for plassering av kulverter er at den opprinnelige vannveien opprettholdes etter terrenginngrep. Med tanke på naturfare bør det gjøres en risikovurdering på det som ligger nedstrøms. I tillegg til tilstrekkelig antall stikkrenner i rett dimensjon kan man også lage lavbrekk i veien der stikkrennene ligger. Erosjon i grøftene kan føre til tette stikkrenner som igjen kan føre til store konsekvenser nedstrøms. Et lavbrekk fungerer som en sikkerhet ved tette stikkrenner fordi vannet kan flomme over veien og følge sitt opprinnelige løp.

## Dimensjonering av kulverter

Riktig dimensjon på stikkrennen er avgjørende for vannhåndteringen. For liten dimensjon fører til at vannet flommer over og kan vaske ut veien. For små stikkrenner tettes lettere og kan gi store konsekvenser nedstrøms. Ved å gjøre en flomavrenningsanalyse kan man finne arealet som dreneres ned til en enkelt stikkrenne, men ikke hvor store vannmengder som dreneres. Mest aktuelt for skogsbilveibygging er da å benytte den rasjonelle formelen for å finne den dimensjonen som er tilstrekkelig.

Den rasjonelle formelen $Q = C \times i \times A \times k_f$

- Q = avrenning i $m^3/s$
- C = avrenningsfaktor
- i = dimensjonerende nedbørintensitet $l/s/km^2$
- A = feltareal $km^3$
- $k_f$ = klimafaktor, finnes fylkesvis hos Vegvesenet for store og små nedbørsfelt




**Lavvannskart**

| | |
|---|---|
| Vassdragsnr.: | 015.4B4Z |
| Kommune: | Skien |
| Fylke: | Telemark |
| Vassdrag: | Rekua |

| Vannføringsindeks, se merknader | |
|---|---|
| Middelvannføring (61-90) | 17,6 l/(s*km²) |
| Alminnelig lavvannføring | 0,3 l/(s*km²) |
| 5-persentil (hele året) | 0,4 l/(s*km²) |
| 5-persentil (1/5-30/9) | 0,2 l/(s*km²) |
| 5-persentil (1/10-30/4) | 0,9 l/(s*km²) |
| Base flow | 6,9 l/(s*km²) |
| BFI | 0,4 |

| Klima | | |
|---|---|---|
| Klimaregion | | Ost |
| Årsnedbør | 942 | mm |
| Sommernedbør | 412 | mm |
| Vinternedbør | 530 | mm |
| Årstemperatur | 5,5 | °C |
| Sommertemperatur | 12,7 | °C |
| Vintertemperatur | 0,3 | °C |
| Temperatur Juli | 15,3 | °C |
| Temperatur August | 14,4 | °C |

| Feltparametere | |
|---|---|
| Areal (A) | 0,5 km² |
| Effektiv sjø ($S_{eff}$) | 0,0 % |
| Elvelengde ($E_L$) | 0,9 km |
| Elvegradient ($E_G$) | 19,2 m/km |
| Elvegradient$_{1085}$ ($G_{1085}$) | 12,9 m/km |
| Feltlengde($F_L$) | 1,3 km |
| $H_{min}$ | 201 moh. |
| $H_{10}$ | 222 moh. |
| $H_{20}$ | 230 moh. |
| $H_{30}$ | 238 moh. |
| $H_{40}$ | 244 moh. |
| $H_{50}$ | 249 moh. |
| $H_{60}$ | 257 moh. |
| $H_{70}$ | 265 moh. |
| $H_{80}$ | 278 moh. |
| $H_{90}$ | 287 moh. |
| $H_{max}$ | 323 moh. |
| Bre | 0,0 % |
| Dyrket mark | 0,0 % |
| Myr | 0,0 % |
| Sjø | 0,0 % |
| Skog | 95,7 % |
| Snaufjell | 0,0 % |
| Urban | 0,0 % |

1) Verdien er editert

Norges vassdrags- og energidirektorat

NVE

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

NVE har en nettløsning for dimensjonering av stikkrenner i større bekker og vann. Løsningen heter NEVINA og man kan hente egenskapsdata fra nedbørsfeltet direkte. En ulempe med denne løsningen er at den ikke er dekkende for alt areal, kun de største bekkeløpene.

