



Trær til besvær

Lærdommer om skogrydding i etterkant
av ekstremværet Dagmar

45
2012

R
A
P
P
O
R
T



olaola.no

Rapport nr 45-12

Trær til besvær. Lærdommer om skogrydding i etterkant av ekstremværet Dagmar

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Liv Arntzen Løchen

Forfatter: Nettskog AS v/Erik Trømborg et. al.

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 350

Forsidefoto: Illustrasjon av Ola Hegdal, NVE alle rettigheter

ISBN 978-82-410-0832-0

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Ekstremværet Dagmar rammet Norge hardt 1. juledag og natt til 2. juledag 2011, og det ble flere steder meldt om vind godt over orkan styrke. Dette førte til et stort antall feil på alle nivåer i nettet, hvorav en av hovedårsakene var trefall over linjene. Som en del av etterarbeidet med Dagmar initierte NVE en ekstern utredning som skulle beskrive aktuelle utfordringer for norsk kraftforsyning knyttet til skog nært luftlinjer sett ut fra krav om forsyningssikkerhet og miljøhensyn. Det er Nettskog AS som har utført utredningen for NVE.

Emneord: Skogrydding, ekstremvær, trefall, strømvavbrudd, beredskap, beredskapsforskriften, forsyningssikkerhet, kraftgater, ryddebelter, kraftforsyningen, nettselskaper, Dagmar, risiko- og sårbarhetsanalyser, ekspropriasjon

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

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

November 2012

Forord

Ekstremværet Dagmar rammet Norge hardt 1. juledag og natt til 2. juledag 2011, og det ble flere steder meldt om vind godt over orkan styrke. Dette førte til et stort antall feil på alle nivåer i nettet, hvorav en av hovedårsakene var trefall over linjene. Som en reaksjon på dette kom det i etterkant av Dagmar en diskusjon på om det ryddes nok skog og om nødvendig bredde på kraftgater.

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) med bakgrunn i sin rolle som beredskapsmyndighet for kraftforsyningen og med bakgrunn i erfaringene gjort i forbindelse med ekstremvær generelt ønsket å foreta en nærmere gjennomgang av regelverket for drift, vedlikehold, beredskap og forsyningssikkerhet. Som en del av denne gjennomgangen initierte NVE en ekstern utredning som skulle beskrive aktuelle utfordringer for norsk kraftforsyning knyttet til skog nært luftlinjer sett ut fra krav om forsyningssikkerhet og miljøhensyn.

Det er Nettskog AS som har utført utredningen for NVE i perioden mai til november 2012. Erik Trømborg har vært prosjektleder for Nettskog, og Birgit Solberg, Egil Rønning og Per Olav Fladset i Nettskog har bidratt i arbeidet med rapporten. Pilotstudien med laserkartlegging i Nordland er utført av Floris Groesz og Tord Aasland i Blom Geomatics as. Rune Groven hos fylkesmannen i Buskerud og Even Bergseng ved Institutt for naturforvaltning, UMB har bidratt i kapittelet om skoglig utvikling og risiko for trefall. Nettskog har kunnet støtte seg på en referansegruppe forankret i kraftbransjen.

Bestillingen og koordineringen av dette arbeidet har vært forankret i NVEs beredskapsseksjon, med Liv Arntzen Løchen som prosjektleder. Formålet med utredningen var å se på ulike aspekter knyttet til skogrydding, og på et overordnet nivå drøfte hvordan en på bakgrunn av erfaringer bør gå frem for å tilrettelegge for strategisk skogrydding og andre alternative løsninger som ivaretar både forsyningssikkerhet og miljøhensyn i normal- og feilsituasjoner.

NVE fører tilsyn med at selskapene overholder forskriftenes krav. Dette gjelder både miljøtilsyn og tilsyn i medhold av beredskapsforskriften. Denne utredningen faller inn under det arbeidet NVE har ansvar for i forhold til oppfølging av selskapers plikter til leveringspålitelighet, sikring og beredskap mot ulike former for naturgitt skade og ekstraordinære hendelser. NVE håper at bransjen vil bruke denne utredningen som et grunnlag for videre jobbing med forsyningssikkerhet generelt og vurderinger knyttet til skogrydding spesielt.

Oslo, november 2012

Arthur Gjengstø
seksjonssjef beredskap

Roger Steen
teamleder øvelse og beredskap

Sammendrag

Bakgrunn og formålet med utredningen

Samfunnet er avhengig av et velfungerende kraftsystem med pålitelig strømforsyning. Trefall på linja er den viktigste årsaken til lengre strømbrudd i Norge. I distribusjonsnettet (1-22kV) var vegetasjon den utløsende årsaken til 25 % av ikke levert energi i perioden 2006-2011. Vindfall og snøbrekk gir strømløse kunder og store kostnader for nettselskap og kunder. Avbruddsstatistikken viser at utfordringen med vegetasjon ikke bare er knyttet til ekstremvær, men at det er en løpende utfordring for kraftbransjen også i normalår hvor snø og sterk vind må forventes.

Formålet med denne rapporten er å analysere om det er behov for endringer i krav og praksis når det gjelder skogrydding i Norge. Dagens praksis med skogrydding analyseres på grunnlag av en spørreundersøkelse blant nettselskapene i Norge. Resultatene fra denne undersøkelsen sammenlignes med resultatene fra en mindre undersøkelse blant et utvalg av nettselskap i Sverige. Faktorer som påvirker faren for trefall på linjene og fremtidig risikobilde, beskrives og analyseres på bakgrunn av endringer i skogbruk og klima. Videre analyseres muligheter og konsekvenser av endringer i skogryddinga. Tilslutt gis det anbefalinger om endringer i praksis, organisering og oppfølging av skogryddingsvirksomheten.

Skogrydding i nettbransjen

Spørreundersøkelsen ble besvart av 121 nettselskaper og disse dekker omlag 90 % av ledningsnettet i Norge. Resultatene viser at de direkte kostnadene til skogrydding i Norge har vært økende de siste årene, og er nå på ca. 400 mill. kr årlig. Svært få nettselskaper forventer nedgang i disse kostnadene i årene som kommer. Resultatene viser at hovedutfordringen er kantskog som velter eller blåser på linjene ved uvær eller ekstremvær. I distribusjonsnettet vurderer nettselskapene uvær som en like stor utfordring som ekstremvær. Det er små forskjeller mellom regionene i årsaken til avbrudd forårsaket av trær, selv om ”store stormer” vurderes som en noe viktigere årsak på Vestlandet de siste 5 årene. Spesielt orkanen Dagmar rammet mange nettselskaper hardt i denne regionen.

Resultatene fra spørreundersøkelsen viser at det i liten grad foreligger planer om permanente utvidelser av ryddebreddene. Samtidig er det en økende oppmerksomhet om behovet for hogst utenfor dagens ryddebredder. Kartlegging av vegetasjon, mer systematikk i skogryddinga og ryddeplaner vurderes som de viktigste tiltakene. Analyser av konsekvenser av brudd og mer tresikre linjer vurderes også som viktig, mens mer bunnrydding og tilsyn vurderes som mindre viktig.

En fjerdedel av nettselskapene i spørreundersøkelsen har fast ansatt skogfaglig kompetanse til administrasjon av skogryddinga. 32 % har innleid kompetanse på flerårig kontrakt, mens 43 % ikke har fast tilgang på skogfaglig kompetanse. Av nettselskapene med mer enn 1000 km luftnett oppgir 25 % at de ikke har fast tilgang på skogfaglig kompetanse.

Spørreundersøkelsen blant svenske nettselskap viser at praksis og utfordringer med skog i svensk kraftbransje ikke er vesentlig forskjellig fra Norge. I Sverige tyder resultatene på at kostnadene til skogrydding har vært stabile eller nedadgående de siste årene. Risiko- og sårbarhetsanalyser ser ikke ut til å være mer styrende for skogryddinga i Sverige enn i Norge. Sju av de åtte selskapene som svarte på

spørreundersøkelsen i Sverige har fast tilgang på skogfaglig kompetanse til administrasjon av skogryddevirksomheten.

Skoglig utvikling og risikofaktorer

En viktig årsak til at vegetasjon er en økende utfordring for kraftbransjen, er at det er mer skog i Norge enn tidligere. Avvirkningen i Norge har vært relativt stabil i mange tiår. Økt tilvekst har gjort at skogvolumet er doblet i løpet av de siste 40 årene. Økningen i skogvolum er størst i Vestland fylkene hvor avvirkningen potensielt kan mangedobles frem mot 2030. Med utgangspunkt i den skoglige utviklingen i Norge, er det påregnelig at det nå står minst dobbelt så mye skog langs kraftlinjene som det gjorde for 40 år siden. Trærne øker også i alder og størrelse, og andelen døde trær øker. Dette er faktorer som øker sannsynligheten for trefall. Studier av klimaendringene viser at høyere temperatur, mer nedbør, økt hyppighet av tung og våt snø og kanskje flere dager med kuling og storm er en sannsynlig utvikling i årene som kommer. Dette gir i tillegg til økt tilvekst, også økt fare for vindfall og snøbrekk på kraftlinjene. Flere faktorer peker dermed i retning av at vegetasjon fortsatt vil være en viktig utfordring for kraftbransjen.

Ulike egenskaper både ved enkelttrær og skogbestand påvirker risiko for trefall. Trærnes stabilitet mot vind og snøskader er både avhengig av det enkelte treets stabilitet og av den sosiale stabiliteten. Med sosial stabilitet menes den beskyttelse og fysiske støtte trærne på et areal gir hverandre. Enkelttræs stabilitet påvirkes blant annet av stammens egenskaper, trekrona, rotsystemet og jordbunnsforhold og styrke i veden. Den sosiale stabiliteten påvirkes av bestandets tetthet (treantall/dekar), kanteffekter, alder og høyde, sjiktning og treslagssammensetning. Plassering i terrenget og geografisk plassering er også viktig for å vurdere risiko for vind- og snøskader. Ved å vurdere disse faktorene hos enkelttrær og bestand kan man til en viss grad forutsi hvilke trær som har størst risiko for å skades av vind.

Anbefalinger

Store regionale og lokale variasjoner i terreng, klima og vekstforhold gjør at skogen under og langs kraftlinjene varierer mye i vekst og stabilitet. Årlig lengdevekst i en og samme kommune varierer ofte fra noen få centimeter i skrinnskog til 2-3 meter langs jordekanter. I dag drives skogryddinga ofte nokså skjematisk med vekt på bunnrydding i ryddetraseen. Mer systematikk i skogryddinga med utgangspunkt i registreringer av vekst- og skogforhold både under og langs ledningsnettet vil gi bedre kontroll på vegetasjonen. Selektiv rydding basert på ryddeplaner vil over tid også kunne gi lavere kostnader med skogrydding.

Mange nettselskap har utvidet ryddebreddene i 1-22 kV-nettet de siste årene. Dette har vært nødvendig for å ivareta kravene om minsteavstand mellom vegetasjon og fas, fastsatt av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap i forskrift om elektriske forsyningsanlegg. Avstandskravene er først og fremst satt ut fra hensynet til el-sikkerheten, men påvirker også forsyningssikkerheten. Ryddebredder for uisolert 1-22 kV distribusjonsnett bør ligge i intervallet 12-15 meter for å ivareta avstandskravene på en effektiv måte. Ryddebredder opp til 15 meter reduserer antall trær som kan falle på linja, men skaper også på kort sikt en mer ustabil kant med økt fare for vindfall og snøbrekk. For nye linjer bør ryddegater med ryddebredder på 8-10 meter fra ytterfas vurderes. Slike bredder gir mulighet til å etablere en flersjiktet og mer stabil kant mellom ryddebeltet og kantskogen.

Trær i Norge kan bli over 30 meter høye når vekstforholdene er gode. Tresikre linjer innebærer derfor ryddebredder på 40-60 meter, selv for de minste høyspentanleggene. Både kostnader og miljøeffekter tilsier at ikke hele høyspenningsnettet kan gjøres tresikkert. Høye kostnader for nettselskapene ved ikke levert energi, utbedringer knyttet til trefall og konsekvenser for sluttbruker og beredskapssituasjonen, tyder samtidig på at det bør gjøres en større innsats med å redusere omfanget av avbrudd fra trefall.