«VVS – Vann, Veier og Skogsdrift» har utarbeidet et regneark som forenkler dimensjonering av stikkrenner på bakgrunn av data fra NEVINA. Bilde over viser hvilke egenskaper som skal brukes, de er ringet rundt med rødt.

Egenskaper hentet fra NEVINA:

- Areal
- Feltlengde
- Høydeforskjell ($H_{min}$ – $H_{max}$)
- Arealfordeling

Egenskaper fra Vegvesenet

- Klimafaktor

| Beregning av avrenningsfaktoren, C | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Faktor | | |
| | %-andel | Faktorområde | Valgt | |
| Bre | 0 | | | 0 |
| Dyrket mark | 0 | 0,1-0,5 | | 0 |
| Myr | 1,7 | 0,3-0,7 | 0,6 | 0,0102 |
| Sjø | 0 | | | 0 |
| Skog | 96,7 | 0,1-0,4 | 0,4 | 0,3868 |
| Grusveier | 1,6 | 0,3-0,7 | 0,5 | 0,008 |
| Snaufjell | 0 | 0,7-0,9 | | 0 |
| Urban | | 0,7-0,9 | 0,6 | 0 |
| C | 100 | | | 0,405 |

| Beregning av konsentrasjonstiden, tc | | |
|---|---|---|
| L | lengde av felt, meter | 900 |
| H | høydeforskjell, meter | 61 |
| Ase | effektiv sjøprosent | 0 |
| tc | konsentrasjonstid, minutter | 69 |

| Beregning av avrenning, Q | | |
|---|---|---|
| C | avrenningsfaktor | 0,405 |
| i | dim. nedbørsintensitet, l/s/km2 | 7000 |
| A | feltareal, km2 | 0,6 |
| Q | avrenning i l/s | 1701 |
| Q | avrenning i m3/s | 1,701 |
| kf | klimafaktor | 1,2 |
| Q | avrenning i l/s | 2041,2 |
| Q | avrenning i m3/s | 2,0412 |

Faktorene bør
økes med 10%
for returperiode 25 år
og 20% for 50 år.

Velg høy C-verdi for
områder som er bratte (>10%)
eller ofte har mettet grunn

| diameter mm | | | H |
|---|---|---|---|
| 300 | For liten | 0,18 | 1,67 |
| 400 | For liten | 0,26 | 1,55 |
| 500 | For liten | 0,34 | 1,46 |
| 600 | For liten | 0,43 | 1,40 |
| 700 | For liten | 0,52 | 1,34 |
| 800 | For liten | 0,62 | 1,30 |
| 900 | For liten | 0,72 | 1,26 |
| 1000 | For liten | 0,82 | 1,22 |
| 1100 | For liten | 0,92 | 1,19 |
| 1200 | OK, Stor nok | 1,03 | 1,17 |
| 1300 | OK, Stor nok | 1,14 | 1,14 |
| 1400 | OK, Stor nok | 1,25 | 1,12 |
| 1500 | OK, Stor nok | 1,36 | 1,10 |
| 1600 | OK, Stor nok | 1,48 | 1,08 |
| 1700 | OK, Stor nok | 1,60 | 1,07 |
| 1800 | OK, Stor nok | 1,71 | 1,05 |
| 1900 | OK, Stor nok | 1,84 | 1,04 |
| 2000 | OK, Stor nok | 1,96 | 1,02 |
| 2100 | OK, Stor nok | 2,08 | 1,01 |
| 2200 | OK, Stor nok | 2,21 | 1,00 |
| 2300 | OK, Stor nok | 2,34 | 0,98 |
| 2400 | OK, Stor nok | 2,46 | 0,97 |
| 2500 | OK, Stor nok | 2,59 | 0,96 |
| 2600 | OK, Stor nok | 2,73 | 0,95 |
| 2700 | OK, Stor nok | 2,86 | 0,94 |
| 2800 | OK, Stor nok | 2,99 | 0,94 |
| 2900 | OK, Stor nok | 3,13 | 0,93 |
| 3000 | OK, Stor nok | 3,26 | 0,92 |

Selve beregningsmetoden er nærmere beskrevet i vedlegg …

Etter at man har lagt inn de nødvendige dataene fra NEVINA og funnet klimafaktoren, ser man til høyre i regnearket over om dimensjonen på stikkrenna er for liten eller stor nok.