Stabiliteten i kantskogen varierer med skogtype, topografi og jordbunnsforhold. Stabiliteten i kantskogen kan endres ved hogst av nærliggende trær og kan endres over tid pga. råte og skader. Et eldre stående tre har tålt tidligere storm og snøfall, og er slik sett i utgangspunktet nokså stabilt. Det er derfor viktig å vurdere om det har foregått endringer i eller rundt slike trær som påvirker risikoen. Ekstremvær og sterk vind fra nye retninger i kombinasjon med milde vintre eller våt snø som fryser på trærne, gjør at risikoen for trefall bare kan reduseres og ikke elimineres ved sikringshogst basert på vurdering av trærnes stabilitet. Det er også sentralt at sikringshogsten ikke bidrar til økt risiko for trefall blant gjenstående trær. I en del tilfeller vil "alt eller ingenting" være det beste alternativet.

Viktige linjer bør gjøres tresikre ved å vurdere trehøyder og avstand til fas. Når sideskogen har trær av varierende høyde, kan linja gjøres tresikker for en bestemt tidsperiode ved bare å hogge de trærne som kan falle på linja innenfor en tidsperiode på f. eks 10 til 20 år. Dette gir en sideskog med varierende trehøyder. På strekk gjennom skog med høy bonitet/tilvekst eller mer ensaldret skog, vil mer omfattende hogst og hyppigere inngrep være nødvendig for å gi tresikker linje. I slike tilfeller vil tinglyste avtaler og erstatning til grunneier for tap av fremtidige inntekter være påregnelig. Kostnadene for tresikre linjer vil derfor/altså variere med skogforholdene. Permanente utvidelser med tinglyste avtaler vil ofte gi samlede kostnader på omtrent det dobbelte av kostnadene for en mer selektiv kanthogst basert på engangsavtaler.

Sikkerhetsutfordringene rundt kraftlinjene gjør at det ofte settes igjen skog inntil linjene. Undersøkelsen viser at det er ulik praksis, og at kommunikasjonen mellom nettselskap og skogsentreprenør varierer. Nettselskapene bør sørge for at skogeiere, skogeierforeninger, driftsselskaper og skogsentreprenører har oppdatert informasjon om hvor nettet befinner seg, hvilke prosedyrer som gjelder og hvor de skal henvende seg før hogst i nærheten av høyspentlinjer. Nettselskapene bør også være tydelige på at de ønsker hogst inn mot linjene og at de tar eventuelle merkostnader og risiko som dette innebærer. Nettselskapene bør også vurdere å dekke økte driftskostnader og gi kompensasjon for tapt skogproduksjon for å redusere mengden av risikoutsatt skog langs høyspenninglinjene.

Konklusjoner

- Vegetasjon er en viktig årsak til lengre avbrudd og ikke levert energi i Norge. Mer skog og klimaendringer gjør at vegetasjon fortsatt vil være en viktig utfordring for kraftbransjen i årene som kommer.
- Stor variasjon i både skoglige forhold og linjenes betydning gjør at det ikke er hensiktsmessig å fastsette ytterligere eksakte krav til utførelsen av skogryddinga enn gjeldende avstandskrav.
- Bedre informasjon og kommunikasjon mellom nettselskapene og skogsentreprenører/grunneiere kan redusere avbruddene fra vegetasjon på en kostnadseffektiv måte.

- Fordelings- og distribusjonsnettet kan ikke bli tresikkert i ekstremvær, men avbruddene knyttet til vegetasjon kan reduseres og deler av nettet bør gjøres tresikkert.
- Risiko- og sårbarhetsanalyser bør bli mer styrende for skogryddinga, spesielt for ryddings- og skjøtselstiltak utenfor klausulert bredde.
- Myndighetene bør initiere og påse mer kompetanse og systematikk rundt skogrydding i kraftbransjen for å bedre forsyningssikkerheten.

Innhold

Forord.....	2
Sammendrag.....	3
1 BAKGRUNN	8
2 SKOGRYDDING I NETTBRANSJEN	10
2.1 Juridiske krav og retningslinjer for skogrydding.....	10
2.2 Dagens praksis for skogrydding i kraftsektoren i Norge	14
2.2.1 Intervjuundersøkelse om skogrydding	14
2.2.2 Resultater.....	14
2.3 Kartlegging av ryddepraksis i Sverige	21
3 SKOGLIG UTVIKLING OG RISIKOFAKTORER	22
3.1 Skoglig utvikling	22
3.2 Faktorer som påvirker faren for trefall	27
3.2.1 Innledning.....	27
3.2.2 Treets egenskaper - enkelttrestabilitet	28
3.2.3 Skogstruktur – sosial stabilitet.....	33
3.2.4 Plassering i terrenget og geografisk plassering	37
3.3 Klimaendringer.....	39
4 MULIGHETER OG KONSEKVENSER AV ENDRET SKOGRYDDING	41
4.1 Innledning.....	41
4.2 Skogrydding i eksisterende kraftgater	42
4.2.1 Betydningen av mer bunnrydding	42
4.2.2 Ryddeplaner.....	42
4.2.3 Sprøyting	43
4.3 Utvidelser av kraftgatene.....	44
4.3.1 Juridiske og økonomiske konsekvenser av utvidelser kraftgater	44
4.3.2 Utvidelser av ryddebredden.....	47
4.3.3 Tresikre linjer	48
4.4 Pilotstudier av ulike ryddestrategier	52
4.4.1 Områder og metode	52
4.4.2 Resultater fra pilot-studie Nordland	53
4.5 Miljøkonsekvenser av skogrydding i kraftgatene.....	56
4.6 Kabling for å redusere utfall fra vegetasjon	57
5 ANBEFALINGER	58
5.1 Kompetanse og systematikk i planlegging og oppfølging av skogryddinga	58
5.2 Endringer i ryddeopplegget	59
5.2.1 Ryddebredder	59
5.2.2 Rydding innenfor klausulert bredde	60
5.2.3 Rydding utenfor klausulert bredde	60
5.3 Organisering og samarbeid.....	61
5.4 Konklusjoner	62
VEDEGG. Spørreskjema	

1 BAKGRUNN

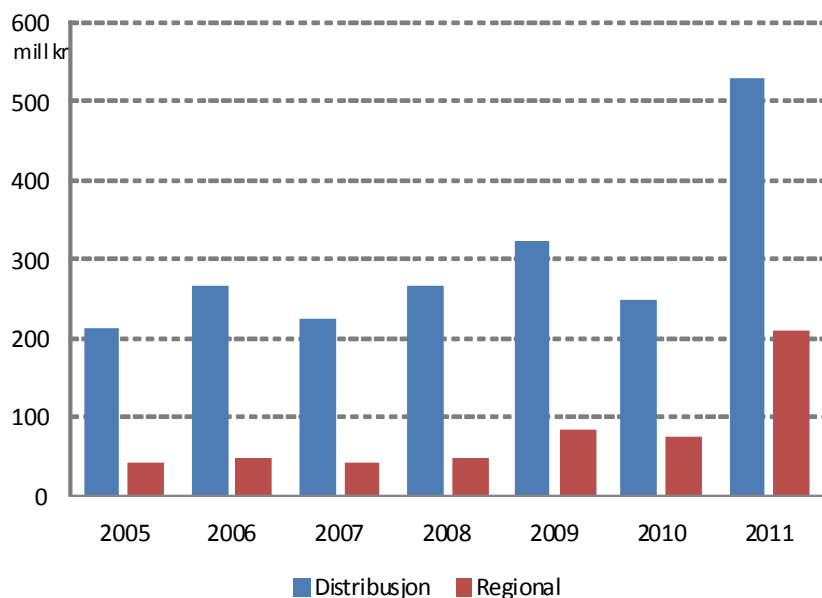
Det høye forbruket av elektrisitet og den geografiske fordelingen av produksjon og forbruk av elektrisitet, gjør at Norge har mye kraftledninger, alt ca. 200 000 km med luftledninger. Om lag 55 % av luftledningene er lavspenning fordelingsnett, 30 % høyspenning distribusjonsnett fra 1-22 kV, 8 % regionalnett (22-132 kV) og 7 % defineres som sentralnett (spenningsnivåer fra 132-420 kV). Nettet forvaltes av ca. 150 forskjellige nettselskap, hvorav de 10 største forvalter til sammen ca. 50 % av nettet.

Teknologisk utvikling og økt levestandard gjør enkeltmennesker og organisasjoner mer og mer avhengig av elektriske installasjoner med kontinuerlig strømforsyning. Ekstremvær aksepteres som en årsak til bortfall av strøm. Dette kommer blant annet til uttrykk i Ot.prp. 62 (2008-2009) om endringer i energiloven, våren 2009: ”Den absolutte sikkerhet mot strømvavbrudd kan ikke oppnås. En garantert uavbrutt strømforsyning ville blitt veldig kostbart for samfunnet, ført til store miljøinngrep og det ville knapt være teknisk mulig å oppnå.”. Samtidig er det en forventning om at bransjen gjør en større innsats for å redusere konsekvensene av ekstremvær, ikke minst fordi kostnadene kan være betydelig både for strømkunder og energibransjen. De økonomiske kostnadene for nettselskapene av stormen Dagmar i romjula 2011 var på over 700 mill. kr (Kyte og Kjølle 2012). Mye av skadene i fra Dagmar skyldes trefall over linjene på alle linjetyper fra lavspennings til sentralnettet¹.

Avbruddsstatistikken fra NVE² viser at ikke levert energi (ILE) i perioden 1996 til 2011 utgjorde fra 0,35 til 0,11 promille av levert energi (LE). Varslede avbrudd utgjør om lag halvparten av dette. Statistikken viser en fallende trend, men Dagmar gjorde at omfanget av ILE økte kraftig i 2011 til 0,35 promille av levert energi. I 2011 hadde sluttbrukerne i snitt 2,7 langvarige avbrudd (over 3 minutter) med en gjennomsnittlig gjenopprettingstid på en time og 36 minutter. Nøkkeltall på selskapsnivå viser at 63 % av sluttbrukerne var påvirket av ikke-varslede avbrudd, men at det er store variasjoner mellom nettselskapene. I mange selskap var nesten 100 % av sluttbrukerne berørt av ikke-varslede langvarige strømvbrudd og 17 nettselskap hadde mer enn 6 avbrudd per sluttbruker (SAIFI). Samlede kostnader for ikke levert energi (KILE) var på kr 892 mill, hvorav avbrudd knyttet til Dagmar er beregnet til å utgjøre om lag halvparten av disse. 58 % av KILE for langvarige avbrudd i 2011 var knyttet til distribusjonsnettet, 23 % til regionalnettet og 19 % til sentralnettet. Figur 1 viser kostnader for ikke levert energi (KILE) for ikke-varslede avbrudd i perioden 2005-2011 for distribusjons- og regionalnettet. Årlig KILE var i gjennomsnitt 295 mill kr for distribusjonsnettet og 78 mill kr for regionalnettet i denne perioden.

¹ <http://www.nve.no/pagefiles/13984/rapport032012%20dagmar.pdf>

² <http://www.nve.no/no/energi1/kraftsystemet/leveringskvalitet/avbruddstatistikk/>



Figur 1. Kostnader ved ikke-levert energi for ikke planlagte avbrudd for distribusjonsnettet (1-22 kV) og regionalnettet (33-132kV) i perioden 2005-2011. Kilde: NVE.