# Digitale verktøy

Det er mange digitale hjelpemidler tilgjengelig for planlegging i terrenget. De mest kjente er ArcMap, QGIS, Gemini og Softree. De tre første er geografiske informasjonssystemer (GIS). I disse verktøyene kan man bygge opp kart med den informasjonen man selv ønsker for bruk i Softree som er et spesialisert veiplanleggerprogram. Prosjektet har fokusert på tre ulike digitale hjelpemidler, dette er QGIS, Softree og Avenzamaps.

## Høydedata

Høydedata er et nettsted utviklet av Geodata på oppdrag fra Statens Kartverk. Høydedata har en innsynsløsning som viser hvordan terrenget ser ut basert på laserdata. I denne innsynsløsningen kan man se på skyggerelieff av både terreng og overflate. Det er også laget et helningskart med brattheten klassifisert med gitte farger. For enkelt å se terrengprofilen kan man dra en strek i kartet. Med denne løsningen kan man raskt se hvordan terrengprofilen er før man skal planlegge infrastruktur og driftsmetode videre. Man kan også laste ned laserdata i form av en punktsky eller ferdig terrengmodell. Dataene brukes for å planlegge veier i Softree eller gjøre terrenganalyser med GIS-verktøy. Statens Kartverk opplyser at laserdataene har en nøyaktighet på 2-20 cm for høydedataene, z-verdien til laserpunktene. Ved planlegging av vei betyr dette at man risikerer en feilmargin på +/- 20 cm fra pel 1 til pel n+1. ved 10 meter mellom hver pel utgjør feilmarginen maksimalt 4 % av avstanden. Stigningsprosenten vil da øke f.eks. fra 10 til 14 % på samme strekningen. Når man bygger en terrengmodell blir flere nabopunkt interpolert. Fordelen med dette er at feilmarginen reduseres, da det mest sannsynlig er flere nøyaktige punkter innenfor interpoleringen.

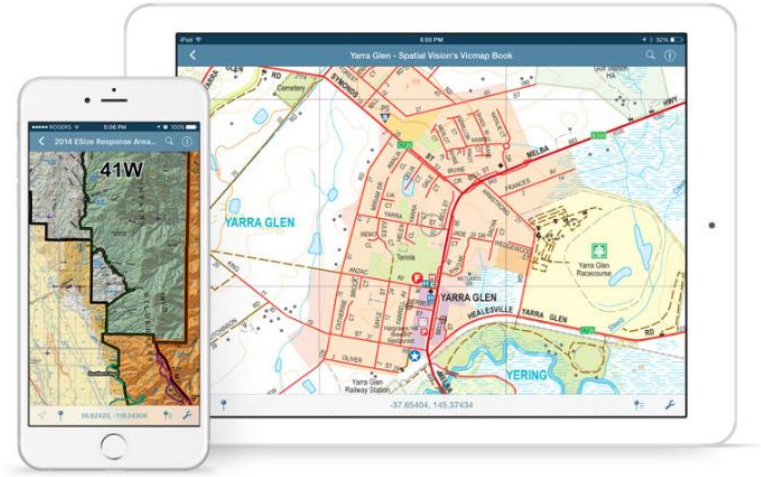
Når man planlegger vei ved bruk av laserdata får man stigningsprosenten direkte i Softree. Et anslag er å planlegge med 1 % under maksimalt tillatt stigning i veinormalen man planlegger etter. Dette for å unngå at man planlegger en vei som viser seg å bli for bratt. Hvis man legger til grunn pelavstand 10 meter vil dette utgjøre en sikkerhetsmargin på +/- 10 cm. Denne sikkerhetsmarginen ligger midt i intervallet Kartverket henviser til når det gjelder nøyaktighet.

## Avenzamaps

Vi har fokusert på en app-løsning som fungerer både på IOS og Android. Appen har både gratisversjon og ulike abonnement. Prosjektet anbefaler Avenzamaps Pro som har en kostnad på ca. 1300 kr i året. Denne versjonen er uten begrensninger. Grunnen til at vi har valgt Azenzamaps er at den er enkel og har sentrale funksjoner for registreringer i felt.