Ca 30 % av Norges areal er dekket av skog, men skog dekker en større andel av arealet under kraftledningene fordi disse i mindre grad går over snaufjell og gjennom byer. Trefall er den viktigste enkeltårsaken til ikke levert energi i Norge. Statnett utarbeider årsstatistikk over feil, avbrudd og utfall under driftsforstyrrelser i det norske 1-22kV (f.o.m. år 2006) og 33-420kV-nettet³. I perioden 2006 til 2011 var vegetasjon utløsende årsak til i gjennomsnitt 25 % av ikke-levert energi i distribusjonsnettet (1-22 kV) og andelen var 40 % i 2011. Med utgangspunkt i samlede KILE og andelen ikke-levert energi med vegetasjon som utløsende årsak, var KILE knyttet til vegetasjon i gjennomsnitt 83 kr mill årlig for distribusjonsnettet i denne perioden. I tillegg kommer kostnader til utbedringer som fjerning av trær og reparasjoner master og linje. Vind var årsak til i gjennomsnitt 9 % av ikke-levert energi i distribusjonsnettet. I regional- og sentralnettet utgjorde "Omgivelser" 56 % av driftsavbruddene i 2011 mot et gjennomsnitt på 36 % for perioden 2002-2011. I kategorien "Omgivelser" utgjorde "Vegetasjon" 20 % i 2011, og 12 % i gjennomsnitt for perioden 2002-2011, mens vind var årsak til 30 % i 2011 og 20 % i perioden 2002-2011. Skillet mellom vind og vegetasjon som årsak til avbrudd kan være uklart i denne sammenhengen.

Driftsavbruddene er samlet sett relativt likt fordelt over året. Det finnes ikke statistikk som viser fordelingen over året for driftsavbrudd som skyldes vegetasjon, men det er sannsynlig at vindfall er mer vanlig høst og vinter, og snøbrekk selvfølgelig i vintermånedene. Fylkene Hedmark, Aust-Agder, Troms og Finnmark hadde i perioden 2001-2008 ILE-andeler som lå på mer enn det dobbelte av landsgjennomsnittet for perioden, men det finnes ikke statistikk som viser andelen som skyldes vegetasjon fordelt på fylke.

Skogen i Norge er i endring; Skogen blir eldre og større, skogeierne utfører i mindre grad hogsten selv og redusert beiting gir mer gjengroing. Samtidig er klimaet i endring. Mildere og våtere vintre, lengre

³ <http://www.statnett.no/no/Kraftsystemet/Systemansvaret-FoS/Feilstatistikk/>

vekstsesong og mer vind gir økt tilvekst og mindre stabil skog. Formålet med denne rapporten er å analysere om det er behov for endringer i krav og praksis når det gjelder skogrydding i Norge. I Kapittel 2 gjennomgås juridiske krav til skogrydding i Norge og dagens praksis for skogrydding vises med utgangspunkt i en spørreundersøkelse som er sendt til alle nettselskapene i landet. I Kapittel 3 beskrives faktorer som påvirker faren for trefall på linjene, og fremtidig risikobilde analyseres på bakgrunn av endringer i skogbruk og klima. I Kapittel 4 analyseres muligheter og konsekvenser av endringer i skogryddinga, og Kapittel 5 gir anbefalinger om endringer i praksis, organisering og oppfølging av skogryddingsvirksomheten.

2 SKOGRYDDING I NETTBRANSJEN

2.1 JURIDISKE KRAV OG RETNINGSLINJER FOR SKOGRYDDING

Regulering av nettselskapene

Lov 29. juni 1990 nr. 50 om produksjon, omforming, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energiloven) gir rammene for organiseringen av kraftforsyningen i Norge. I forarbeidene fremgår det at de samfunnsmessige målene i kraftforsyningen er de samme som før, nemlig å legge til rette for en samfunnsmessig rasjonell utnyttelse av kraftressursene, legge til rette for en sikker kraftforsyning og utjevne prisene til forbrukerne. Energiloven med forskrifter regulerer blant annet bygging og drift av elektriske anlegg, fjernvarmeanlegg, kraftomsetning og monopolkontroll, utenlandshandel med elektrisk energi, måling, avregning og fakturering, markedsplass for fysisk kraftomsetning, systemansvar, rasjonering, leveringskvalitet, energiplanlegging, samt kraftforsyningsberedskap. Myndigheten til å fatte vedtak etter energiloven for sikker kraftlevering er i stor utstrekning delegert til Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

NVE har ansvaret for forskrift om beredskap i kraftforsyningen som operasjonaliserer kravene til forsyningssikkerhet og beredskap gitt i energiloven. Forskriften pålegger virksomheter i kraftforsyningen en rekke plikter for å opprettholde normalforsyning i ekstraordinære situasjoner. Dette kan være i forbindelse med naturhendelser (storm, orkan, trefall, ising osv), teknisk svikt og bevist skadeverk. Med bakgrunn i beredskapsforskriftens formål, skal risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) i denne sammenhengen handle om å forebygge og håndtere hendelser av betydning for forsyningssikkerheten. Dette betyr at alle relevante hendelser som kan påvirke for eksempel distribusjon av energi vurderes. Dette fremgår av forskriftens krav til Risiko og sårbarhetsanalyser: "Alle enheter i KBO skal ha oppdaterte risiko- og sårbarhetsanalyser for å identifisere virksomhetens risikopotensiale og de tiltak som effektivt oppfyller kravene i denne forskriften". Likeså stilles det krav om å bygge opp en beredskap for effektivt å håndtere uønskede hendelser.

LOV 1929-05-24 nr. 04 om tilsyn med elektriske anlegg og elektrisk utstyr(eltilsynsloven)⁴ gir rammene for hvordan alle typer elektriske anlegg, herunder kraftforsyningen, skal prosjekteres, utføres, drives, vedlikeholdes og kontrolleres slik at den ikke frembyr fare for liv, helse og materielle verdier. Loven har en rekke underliggende forskrifter som blant annet angir krav til

⁴ <http://www.lovdatab.no/all/hl-19290524-004.html>

- systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid (internkontroll) med hensyn på elsikkerhet
- kvalifikasjoner for utførelse og drift av elektriske anlegg, eksempelvis sakkyndig driftsleder
- hvordan forsyningsanlegg skal bygges, driftes og vedlikeholdes, eksempelvis avstandskrav til vegetasjon
- sikkerhet ved arbeid på eller nær ved elektriske anlegg
-

DSBs regionskontorer utfører årlig tilsyn med alle nettselskap i Norge med basis i eltilsynsloven. Tilsynet rettes mot nettselskapenes systemer for overholdelse av regelverket med tilhørende verifikasjoner av faktiske forhold. I over 10 år har DSB hatt skogrydding som et av hovedtemaene for tilsynet, både på høyspenningslinjer og lavspenningslinjer. Dette har utvilsomt bidratt til en bedre forsyningsikkerhet, selv om kravene har elsikkerhet som utgangspunkt.

Nettselskapenes tilgang til og bruk av eiendom og grunn for å føre elektrisk energi i ledning over bakken eller i grunnen er basert på et tingsrettslig forhold som hviler på avtale eller ekspropriasjon, jf. lov 23. oktober 1959 nr. 3 om overføring av fast eiendom § 2 første ledd nr. 19 (Overføringsloven). For lavspenningsnettet må sluttbrukeren avstå en del av eiendomsretten og tillate bruk av deler av eiendom til stolper og/eller transformatorstasjoner. Tingsrettslig er det tale om en kombinasjon av positive og negative servitutter som påheftes eiendommen. De positive servituttene gjelder retten til å ha stolper, linjer mv. på den tjenende eiendom. De negative servituttene innebærer restriksjoner på eierens adgang til å grave, bygge, ha trær mv. i en viss avstand fra anleggene; ofte benevnt byggeforbudsbelte og ryddebelte. Regelverket som fastlegger ulike avstandskrav er fastsatt av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. Nettselskapene har typisk rett til å hugge trær og rydde vegetasjon i en viss bredde eller nærhet til anleggene.

Ved etablering av nye høyspenningslinjer eller utvidelse av eksisterende linjer må nettselskapet betale full erstatning (Grunnlovens § 105) for grunneierens påregnelige tap som følge av inngrepet, i vegetasjonssammenheng vil det si tapt skogproduksjon, skader på gjenstående skog og eventuelle arronderingsulempen for eiendommen. De juridiske rammene for et slikt rettighetserverv gis i tillegg til Grunnlovens § 105 av Overføringsloven, Ekspropriasjonserstatningsloven og Skjønnsprosessloven, foruten av eventuelle konsesjonsvilkår og selskapets egne retningslinjer.

Leveringskvalitet

Nettselskapenes strømforsyning er regulert i Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet⁵. Denne forskriften skal *bidra til å sikre en tilfredsstillende leveringskvalitet i det norske kraftsystemet, og en samfunnsmessig rasjonell drift, utbygging og utvikling av kraftsystemet. Herunder skal det tas hensyn til allmenne og private interesser som blir berørt* (§ 1-1). "Tilfredsstillende leveringskvalitet" vurderes altså i sammenheng med rasjonell drift og innebærer slik en samfunnsmessig avveining av ulike interesser ut fra hva som er teknisk og økonomisk hensiktsmessig. Leveringspålitelighet er en viktig del av leveringskvaliteten

Nettleieavtalene og tilknytningsavtalene (Energi Norges standardavtaler⁶) for nettselskapenes kunder har også bestemmelser som regulerer leveringskvaliteten. I standard nettleieavtale er spørsmålet regulert i §

⁵ <http://www.lovdatab.no/for/sf/oe/xe-20041130-1557.html>

⁶ <http://www.elklagenemnda.no/category.php?categoryID=151>

12 om ansvarsforhold. I § 13 om erstatning heter det at *Nettselskapet er ansvarlig for tap kunden lider som følge av forsinkelser eller mangler ved ytelsen. Dette gjelder ikke så langt nettselskapet godtgjør at forsinkelsen eller mangelen skyldes årsaker utenfor selskapets kontroll, som det med rimelighet kunne ventes å ha tatt i betraktning på avtaletiden eller å unngå eller overvinne følgene av.* (§ 13-1)

Standard tilknytningsavtale regulerer forholdet mellom nettselskapet og eieren av den elektriske installasjon som tilknyttes distribusjonsselskapet (kunden). Tilknytning av en elektrisk installasjon kan også berøre forholdet til en grunneier eller andre som disponerer rettigheter over en eiendom uten at disse er identisk med installasjonseier. Forholdet mellom nettselskapet og disse reguleres også av standard tilknytningsvilkår, når dette fremgår av den enkelte paragraf. I standard tilknytningsavtale § 3 – 6 om *Adgang til distribusjonsnett og installasjon* heter det at *Installasjonseier skal gi nettselskapet, og andre som benytter ledningsnettet, uhindret adgang til eiendommen for vedlikehold og drift av nettet og tilknytningspunktet. Nettselskapet kan etter forhåndsvarsel til grunneier foreta nødvendig kvisting og rydding av trær av sikkerhetsmessige hensyn og for å hindre skade på ledningene. Inngrep skal skje med minst mulig ulempe for grunneier/fester. Nettselskapet skal ha uhindret adgang til nettstasjoner, også når disse er plassert i installasjonseiers bygg.*

I *Tilknytningsvilkår for næringskunder mv.* § 3 – 1 heter det at ”Nettselskapet har rett til å vedlikeholde ledningsnett/stikkledning, herunder også fjerne all vegetasjon som kommer opp innenfor de sikkerhetsavstander som er forskriftsbestemt for de forskjellige ledningstyper/spenningsnivå”. Det samme gjelder andre som har rett til å benytte ledningstraseen. Vedlikehold og fjerning av vegetasjon skal skje til minst mulig ulempe for grunneier/fester, og nettselskapet plikter og foreta opprydding og utbedring av eventuelle terrengskader etter slikt arbeid.

Hvorvidt nettselskapet er erstatningspliktig for skader som skyldes trefall på linja er avhengig av om skadeårsaken er utenfor nettselskapets kontroll. Nettselskapet er ansvarlig for direkte skade og tap som den elektriske kraft forårsaker, samt for direkte skader og tap som skyldes avbrudd, driftsstans og innskrenkninger i driften. Dette gjelder likevel ikke så langt nettselskapet godtgjør at skaden eller tapet skyldes årsaker utenfor hans kontroll, som han ikke med rimelighet kunne ventes å unngå eller overvinne følgene av.

Nettet må forutsettes å tåle påregnelig uvær og klimabelastninger. Nettselskapet må påregne erstatningsplikt for skader fra trær innenfor klausulert bredde, men er vanligvis ikke erstatningspliktig overfor kunden for trefall fra trær som står utenfor klausulert bredde.⁷

Krav om avstand til vegetasjon

Forskrift om elektriske forsyningsanlegg⁸ (fef) ble fastsatt av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) 20. desember 2005 og trådte i kraft 1. januar 2006 med hjemmel i Eltilsynsloven. Forskriften retter seg til eier og driver av elektriske anlegg. Internkontrollforskriften pålegger

⁷ Se saker i Elklagenemnda: <http://www.elklagenemnda.no/article.php?articleID=638&categoryID=199>,
<http://www.elklagenemnda.no/article.php?articleID=696&categoryID=199>,
<http://www.elklagenemnda.no/article.php?articleID=690&categoryID=199>

⁸ <http://www.lovdatab.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20051220-1626.html>

nettselskapene å iverksette rutiner for å avdekke, rette opp og forebygge overtredelser av krav fastsatt i Fef. Det er følgelig nettselskapet som til enhver tid er ansvarlig for at forskriftens krav er oppfylt og det enkelte nettselskap må selv påse at det har skaffet seg de nødvendige rettigheter hos grunneier, ved f.eks. tinglysning av et skogryddebelte.

Fef har i §§ 6-4 og 7-4 krav om avstander til omgivelsene og DSB har fastsatt minsteavstander til omgivelsene avhengig av driftsspenninger som vises i Tabell 1. Avstandskravene er gitt ut fra hensynet til elsikkerheten, men vil i stor grad bidra til en god forsyningssikkerhet. Fef § 6-8 stiller også krav til at HS luftlinjer skal befares årlig og ved unormale påkjenninger.

Tabell 1. Direkte avstand til vegetasjon for blank line ved ulike driftsspenninger over 1kV fastsatt av DSB

Høyeste systemspenning	kV<123	kV145	kV245	kV300	kV420
Minsteavstand i meter	3,0	4,2	4,7	5,1	5,8

For plastbelagt linje (BLX) er avstandskravet 1,5 meter for kV<123. Kravet for lavspenningsluftledninger er at det skal være betryggende avstand til trær o.l. og det skal være minimum 0,5 meter fra grener til ledere i stille vær og blanke ledere skal ikke kunne berøres fra trær når det klatres opp i dem.

Gjennom felles eierskap i Rasjonell Elektrisk Nettvirksomhet AS (REN AS) har 67 nettselskap utviklet en felles standard for skogrydding i HS- og LS-nettet, REN blad 2024. I tillegg til å inneholde opplysninger om tekniske spesifikasjoner og krav, herunder HMS krav, gir REN-bladet retningslinjer for utførelsen av linjeryddinga både i HS- og LS-nettet.

Miljøhensyn i skogryddinga

Konsesjonsvilkårene kan gi bestemmelser for skogryddinga, for eksempel at det skal "utvises spesielle hensyn ved skogryddinga" eller at det skal gjennomføres "begrenset skogrydding". Miljøhensyn i skogbruket er regulert gjennom *Forskrift for bærekraftig skogbruk*⁹, men forskriften har begrenset relevans for skogrydding av eksisterende linjer. Bruk av sprøytemidler i utmark er regulert av *Forskrift for bruk av plantevernmidler i skog*¹⁰ som blant annet gir bestemmelser om meldeplikt for sprøyting fra luftfartøy eller motorkjøretøy (§ 3) og krav til utførelsen som minsteavstander til boliger og drikkevannskilder (§ 4). Bruk av plantevernmidler i forbindelse med kraftlinjer er i dag svært begrenset.

Kraftlinjer som går gjennom verneområder kan vedlikeholdes, men hogst utenfor ryddebredden som var etablert ved opprettelsen av verneområdet må avklares med områdets forvaltningsmyndighet som

⁹ <http://www.lovdata.no/cgi-wift/wiftldles?doc=/usr/www/lovdata/for/sf/ld/ld-20060607-0593.html&emne=skogbruk&>

¹⁰ Se <http://www.lovdata.no/for/sf/ld/ld-19870804-1157.html>. Ny forskrift er under bearbeiding: http://www.mattilsynet.no/regelverksutvikling/horinger/2012/h_ring_ny_forskrift_om_plantevernmidler_101226)

vanligvis er Fylkesmannens miljøvernavdeling. På nye og spesielt større linjer gir konsesjonssøknaden retningslinjer for hensynet til miljøet ved at det ikke skal ryddes mer enn nødvendig, eller vilkår om skånsom eller redusert skogrydding. Dette vil i praksis innebære at trær av sentvoksende treslag, på skrinne mark eller som står der hvor avstanden mellom bakke-fas er stor, ikke hogges ved bakken.

2.2 DAGENS PRAKSIS FOR SKOGRYDDING I KRAFTSEKTOREN I NORGE

2.2.1 Intervjuundersøkelse om skogrydding

For å kartlegge status og erfaringer om skogryddingsaktiviteten i kraftsektoren i Norge ble det sendt ut en internettbasert spørreundersøkelse til alle nettselskapene i Norge. Undersøkelsen ble sendt ut via NVE til alt 179 adresser, hvorav 176 var kontaktbare. Spørreskjemaet vises i Vedlegg 1. 121 nettselskap svarte, noe som gir en svarprosent på 69 %. Ut fra NVEs oversikt over luftledninger dekker nettselskapene som har svart på undersøkelsen hele regional- og sentralnettet, over 90 % av distribusjonsnettet (1-22 kV) og over 80 % av lavspenningsnettet i Norge. 10 av selskapene har sentralnett, 52 regionalnett, 115 HS fordelingsnett og 107 selskaper lavspenningsnett. Midt- eller Nord-Norge er representert med 40 selskaper, Vestlandet med 36 og Østlandet inkludert Agderfylkene med 45 selskap.

2.2.2 Resultater

Skog under luftnettet

En stor andel av luftnettet går over skogsmark. 7 av 9 svarende selskaper med sentralnett oppgir en skogandel på over 50 % og av disse oppgir 3 en skogandel på 71-80 %. I regionalnettet er det større spredning på oppgitt skogandel mellom selskapene, men flest (10 av 50 selskap) oppgir en skogandel på 71-80 %. 75 % av selskapene med HS 1-22 kV oppgir en skogandel på over 50 % og 50 % av selskapene med lavspenningsnett oppgir at skogandelen er over 50 %. Samlet ligger skogandelen i spørreundersøkelsen på i overkant av 60 % for høyspenningsnettet og i underkant av 60 % for lavspenningsnettet. Skogandelen i sentralnettet er høyest på Østlandet inkludert Agderfylkene, for de andre spenningsnivåene er det mindre forskjeller.

Kostnader til skogrydding

Selskapene med regional- eller sentralnett oppgir samlede ryddekostnader til dette nettet på 84 mill. kr i 2012. I snitt utgjør dette en årlig kostnad på kr 2 600 kr/km linjelengde. Andelen til vedlikehold er i snitt 70 % blant selskapene som brukte mer enn 2 mill. til skogrydding i regional- eller sentralnettet i 2012. 20 % ble brukt til kanthogst og utvidelser og 10 % til utbedring etter ekstremvær. I 1-22 kV-nettet oppgir selskapene samlede skogryddingskostnader i 2012 på 171 mill. Dette gir i snitt årlige kostnader pr år på kr 2950 pr km linje. 60 % av selskapene svarer at kostnadene til lavspenningsrydding har vært økende eller sterkt økende de siste 5 årene og bare 3 % av selskapene svarer at de har vært nedadgående. 43 % forventer fortsatt økning og bare 10 % nedadgående kostnader til høyspenningsrydding.

Kostnadene til rydding av lavspenningslinjer varierer mye i undersøkelsene og resultatene er derfor usikre. Med en ryddekostnad på kr 5000 pr km ved rydding og en ryddefrekvens på 5 år, blir kostnadene til rydding av lavspenningsnettet om lag 100 mill. årlig. Samlet sett tyder resultatene i undersøkelsen at samlede direkte kostnader til skogrydding i 2012 er på om lag 400 mill. kr. 60 % av selskapene svarer at kostnadene til lavspenningsrydding har vært økende eller sterkt økende de siste 5 årene og bare 3 % av selskapene svarer at de har vært nedadgående. 38 % av selskapene forventer fortsatt økning i kostnadene til lavspenningsrydding og 55 % forventer stabile kostnader.

Årsaker til avbrudd

21 av 45 selskaper med regional- og sentralnett har hatt langvarige brudd som følge av vegetasjon de siste 5 årene. I snitt skyldes 30 % av alle de langvarige bruddene i disse 21 selskapene vegetasjon, men det er stor variasjon fra selskap til selskap og 5 selskap oppgir at mer enn 80 % av de langvarige bruddene skyldes vegetasjon. Andelen av ikke-levert energi ligger om lag på samme nivå. 70 % av selskapene med 1-22 kV nett har hatt langvarige brudd som følge av vegetasjon de siste 5 årene og i snitt skyldes 22 % av de langvarige bruddene i disse selskapene vegetasjon.

Tabell 2 og Tabell 3 viser nettselskapenes vurdering av årsaker til avbrudd i høyspenningsnettet de siste 5 årene. Resultatene viser at hovedutfordringen er kantskog som legger seg på eller blåser på linjene ved uvær eller ekstremvær. I 1-22 kV-nettet vurderes uvær som en like stor utfordring som ekstremvær.

Tabell 4 viser at det er små forskjeller i årsaken til avbrudd fra trær mellom regionene, selv om ”store stormer” vurderes som en noe viktigere årsak på Vestlandet de siste 5 årene hvor jo orkanen Dagmar rammet mange nettselskaper hardt i denne regionen.

Tabell 2. Årsaker til avbrudd fra trær i regional- eller sentralnettet de siste 5 årene.

	Lite viktig		%	Svært viktig					
	1	2	3	4	5	Vet ikke	Gjennomsnitt	Svarende	Ikke svar
Trær som vokser inn i fasene (manglende kant- eller bunnrydding)	53	11	9	4	9	13%	1,9	45	8
Kantskog som legger seg på linjene	30	14	16	16	11	14	2,61	44	9
Vindfall fra store stormer som Dagmar	18	13	4	24	24	16	3,29	45	8
Snøbrekk	29	13	27	16	2	13	2,41	45	8
Vindfall på linjenettet ved uvær	16	14	14	32	11	14	3,11	44	9
Totalt							2,66	46	7

Tabell 3. Årsaker til avbrudd (i %) fra trær i 1-22 kV nettet de siste 5 årene.

	Lite viktig		Svært viktig		n =		Gjennomsnitt	Svarende	Ikke svar
	1	2	3	4	5	Vet ikke			
Trær som vokser inn i fasene (manglende kant- eller bunnrydding)	29	32	20	7	6	6	2,26	98	17
Kantskog som legger seg på linjene	9	18	29	24	13	6	3,15	99	16
Vindfall fra store stormer som Dagmar	15	16	12	18	31	8	3,37	100	15
Snøbrekk	19	24	30	15	7	6	2,65	101	14
Vindfall på linjenettet ved uvær	11	9	19	31	24	7	3,51	101	14
Totalt							2,99	101	14

Tabell 4. Regionale forskjeller i årsaker til avbrudd fra trær i 1-22 kV nettet de siste 5 årene (i %).

	Midt- eller Nord-Norge	Vestlandet	Østlandet inkludert Agderfylkene
Trær som vokser inn i fasene (manglende kant- eller bunnrydding)	2,48	2,36	2,03
Kantskog som legger seg på linjene	3,27	3,2	3,03
Vindfall fra store stormer som Dagmar	3,33	3,69	3,14
Snøbrekk	2,75	2,6	2,62
Vindfall på linjenettet ved uvær	3,52	3,27	3,7
Totalt	3,07	3,02	2,9
Svarende	33	30	38
Ikke svar	6	4	4

I LS-nettet (Tabell 5) er årsaker til avbrudd nokså likt årsakene i HS-nettet, men manglende vedlikeholdsrydding er vurdert noe viktigere enn i HS-nettet.