### *Bruk av appen*

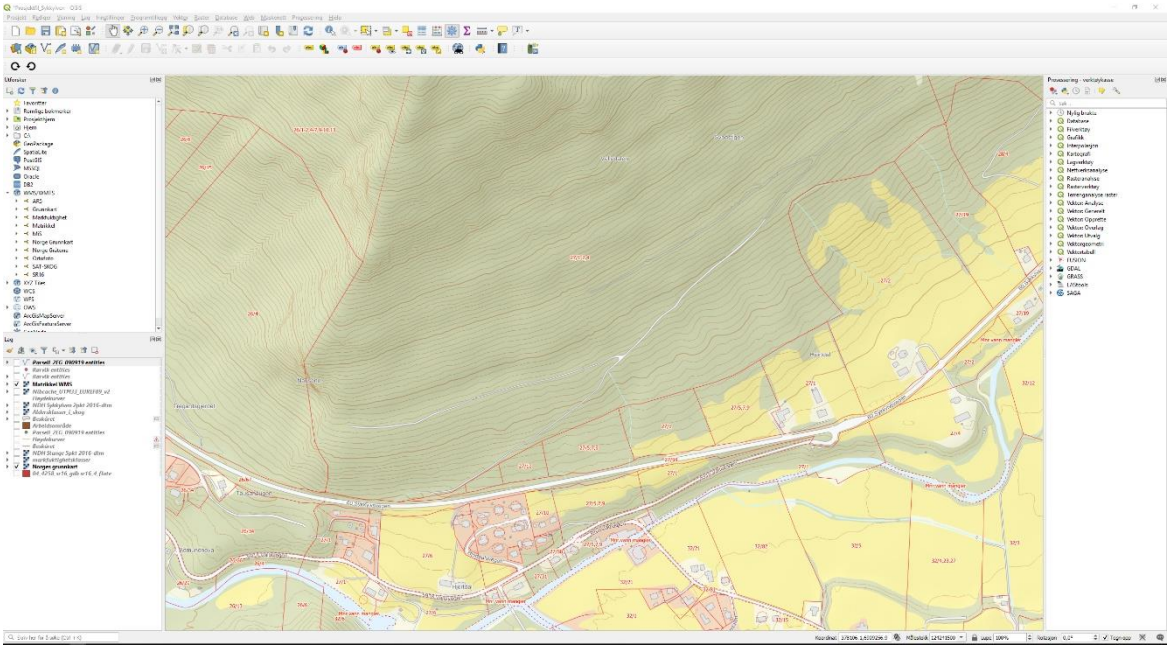
Avenzamaps gir muligheten til enten å laste ned gratis kart fra appens butikkfunksjon, kjøpe tilgjengelige kart eller laste inn kart man lager selv. Det er den siste funksjonen som er mest aktuell i dette tilfelle. Kartene kan man lage i QGIS, der man bygger opp kartet med de aktuelle kartlagene man vil ha. Et utvalg kartlag er kort beskrevet lengere ned. Appen gir muligheten til å registrere punkter, linjer, polygoner og ta bilder. I tillegg er sporloggfunksjonen viktig for å kunne se hvor man har vært. Informasjonen kan lagres som shape-filer og legges inn i Softree. Veikroppen fra Softree kan også lagres og eksporteres som en dxf-fil og legges inn i QGIS for så å ha denne med i Avenzamapskartet. Det lønner seg å ha en skydelingsløsning, f.eks. Dropbox for lettere å kommunisere mellom PC og Avenzamaps. Prosjektet har produsert noen ekle filmer som viser funksjoner i Avenzamaps og QGIS, som er distribuert veiplanleggerne gjennom facebook og e-post.