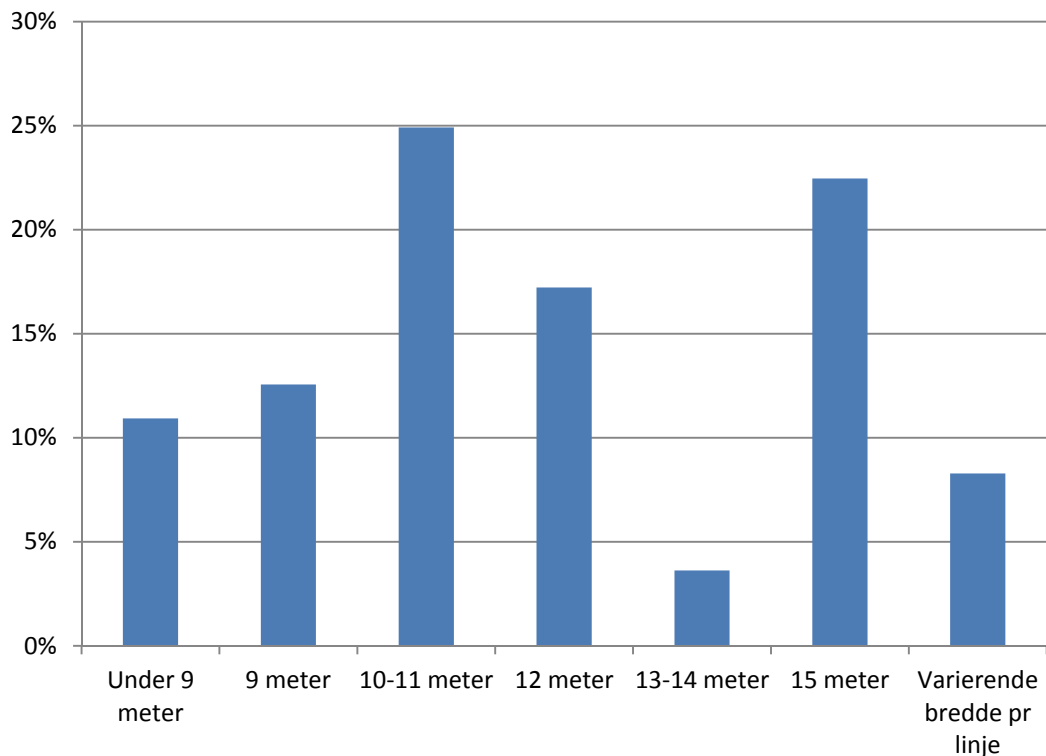
Tabell 5. Årsaker til avbrudd fra trær i LS- nettet de siste 5 årene (i %)

	Lite viktig			Svært viktig					
	1	2	3	4	5	Vet ikke	Gjennomsnitt	Svarende	Ikke svar
Trær som vokser inn i fasene (manglende kant- eller bunnrydding)	25	26	22	20	5	2	2,53	92	15
Kantskog som legger seg på linjene	14	28	28	20	8	2	2,78	92	15
Vindfall fra store stormer som Dagmar	15	15	13	32	22	3	3,31	93	14
Snøbrekk	23	25	24	22	5	2	2,62	93	14
Vindfall på linjenettet ved uvær	11	13	32	26	1	2	3,24	92	15
	Totalt						2,9	93	14

Ryddebredder og avtalestatus 1-22 kV

De mindre nettselskapene (under 1000 km samlet nett) oppgir at i snitt har 13 % av nettet en ryddebredde smalere enn 9 meter, mens selskaper med mer enn 1000 km nett har 2 % av nettet i denne kategorien. Samlet sett har om lag 50 % av 1-22kV nettet en ryddebredde smalere enn 12 meter. Nettselskapene rapporterer ikke planer om utvidelser som vil endre dette bildet vesentlig i årene som kommer.

I gjennomsnitt har selskapene avtaler ved skjønn på 1/3 av 1-22 kV nettet, 1/3 skriftlige minnelige avtaler, mens de oppgir at det ikke er skriftlig avtale på 1/3 av nettet (alle selskaper teller likt, det er ikke vektet med linjelengder). I regionalnettet er det skjønn på 70 % av nettet, skriftlige minnelige avtaler på 17 % og ikke-skriftlige avtaler på 12 %.



Figur 2. Ryddebredder i 1-22 kV nettet, basert på fordeling av ryddebredder pr nettselskap.

Hogst utenfor klausulert bredde

Selv om resultatene fra spørreundersøkelsen viser at det i liten grad foreligger planer om permanente utvidelser av ryddebredden, viser svarene at det er økende oppmerksomhet om behovet for hogst utenfor dagens ryddebredder. Tabell 6 viser nettselskapenes planer utenfor klausulert bredde i 1-22 kV nettet og

Tabell 7 viser planer om utvidelser og sikringshogst i regionalnettet.

Tabell 6. Forebyggende skogrydding i % utenfor klausulert bredde i 1-22 kV-nettet.

	Ja	Nei	Vet ikke	Ant? Svarende	Ikke svar
Vi foretar ofte hogst utenfor klausulert bredde i dag	49	47	4	96	19
Enkelte linjestrekk skal gjøres tresikre i fremtiden	27	46	27	96	19
Vi vil foreta mer hogst av risikotrær utenfor klausulert bredde i fremtiden	69	18	13	97	18
	Totalt			99	16

Tabell 7. Planer om utvidelser og sikringshogst i regionalnettet.

	% Ja	% Nei	Vet ikke	Svarende	Ikke svar
Vi vurderer å utvide ryddebredden i hele regionalnettet	7%	86%	7%	43	9
Enkelt linjer eller linjestrekk skal gjøres tresikre	36%	43%	21%	42	10
Vi vil foreta mer hogst av risikotrær utenfor klausulert bredde	56%	36%	9%	45	7
			Totalt	45	7

Strategier, planer og kompetanse

Tabell 8 viser i små selskap er rydding basert på innmeldte behov det dominerende ryddeopplegget, mens i større selskap ryddes det i stor grad basert på faste årlige intervaller. Ryddinga skjer i liten grad basert på detaljerte planer og/eller data om vekstforhold. Enkelte selskaper overlater også plan/oppfølging til entreprenør hvor skogsituasjonen skal være innenfor angitte kriterier. I LS-nettet er rydding av trafokretser etter fast rullering det vanligste opplegget både i små og store selskap (Tabell 9). Tabell 10 viser at nettselskapene i dag i liten grad bruker analyser av feil, KILE og sårbarhetsanalyser for i planlegging og prioritering av skogryddinga.

25 % av nettselskapene har fast ansatt med skogfaglig kompetanse til administrasjon av skogryddinga. 32 % har innleid kompetanse på flerårig kontrakt, mens 43 % ikke har fast tilgang på skogfaglig kompetanse. Av nettselskapene med mer enn 1000 km nett oppgir 25 % at de ikke har fast tilgang på skogfaglig kompetanse.

Tabell 8. Ryddestrategier i % i 1-22 kV.

	Linjer eller linjestrekk ryddes basert på innmeldt behov fra linjebefaring	Hele linjer ryddes etter årlige intervaller eller vedlikeholdsplaner	Det ryddes delstrekk basert på data for vekstforhold	Ryddinga skjer på grunnlag av detaljerte ryddeplaner hvor traseen er delt inn i mange behandlingsenheter etter vekst og avstand bakke-fas	Annet opplegg
Små selskap	47	43	2	6	2
Store selskap	33	61	0	6	1

Tabell 9. Ryddestrategier i % i LS-nettet

	Hele kommuner ryddes basert på innmeldt behov fra linjebefaring	Vi rydder hele kommuner etter et fast årlig intervall	Vi rydder lavspennings-nettet samtidig med HS-nettet i en kommune	Vi rydder trafokretser etter fast rullering	Vi har kartlagt vegetasjonen og rydder basert på dette	Annet opplegg:
Små selskap	19	19	11	33	13	6
Store selskap	7	10	10	48	8	17

Tabell 10. Prioritering av skogryddinga i %

	I liten grad			I stor grad		Vet ikke	Gjennomsnitt	Svarende	Ikke svar
	1	2	3	4	5				
Analyser av feil og KILE er viktig for prioritering av skogryddinga i dag	16	14	25	28	14	2	3,1	99	16
Hogst utenfor klausulert bredde gjøres basert på sårbarhetsanalyser	21	16	24	16	17	5	2,91	99	16
	Totalt						3,01	99	16

Tiltak for å øke leveringssikkerheten i HS-nettet

Tabell 11 viser nettselskapenes vurdering av tiltak for å øke leveringssikkerheten i nettet. Resultatene viser at kartlegging av vegetasjon, mer systematikk i skogryddinga og ryddeplaner vurderes som de viktigste tiltakene. Videre at analyser av konsekvenser av brudd og mer tresikre linjer er viktig. Mer bunnrydding og tilsyn vurderes som mindre viktig.

Tabell 11. Vurderinger av tiltak for å øke leveringssikkerheten (%)

	I liten grad			I stor grad		Vet ikke	Gjennomsnitt	Svarende	Ikke svar
	1	2	3	4	5				
Leveringssikkerheten i HS-nettet bør forbedres gjennom mer bunnrydding	24	16	36	16	6	1	2,63	99	16
Mer systematikk i skogryddinga vil gi bedre og billigere skogrydding	7	10	23	38	19	2	3,53	98	17
Det bør lages detaljerte ryddeplaner for hele HS-nettet	11	5	29	36	19	0	3,45	97	18
Kartlegging av vegetasjonen er viktig for leveringssikkerheten	5	8	27	32	27	0	3,69	99	16
Analyser av konsekvenser av avbrudd bør bli mer styrende for skogryddinga	7	23	31	25	13	0	3,14	99	16
Ryddebredden i HS-nettet bør generelt økes	17	22	22	18	17	3	2,96	99	16
Enkelte linjer bør gjøres tresikre	18	17	15	23	19	7	3,09	99	16

Kabling er et kostnadseffektivt tiltak for å øke leveringssikkerheten i skogområder	19	15	19	19	21	5	3,09	98	17
DSB bør ha oftere eller mer omfattende tilsyn av skogryddingsaktiviteten	20	20	40	12	5	2	2,61	99	16
						Totalt	3,13	99	16

Det ble også spurt om andre tiltak for å redusere kostnadene eller øke leveringssikkerheten knyttet til vegetasjon i kraftnettet. Relativt mange pekte på sprøyting som et aktuelt tiltak, for øvrig dekkes forslagene i stor grad av kategoriene i tabell 11.

2.3 KARTLEGGING AV RYDDEPRAKSIS I SVERIGE

I Sverige er forvaltes sentralnettet av Svenska Kraftnät, mens E.ON, Vattenfall og Fortum forvalter store deler av det øvrige høyspenningsnettet. En rekke mindre nettselskaper forvalter lavspenningsnett i byområder og noe høyspennings fordelingsnett. Spørreskjemaet som ble sendt ut til nettselskapene i Norge ble også sendt ut til 20 nettselskap i Sverige. 8 svenske nettselskap svarte. De svarene nettselskapene dekker 15 000 km sentralnett, 23 535 km regionalnett, 106 140 km 1-22kV luftnett og 25 320 km lavspenningsnett, fordelt 3 store og 5 små selskaper.