*Bilde 1: Illustrasjon Avenzamaps*

## QGIS

QGIS er et gratis og åpent GIS-program som kan brukes til å vise kartdata, editere kartdata og gjøre geografiske analyser. Man kan bygge opp kart med den informasjonen man ønsker for bruk i terrenget eller i veiplanleggerprogrammet. QGIS håndterer både raster- og vektorlag. Raster er kartbilder, mens vektordata inneholder punkt, linje eller polygoner. WMS-løsninger kan brukes som bakgrunn for å legge inn egen informasjon i kartet. Bruksområdene til QGIS i dette kurset er for å bygge opp planleggingskart for bruk i Softree og Avenzamaps. En løsning som ikke er prøvd ut i dette prosjektet, men som bør sees på, er bruken av Qfield. Qfield er en feltapp-løsning for QGIS. Med denne løsningen kan man bruke et android nettbrett for kartlegging av området der veien skal ligge. Kartet kan bygges opp i QGIS og synkroniseres med Qfield. Dette gjør at veiplanlegger kan legge inn ulike hensyn og vurderinger rett i kartet, uten bruk av spesiell felt-PC, til bruk som planleggingskart i Softree.



*Bilde 2: Illustrasjon av QGIS. Ulike kartlag tilgjengelig brukes for å bygge opp planleggingskart for bruk i Softree RoadEng*

## Kartlag

Kartlag for bruk i QGIS kan hentes på www.geonorge.no. Vi har sett på ulike kartlag som kan brukes.

### *Markfuktighetskart*

Markfuktighetskartet viser hvor i terrenget det teoretisk er mest fuktighet – avstanden ned til grunnvannsspeilet. Dette er et godt kartlag for planlegging av stikkrenner og valg av trasé.

### *Norges grunnkart WMS*

Web Map Service (WMS) er en tjeneste man legger inn en URL-kode til i kartet. Grunnkartet er fint å ha i bakgrunnen i kombinasjon med f.eks. markfuktighetskartet og eiendomsmatrikkelen.

### *Eiendomsmatrikkelen*

Eiendomsmatrikkelen viser hvor eiendomsgrensene går. De gir ingen informasjon om eiere, men man får en god oversikt over hvor man planlegger en trasé med hensyn på eiendommer. Her kan man bruke eiendomsgrensene til å se hvilke naboer som kan være aktuelle for bygge vei sammen.

### *NIBIO Livsmiljøer*

Dersom man ikke har tilgang på skogbruksplan via f.eks. Allma, kan det være fint å se hvilken type skog som er registrert i området man planlegger vei i. NIBIO Livsmiljøer inneholder livsmiljøer og annen skogbruksplandata.

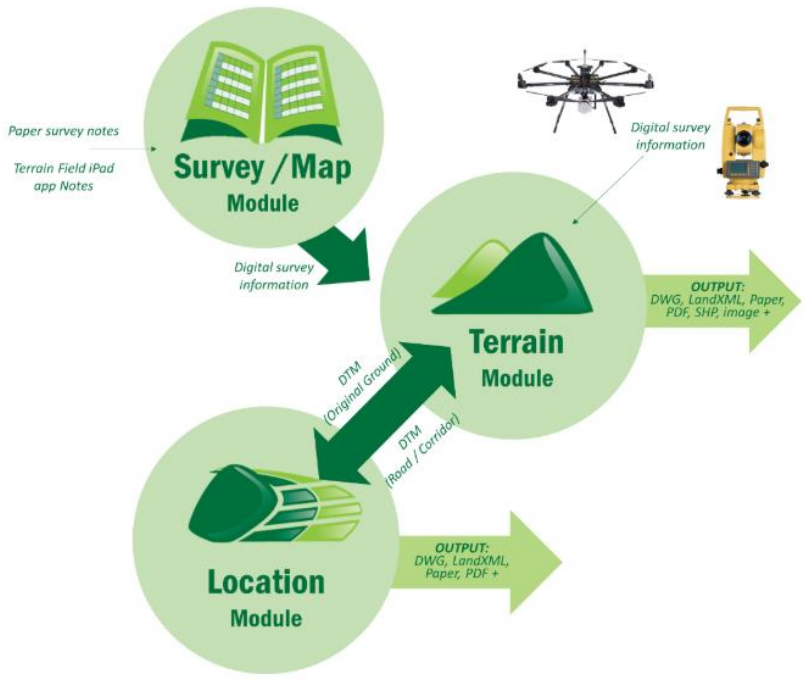
### *Ortofoto*

Flyfoto finnes også som WMS-tjeneste, og er en fin måte å se på hvordan skogen ser ut. WMS-tjenesten er oppdatert med de siste bildene.

## Softree

Softree RoadEng Forest Engineer er et kanadisk dataprogram spesielt utviklet for veiplanlegging. Det er et GIS-verktøy som håndterer høydedata og bygger terrengmodeller. Programmet består av tre moduler:

- RoadEng Survey
- RoadEng Terrain
- RoadEng Location




*Figur 1: Forholdet mellom de tre modulene Softree RoadEng består av.*

### *Survey*

Denne modulen er laget for kartlegging ute. Programmet må brukes med en felt-PC, der man legger inn den informasjonen man trenger etter en befaring i skogen. Man kan bruke høydemåler for å legge inn stigningen i terrenget, og legge inn koordinater.

### *Terrain*

Terrainmodulen inneholder CAD (Computer Aided Design) verktøy for bygging av terrengmodeller på bakgrunn av laserdata. Kartfiler kan importeres og vises i 3D. Terrengmodellen (DTM) gir grunnlaget for videre planlegging i Locationmodulen.

Viktige funksjoner i terrain

- Bygge terrengmodell
- Lage høydekurver

### *Location*

I Locationmodulen designer man selve veien. Her legger man inn stikkrenner og kurver, og tilpasser veiens stigning til terrenget. Her kan man beregne volumet av de ulike massene ved å legge inn bærelag, slitelag, fjell og annen masse som enten skal være med i byggingen eller ikke.

Viktige funksjoner Location:

- Konstruere veikroppen i henhold til veinormal
- Stigninger og kurver
- Volumberegninger

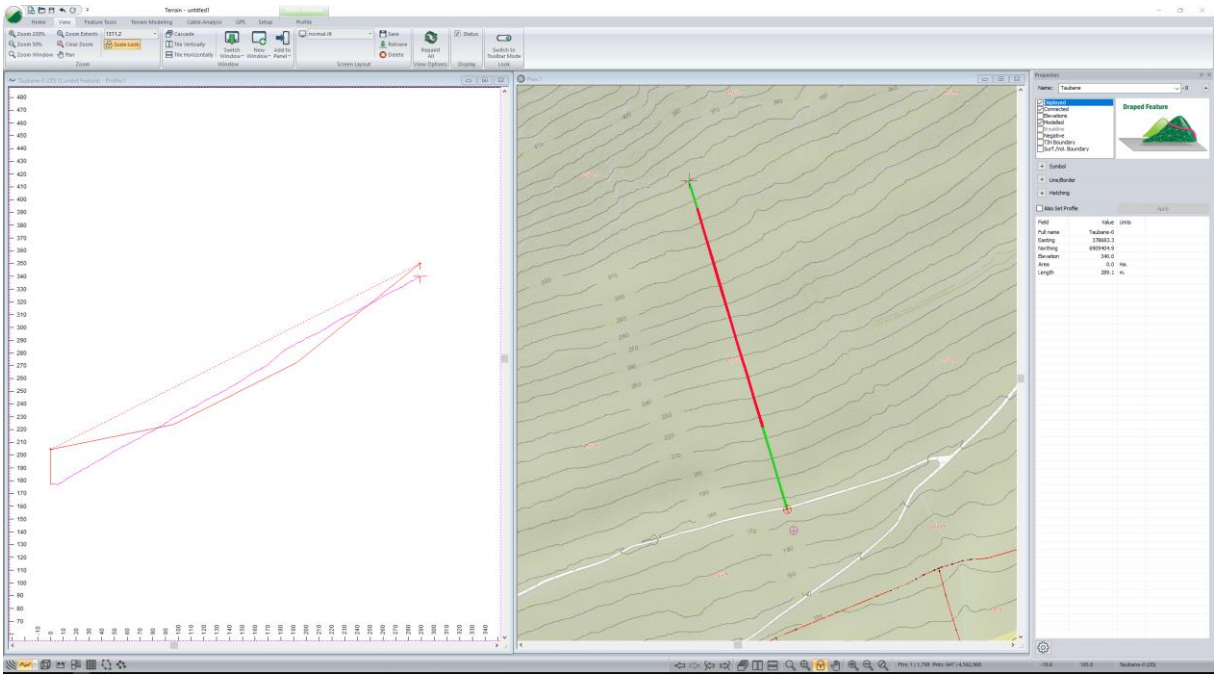
## Taubaneplanlegging i Softree

I tillegg til de nevnte funksjonene ovenfor har programmet en egen funksjon for å analysere terrenget med hensyn på taubanedrift. Man kan legge inn ulike type taubaneoppsett og se på hvordan man kan plassere banen med hensyn på pilhøyde og hvor tunge lass man kan kjøre.