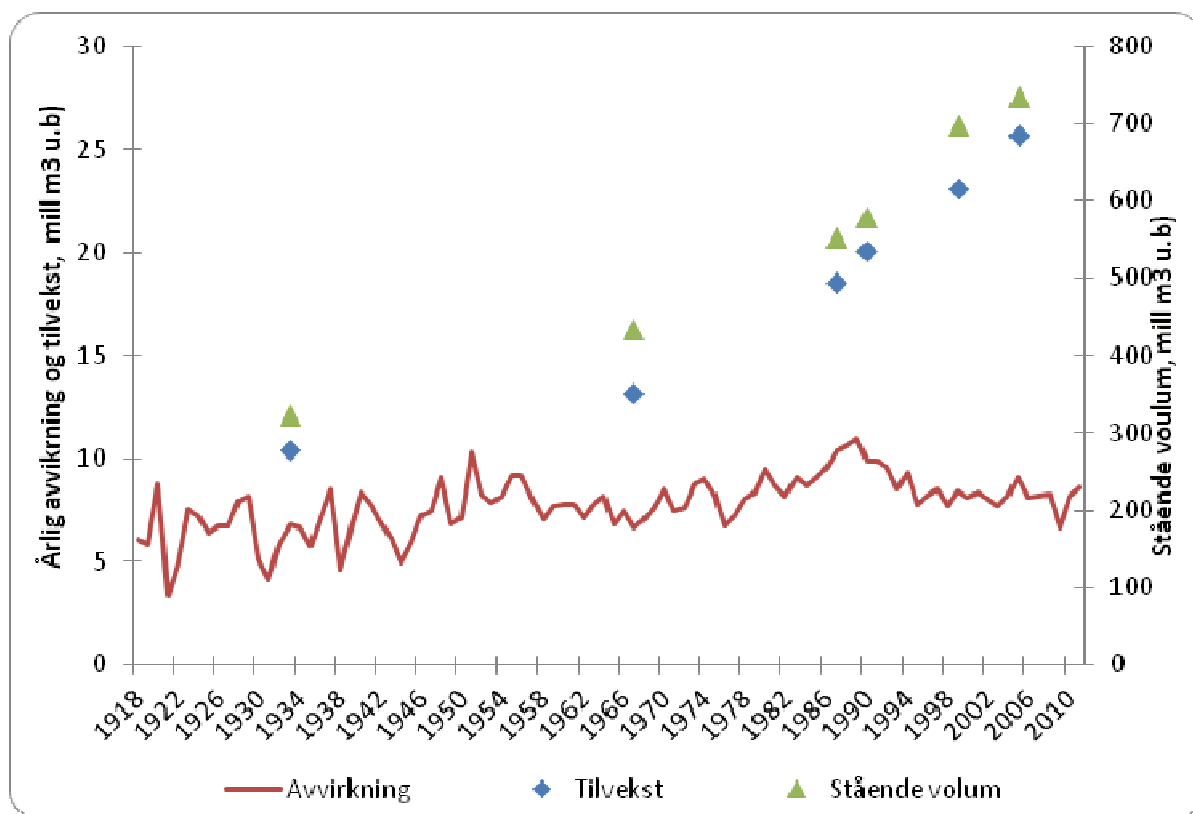
De svenske nettselskapene i undersøkelsen oppgir at kostnadene til skogrydding har vært stabile eller nedadgående både for lavspennings- og høyspenningsnett de siste 5-årene og forventer stabile eller nedadgående kostnader også de neste 5 årene. Som i Norge er kantskog hovedutfordringen for forsyningssikkerheten i lavspennings og 1-22 kV nettet, men ut fra svarene kan det tyde på at regionalnettet i større grad er tresikkert i Sverige enn i Norge. Svarene tyder på at ryddebredden i stor grad er 9 meter og under for 1-22 kV i Sverige. Det er i liten grad planer om utvidelser av ryddebredden, men det er økt oppmerksomhet på hogst i kantskogen. Ryddinga er basert på faste årlige intervaller og i liten grad på detaljerte ryddeplaner. Analyser av feil og sårbarhetsanalyser ser ikke ut til å være mer styrende for skogryddinga i Sverige enn i Norge. Som i Norge peker nettselskapene på at mer systematikk i skogryddinga, kartlegging av vegetasjon og utarbeidelse av detaljerte ryddeplaner er viktig for å bedre forsyningssikkerheten. 7 av de 8 selskapene som svarte på spørreundersøkelsen at fast tilgang på skogfaglig kompetanse til administrasjon av skogryddevirksomheten.

3 SKOGLIG UTVIKLING OG RISIKOFAKTORER

3.1 SKOGLIG UTVIKLING

Det norske skogarealet er omtrent 120 000 km², eller 37 % av det totale landarealet. Av dette regnes 76 000 km², eller 23 %, som produktiv skog (SSB 2012). Det er omkring 120 000 eiendommer med en gjennomsnittsstørrelse på 500 dekar. Hovedandelen av eiendommene eies av privatpersoner.

Avvirkningen til industriformål i Norge har i perioden 1918 til 2011 i gjennomsnitt vært på 7,8 millioner m³ tømmer. Siden 1990 har avvirkningen til industriformål i gjennomsnitt vært på 8,0 mill. m³. Den laveste avvirkningen i denne perioden var under finanskrisen i 2009 hvor nivået lå på 6,6 mill. m³. Avvirkningen i 2011 var på 8,6 mill. m³ (Statistisk sentralbyrå 2012 – skogavvirkningen). I tillegg kommer vedhogst som ikke er med i statistikken etter år 2006, slik at samlet avvirkning i Norge trolig er nærmere 11 mill. m³. Samtidig har omlegging av skogskjøtselen og høy planteaktivitet fra 1950-tallet og utover gjort at årlig tilvekst er mer enn doblet etter andre verdenskrig og nå er på ca. 25 mill. m³. På grunn av økende alder på skogen vil tilveksten avta i tiden fremover. Den lave avvirkningen i forhold til tilveksten gjør at stående volum nesten er doblet på 40 år (Figur 3).

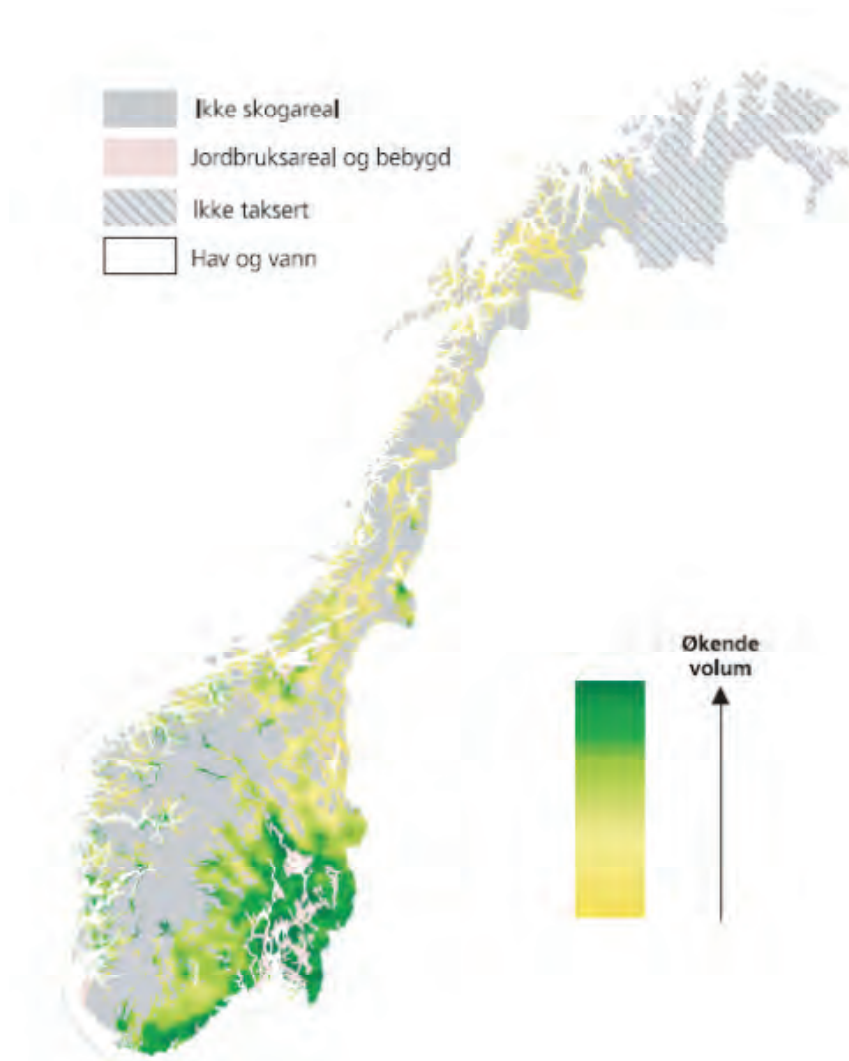


Figur 3. Avvirkning, tilvekst og stående volum under bark 1918-2011. Kilde: Landsskogtakseringen/SSB (2012).

Økningen i skogvolum og avvirkningspotensial er størst i Vestlandsfylkene hvor avvirkningen potensielt kan mangedobles frem mot 2030. For 80 år siden sto det under 200 000 m³ gran på Vestlandet, nå er

volumet på mer enn 25 mill. m³. 94 % av totalt volum under bark finnes på det produktive skogarealet, resten befinner seg på uproduktiv skogsmark og myr.

Selv om skogvolumet på Vestlandet øker raskt, vil volumet fortsatt være størst i de tradisjonelle skogfylkene Hedmark, Oppland, Buskerud og Telemark. Figur 4 viser hvordan skogvolumet pr dekar fordeler seg i Norge, mens tabell 12 viser dagens avvirkning og utviklingen av avvirkningspotesialet på fylkesnivå.

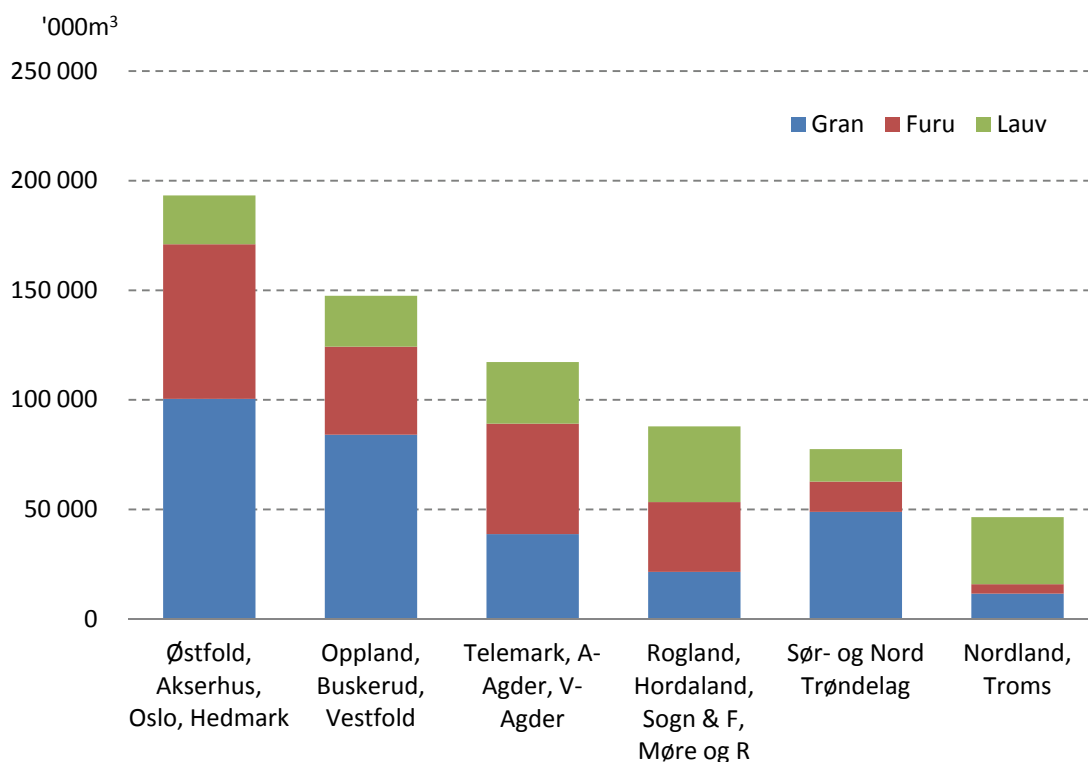


Figur 4. Skogvolum i Norge. Kilde: Landskogtakseringen/Larsson og Hysten (2007).

Tabell 12. Avvirking til industriformål og potensiell avvirkning på fylkesnivå i år 2030. Kilde: SSB skogavvirkingen og Bergseng et al. (2012).

Fylke	Årlig avvirkning til industri-formål 1980- 2009, mill m ³	Potensiell avvirkning år 2030, mill m ³	Vekst avvirkning- potensial 2030
1 Østfold	0,46	0,92	199 %
2 Akershus	0,67	1,15	172 %
3 Oslo	0,06	0,12	192 %
4 Hedmark	2,21	3,37	152 %
5 Oppland	1,02	1,80	176 %
6 Buskerud	0,93	1,52	163 %
7 Vestfold	0,31	0,48	154 %
8 Telemark	0,75	1,23	164 %
9 Aust-Agder	0,38	0,74	196 %
10 Vest-Agder	0,14	0,72	515 %
11 Rogaland	0,04	0,35	868 %
12 Hordaland	0,07	0,68	973 %
14 Sogn og fjordane	0,07	0,53	756 %
15 Møre og Romsdal	0,1	0,66	660 %
16 Sør-Trøndelag	0,29	0,70	240 %
17 Nord-Trøndelag	0,59	1,07	181 %
18 Nordland	0,15	0,56	375 %
19 Troms	0,05	0,28	550 %
Sum	8,3	16,9	203 %

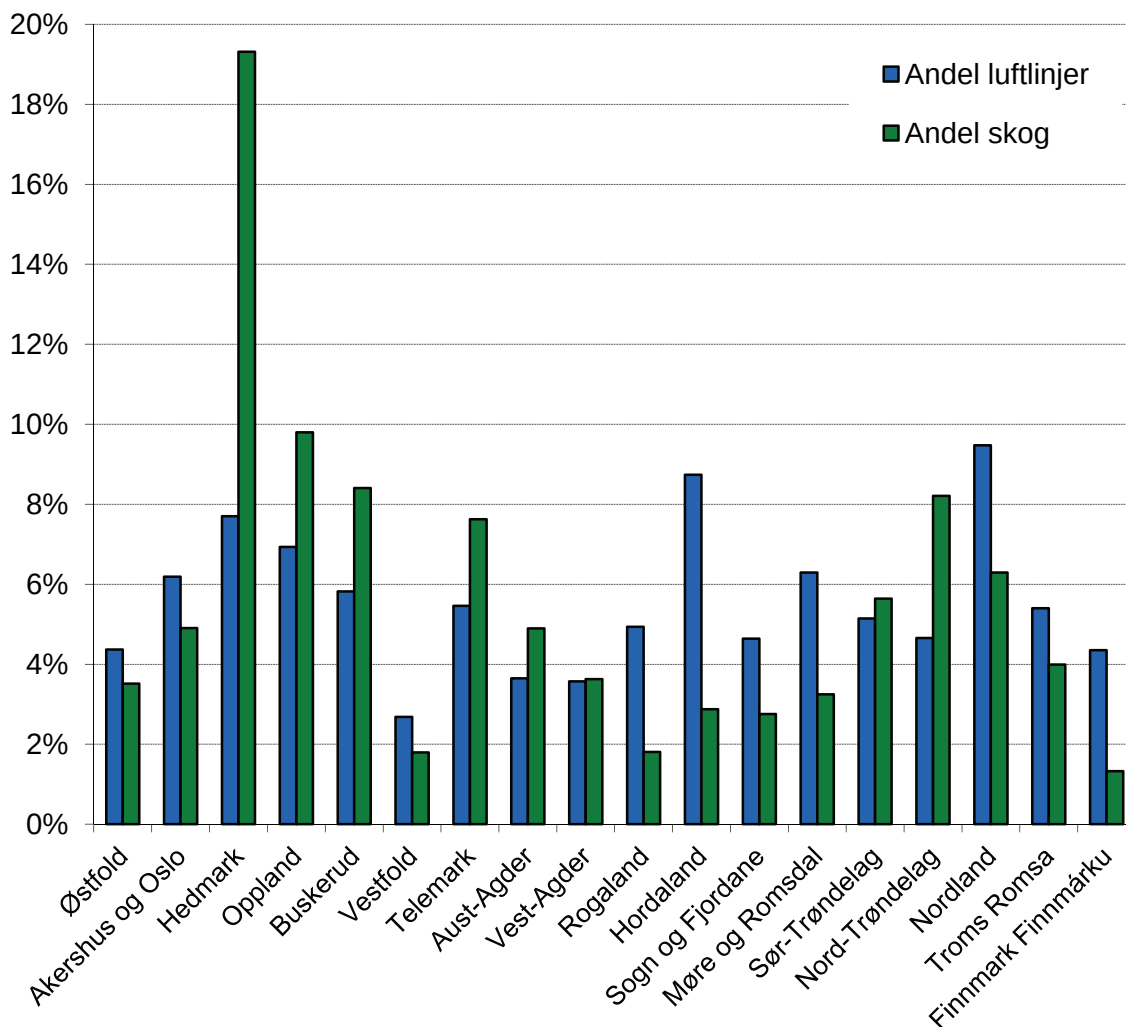
Tall fra Landskogtakseringen viser at det er mer enn 8 milliarder trær i Norge som er mer enn 5 cm i brysthøydiameter. 86 % av disse er under 20 cm, bare 3 % er over 30 cm. Likevel utgjør disse store dimensjonene i alt ca. 280 millioner trær. Av det stående volumet på landsbasis er 46 % gran, 32 % furu, 14 % bjørk og 8 % andre treslag. Figur 5 viser fordelingen av treslag på regional basis (Larsson og Hylen 2007).



Figur 5. Fordeling av skogsvolum på treslag. Volum under bark i 1000m³. Basert på data fra Larsson og Hylén (2007).

48 % av alle trær over 5 cm er lauvtrær, 36 % er gran, 17 % er furu. Telemark og Agderfylkene har størst andel store trær, mest furu, men også mye store lauvtrær. I Telemark og Agderfylkene er det nå 10 ganger så mange furutrær over 30 cm som i 1925, i alt 43 mill. I Nordland og Troms er 78 % av trærne under 20 cm, men også her finnes mange store trær; 2,7 mill. lauvtrær over 30 cm og 2,3 mill. store furutrær. Et annet trekk i utviklingen er at andelen gammel skog med alder 120 år øker, samtidig som andelen død ved øker.

Vi får altså mer skog, eldre skog og flere større trær. Figur 6 gir en sammenstilling av andel luftlinjer (alle spenningsnivåer) og andel skog på fylkesbasis i Norge.



Figur 6. Fylkenes andel av produktivt skogareal og lengde luftlinjer, basert på data fra Statistisk sentralbyrå.

3.2 FAKTORER SOM PÅVIRKER FAREN FOR TREFALL

3.2.1 Innledning

I tillegg til trær som vokser inn i ledningsnettet, er rotvelt og brudd på stammen viktige årsaker til langvarige avbrudd i det norske kraftnettet. Vind- og snøskader på trær langs ledningsnettet er et omfattende problem, og kan føre til store økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.

Trærnes stabilitet mot vind og snøskader er både avhengig av det enkelte treets stabilitet og av den sosiale stabiliteten. Med sosial stabilitet menes den beskyttelse og fysiske støtte trærne på et areal gir hverandre. De to faktorene er delvis motsatt rettede siden enkelttreets stabilitet utvikler seg best når den sosiale stabiliteten er dårlig (frittstående trær), og omvendt ved at den sosiale stabiliteten er best i tett skog der enkelttreets stabilitet er dårlig (Nielsen 2001).

Stabilitet hos enkelttrær kan defineres som mengde belastning som skal til for å velte eller knekke et tre. Vind og snø er sentrale faktorer, men skadene bestemmes ikke bare av styrken på vinden og mengde snø, men også av hvordan disse kreftene varierer med terreng, og egenskaper i trær og bestand. Mange faktorer kan virke inn på dette samspillet, og hvilke faktorer som har størst betydning kan variere fra sted til sted (f. eks Øyen 2002; Olofsson & Blennow 2005; Rich et al. 2007).

Det er gjort mye forskning på stabilitet hos enkelttrær og i bestand med tanke på å forutsi skadeomfang av vind og snø. En del studier tar utgangspunkt i hvilke fysiske egenskaper ved trær og bestand som gjør dem stabile, og bruker dette som grunnlag for modeller som beregner hvor mye vind og snø som skal til for å utrette skade (kritisk belastning). Slike modeller tar imidlertid ofte ikke høyde for lokal variasjon i faktorer som påvirker stabiliteten, og at vind er en svært dynamisk kraft som kan påvirke treet på uforutsigbare måter (Ancelin et al. 2004; James et al. 2006; Gardiner et al. 2008). En annen tilnærming er å bruke observasjoner av trær og bestand som faktisk er blitt veltet av vind og snø, og se hvilke egenskaper disse trærne og bestandene har. Det er imidlertid vanskelig å fastslå nøyaktig hvor sterk vind et tre har vært utsatt for, og også å skille effekten av treets egenskaper fra effekten av andre forhold på stedet (Ancelin et al. 2004; Valinger & Fridman 2011).

Dette kapitlet er en gjennomgang av studier som ved bruk av disse ulike tilnærmingene forsøker å finne ut hvilke egenskaper hos enkelttrær, hos skogbestand og forhold i omgivelsene som påvirker stabiliteten. Gjennomgangen er delt i tre hoveddeler:

- Treets egenskaper – enkeltrestabilitet
- Skogstruktur – sosial stabilitet
- Plassering i terrenget og geografisk plassering

3.2.2 Treets egenskaper - enkelttrestabilitet

Hvor stabile enkelttrær er i forhold til belastning fra vind og snø varierer med det enkelte treets egenskaper. Vind som treffer trær tar tak i krona og bøyer stammen. Dette gjør at treets tyngdepunkt forskyves til siden, og kan føre til at treet velter eller brekker. Når tyngdepunktet forskyves blir vekt av stamme og krone en ekstra kraft som kan trekke treet over ende (Peltola et al. 1999b; Peltola et al. 2000; Ancelin et al. 2004). For å motstå denne belastningen fra vind har trær utviklet flere egenskaper som bidrar til å gjøre de mer stabile. Nedenfor ser vi nærmere på stammens egenskaper, trekrona, rotsystemet og jordbunnsforhold, samt styrke i veden. Ved å vurdere disse egenskapene kan man til en viss grad forutsi hvilke trær som har størst risiko for å skades av vind (Rich et al. 2007).

Stammens egenskaper – høyde, diameter og form

Mange studier slår fast at form og størrelse på stammen har stor betydning for treets stabilitet. Store trær er større vindfang enn små, og har derfor under like forhold større sjanse for å bli skadet av vind (Ancelin et al. 2004; James et al. 2006). Samtidig har større trær også større tyngde og styrke, noe som gir bedre motstand mot å velte eller brekke (Peltola et al. 1999b). Stabiliteten bestemmes ikke bare av størrelsen på treet, men også av den geometriske formen på stammen, og av hvor treets tyngdepunkt ligger.

I en studie av Päätaalo (2000) ble det vist at høyde på treet var en viktig faktor for å vurdere risiko for rotvelt, og at risikoen økte med høyde på treet. Studien viste imidlertid at høyde på treet ikke påvirket sannsynlighet for brudd på stammen på samme måte. Flere andre studier viser at høye trær er mer sårbare for vindskader (f eks Peltola et al. 2000; Øyen 2002; Ancelin et al. 2004). Trær som er så høye at de stikker opp over resten av bestanden er spesielt utsatt (f eks Peltola et al. 1999b; Øyen 2002; Olofsson & Blennow 2005).



Bilde 1. Trær som har vokst opp i ett tett skogbestand blir generelt lange og tynne (lavt diameter/høyde-forhold). Diameter/ høyde-forholdet er en viktig faktor for å forutsi risiko for vindfall. Selv om enkelttrærne ikke er motstandsdyktige mot vindpåvirkning, kan stabiliteten i bestandet allikevel være bedre enn egenskapen til enkelttrærne skulle tilsi (sosial stabilitet). Ved endringer i bestandet, som for eksempel tynning eller hogst i deler av bestandet, kan de gjenstående enkelttrærne bli svært utsatt for vind og snøpåvirkning. Foto: Anders Møyner Eid Hohle /Skog og landskap

Peltola et al. (1999b) fant at økende diameter gjør stammen mer stabil, og gir bedre motstand mot bøyning og brudd. Økt diameter ga likevel ikke tilsvarende stor motstand mot rotvelt. Päätaalo (2000) fant tilsvarende ut at trær med stor diameter hadde mindre sjanse for å knekke under belastning fra snø. I denne studien var eldre trær mest utsatt for rotvelt under belastning av snø, mens yngre trær var mer utsatt for brudd på stammen. Dette ble forklart ut fra at eldre trær hadde større diameter, og dermed var vanskeligere å brette. Det kan derfor tenkes at økt diameter gjør treet mer utsatt for rotvelt fordi det blir et større vindfang, men mindre utsatt for brudd på stammen, siden stammen blir sterkere.