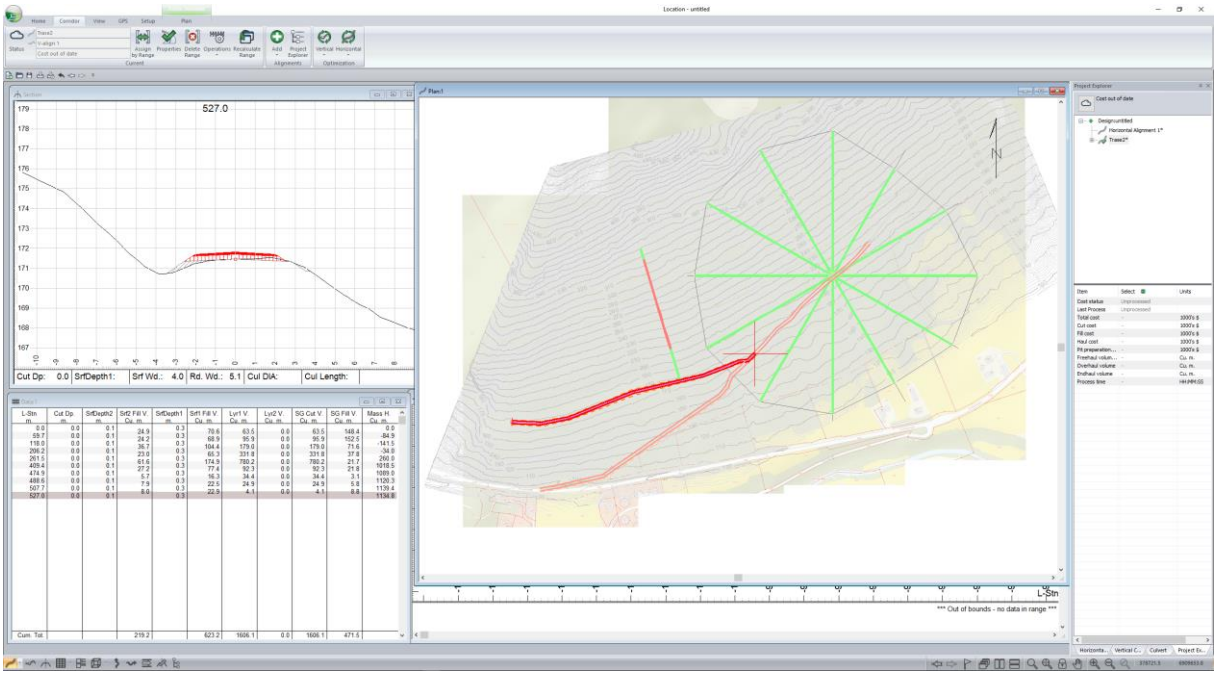
Et minus med kabelanalyse i Softree er at man ikke på en enkel måte kan sette inn bukker i analysen. Dette må eventuelt gjøres ved å sette flere taubaneoppsett etter hverandre. Det er også utfordringer med å legge inn eksakte tall for alle parameterne for det utstyret som brukes i Norge i dag. Dette vil antagelig bli mulig dersom vi jobber mot Softree med ønske om nye funksjoner. Versjon 9 av programmet er enda ikke lansert, så man kan fortsatt sende inn forslag og synspunkter. Ellers er Softree et relativt enkelt GIS-program rettet mot veibygging og taubane.

Det er nylig publisert en ny film fra Softree om dette på YouTube der den nye versjonen gir flere funksjoner sammenlignet med den gamle. For de det gjelder kan det være fornuftig å sette seg inn i denne funksjonen for å se om man kan bruke dette aktivt til bedre planlegging av tømmeruttak i bratt terreng. Dersom man i tillegg kan få stående volum i området man gjør taubaneanalysen, kan dette bli et veldig bra verktøy.

*Webinar om taubanesimulering: https://www.youtube.com/watch?v=QAPkmIGT0_c*



Bildet over viser hvordan et baneoppsett kan se ut i analyseverktøyet. Her er det lagt inn et endepunkt på banen, og analysen viser om man kan kjøre banen med forutsetning om 10 % pilhøyde. Det røde feltet til høyre i bildet viser hvor på banen dette ikke er mulig. På denne måten kan man legge inn flere strekk, og planlegge hvor man må bygge vei for å få best mulig utnyttelse av baneoppsettet. På bildet under konstrueres veien i henhold til veinormal og taubaneoppsett.



Softree koster per 31/12-2019 ca. 30 000 NOK.

# Konklusjon

## Helhetlig planlegging

I arbeidet med dette prosjektet har det blitt tydelig at vi trenger mye mer helhetlig planlegging. Infrastruktur, terreng, tømmervolum, driftsteknikk, naturmangfold og naturfare henger tett sammen, og da blir det svært uheldig å ha «et kvarters planleggingshorisont» som skogbruket av og til blir beskyldt for når det gjelder tømmerhogst. I de bratte liene blir ofte overskuddet på skogsdriftene vesentlig lavere enn der driftsforholdene er enklere. I tillegg kan det oppstå naturfarer nedstrøms dersom man ikke tenker seg godt nok om før man setter i gang. God økonomi kan sikres og naturfarer kan begrenses, men da må vi ta inn over oss at helhetlig planlegging blir avgjørende fremover.

Hvordan vi håndterer naturfaretematikken i forbindelse med veibygging og generell drift av skog, er vi ikke i mål med. Det anbefales derfor at det rigges prosjekter fremover der naturfare blir tematikk sammen med helhetlig planlegging.

Selve kurset i veiplanlegging i bratt terreng må selvfølgelig tilpasses den til enhver tid gjeldene kunnskap vi (skogbruket) opparbeider oss mht. de nevnte temaene ovenfor.

## Driftsteknikk

Det er stadig utvikling av nye driftsmetoder og maskiner. Nevnt i denne rapporten er både T-WINCH og Timbermax, som begge er hjelpevinsjer for skogsmaskiner. Dette er en ny metode å drifte skog på en skånsom måte i bratt terreng. Foreløpig vet vi lite om dette driftssystemet, men det finnes mye informasjon fra utlandet, særlig Sveits og Østerrike. Denne rapporten anbefaler at det utarbeides prosjekter rundt denne driftsformen, særlig rettet inn mot den funksjonelle terrengklassifiseringen. Hvordan vi leser terrenget er en viktig faktor når man skal tenke helhetlig, og vi trenger en ny terrengklassifisering tilpasset de driftsformene som er gjeldende.

## Digitale verktøy

Prosjektet har landet på Softree RoadEng som digitalt verktøy for veiplanlegging i bratt terreng. Fremover må det gjøres en jobb, enten fra Skogkurs eller taubanenæringen, for å implementere taubaneoppsettene som brukes i Norge inn i Softree. Dette kan gi mer nøyaktig taubaneanalyser for veiplanleggeren i bratt terreng. Egne forhåndsinnstilte verdier for standplasser bør lages slik at veiplanleggerne planlegger standplasser på samme måte, gitt den kravspesifikasjonen i denne rapporten.

I tillegg er QGIS, Høydedata og Kilden til NIBIO gode programmer og kilder til informasjon som en veiplanlegger bør benytte. QGIS har en gratis feltapplikasjon, QField, som kan være et nyttig verktøy ute i felt. Dette er noe Skogkurs ønsker å jobbe videre med for å optimalisere veiplanleggerens hverdag.

# Litteraturliste

Innholdet i denne rapporten er basert på forskningsrapporter, veiledere og annen litteratur, se liste under. I tillegg har diskusjoner om temaet med erfarne entreprenører, veiplanleggere og forskere stått sentral .


Skog som vern mot skred – juridisk betenkning

Forprosjekt – Evaluering av gravedrifter

Skog og naturfare

Skogsdrift og veger i bratt terreng – en veileder i planlegging

Skog og skredfare

VVS – Vann, Veier og Skogsdrift

Taubane – en skånsom driftsform under ustabile klimaforhold

Driftsteknikk – Ann Merete Furuberg Gjedtjernet og Jan Bjerketvedt

Avvirkning med hjulgående maskiner i bratt terreng