Ancelin et al. (2004) mener at diameter i seg selv ikke er så viktig i forhold til stabilitet, men at det først og fremst er relevant når man vurderer treet vekstform, altså treet diameter i forhold til høyde. Mange studier fokuserer på dette forholdet mellom høyde og diameter på treet når de vurderer trær stabilitet. Generelt vil trær som har stor høyde i forhold til diameter være mer sårbar for skader fra vind og snø. Mange studier bruker forholdet mellom diameter i brysthøyde (1.3 m) og høyde som et mål på stammens form, og dette forholdet er i flere modeller en av de viktigste faktorene for å forutsi stabilitet i bestand og for enkelttrær (f eks Peltola et al. 2000; Olofsson & Blennow 2005; Solberg et al. 2008). I følge Peltola et al. (2000) og Ancelin et al. (2004) er trær med stor høyde i forhold til diameter i brysthøyde mer utsatt for brudd på stammen enn rotvelt, mens det er omvendt for trær med lav høyde i forhold til diameter.

I tillegg til at høyde og form på stammen er det også viktig om stammen står loddrett. En skjev stammevinkel forflytter treet tyngdepunkt til siden, og gir en betydelig økning i belastning nederst på stammen (Opatowski 1944; Sterken 2005). Studier viser at treet venter ved vinkler mellom 5-20 grader (Peltola et al. 1999b; Peltola et al. 2000), men dette kan variere mye i forhold til blant annet høyde på treet, treslag, jordtype, jorddybde og andre vekstforhold.

Stammens vekstform påvirkes mye av forholdene treet lever under. Trær som stadig utsettes for belastning fra vind og snø, utvikler gjerne lav og tykk stamme som respons til forholdene, mens trær som skjermes av enten terreng eller andre trær ikke nødvendigvis utvikler den samme motstandsdyktigheten (f eks Holbrook & Putz 1989; Valinger & Fridman 1997; James et al. 2006). Konkurransen fra andre trær vil føre til at trærne får smal diameter og krone og dermed mer ustabile (Holbrook & Putz 1989; Päätaalo 2000; Rich et al. 2007). Trær som står langs kraftgater kan få skjev stamme fordi treet/greinsettingen har en tendens til å strekke seg inn mot lyset (Orsander 2003).

Trekronas egenskaper

Trekronas størrelse, form og tyngdepunkt er også med på å bestemme treets sårbarhet for vind og snø. En stor krone har stor overflate som vinden kan ta tak i og snøen legge seg på, i tillegg til at det gir større tyngde i den øvre delen av treet. Dermed vil trær med liten krone generelt være mindre sårbare for skader fra vind og snø (Øyen 2002; Orsander 2003). I tillegg kan selve formen på krona ha betydning. I følge Solberg et al. (2008) er lang krone et kjennetegn på stabilitet hos enkelttrær. Lang, smal krone ser ut til å være bedre egnet til å tåle belastning fra snø, mens kort krone gir økt risiko for brudd på stammen (Päätaalo 2000). En asymmetrisk krone vil gi treet et skjevt tyngdepunkt, og dette blir spesielt kritisk når det legger seg snø som øker tyngden på krona (Päätaalo 2000). Trær med høysittende kroner – altså liten kronedybde – er også mer sårbare siden dette flytter treets tyngdepunkt oppover.



Bilde 2. Trær med asymmetrisk, kort og høysittende krone, samt skjev stammevinkel kan være utsatt for å velte eller brette ved snø og vindbelastning. Foto: Erik Trømborg

Mengde greiner og kvister i krona er også med på å bestemme treets stabilitet fordi det påvirker hvordan treet beveger seg i vinden. I følge James et al. (2006) vil en rett stamme uten grener oppnå en sterk svaiende bevegelse under påvirkning av vind, mens i et tre med grener beveger disse seg uavhengig av

stammen, og har derfor en dempende effekt på den svaiende bevegelsen. Dermed vil det også være mindre sannsynlig at treet velter på grunn av sterk svaiing. Den dempende effekten øker med grenmasse i forhold til stammemasse, og effekten er spesielt tydelig når grenene er jevnt fordelt over hele kronas overflate (Sterken 2005).

Det er stor forskjell mellom treslag med hensyn til form og størrelse på krona. Furu har en mer asymmetrisk krone enn gran og er derfor mer utsatt for skader under vekten av snø (Päätaalo 2000). På den annen side har også furu som regel mindre krone en gran, og er derfor et mindre snø- og vindfang (Päätaalo 2000; Orsander 2003). Løvtrær er generelt ansett som mindre sårbare for både vind og snø, siden de som regel har felt løvverket og dermed har mindre overflate på krona i de periodene de største vindstyrkene og snømengdene forekommer. Form og størrelse på krona kan påvirkes av vekstforhold. For eksempel vil trær i tette bestander gjerne utvikle korte, spisse kroner (Orsander 2003).

Rotsystem og jordbunnsforhold – forankring

For at et tre skal ha motstand mot å velte er det avhengig av å ha et godt utviklet rotsystem som gir god forankring i jorda. Forankring er et samspill mellom treets røtter og jorda det står i, og bestemmes derfor av rotsystemets størrelse, utforming og strukturelle styrke, samt egenskapene i jordbunnen (Coutts 1983; Peltola et al. 2000). En tommelfingerregel er at jo dypere røttene går, jo mer kraft skal til for å velte treet. Hvor dype og sterke røtter som utvikles er blant annet avhengig av treslag, jordtype og vekstforhold. For eksempel er gran kjent for å utvikle grunne rotsystemer på fuktig jord med høyt grunnvann, mens ask og alm kan utvikle dype røtter i fuktig jord (Nicoll & Ray 1996; Orsander 2003; Nicoll et al. 2006). Eik, furu og bjørk utvikler som regel et dypere rotsystem enn gran, og er dermed generelt mindre utsatt for rotvelt (f.eks. Peltola et al. 1999b; Päätaalo 2000; Orsander 2003). Trær som står utsatt for vind kan utvikle røtter som gjør dem mer stabile (Nicoll & Ray 1996). Størrelse og tyngde på rotmassen kan også være med på å bestemme forankringen, og trær med grunne røtter kan dermed kompensere for manglende dybde ved å fordele mer ressurser til røttene i forhold til stamme og krone, og ved å utvikle røtter med stødig vekstform (Nicoll & Ray 1996).



Bilde 3. Trær med grunt rotsystem har generelt større risiko for å velte ved vindbelastning. Foto: Erik Trømborg

I følge Coutts (1983) er styrken i jorda og røttenes forankring avhengig av blant annet fuktighet og innslag av organisk materiale. Styrken i jorda og røttenes forankring er derfor ikke konstant, men kan variere over tid (Solberg et al. 2008). Fuktig og finkornet jord (for eksempel leire) har liten motstand, og røttene vil lett kunne trekkes ut av jorda. Under slike forhold har ikke røttenes utforming noen særlig betydning (Coutts 1983). I Norge har vi mange skogområder med grunt jordsmonn, noe som innebærer at vi kan ha mange trær med grunt rotsystem som kan være utsatt for rotvelt (Solberg 2007). Frost øker derimot motstanden i jorda, og sannsynligheten for både rotvelt og brudd på stammen under bakkefrost er betydelig lavere enn når jorda er frostfri (Peltola et al. 2000).

Styrke i veden og råteangrep

Treets motstand mot å knekke bestemmes delvis av den strukturelle styrken i veden, altså i hvilken grad veden tåler å bli bøyd eller strukket (Opatowski 1944; Ancelin et al. 2004). Denne styrken er blant annet avhengig av treslag, vedens tetthet og sykdom og angrep fra sopp eller insekter (Peltola et al. 1999b; Peltola et al. 2000; Sterken 2005). Peltola et al. (1999b) fant at gran har mindre elastisk og motstandsdyktig ved enn furu, mens bjørk var mest motstandsdyktig av de tre artene.

Trær som viser tegn på sykdom eller skade er mer utsatt for råteskader. Råteskader medfører at veden er mer utsatt for å knekke, og rotsystemet er også ofte svekket ved råte. En utfordring i Norge er at det er relativt høy forekomst av rotråte i gran. Dette problemet er særlig utbredt i skogene på Østlandet og i Trøndelag (Solberg 2007).



Bilde 4. Grantrær som er angrepet av rotråte har lav strukturell styrke både i stamme og røtter, og er utsatt for rotvelt og stammebrekk ved vindpåvirkning (venstre bilde). Grantrær som er angrepet av rotråte kan vise symptomer som kvaeutflod i nedre del av stammen (høyre bilde), rothalsutsvelling, gulning av barmassen, avtagende skuddlengder, rik konglesetting og en generell utglisning av krona. Foto: Roll-Hansen/Skog og landskap

Oppsummering av enkeltrærs egenskaper

Trærnes stabilitet bestemmes av et samspill av flere faktorer, og det kan være lokal variasjon i hvilke faktorer som påvirker stabiliteten mest. Likevel er det noen generelle regler for hvilke trær som har særlig risiko for å brette eller velte. Egenskaper man kan se etter for å kjenne igjen risikotrær inkluderer:

- lang og tynn stamme (lavt diameter/høyde forhold)
- enkeltrær som er betydelig høyere enn resten av skogbestandet
- høyt tyngdepunkt (høyt plassert krone/høyt oppkvistet)
- skjev stammevinkel
- asymmetrisk krone
- angrep fra sopp og parasitter, spesielt grantrær angrepet av rotråte
- bartrær er mer utsatte for vind og snøskader enn lauvtrær i vinterhalvåret

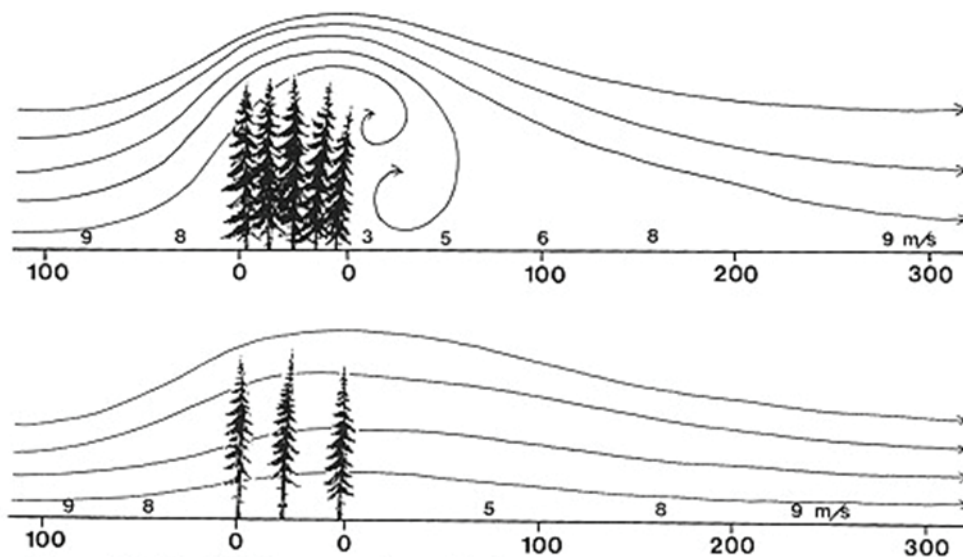
3.2.3 Skogstruktur – sosial stabilitet

Sannsynligheten for at rotvelt og brudd på stammen kan forekomme er ikke bare avhengig av det enkelte treets egenskaper, men også av egenskaper ved skogbestandet treet står i og treets og bestandets plassering i terrenget. Man bør derfor bruke bestandsegenskaper og omgivelsene for å vurdere hvilke strekninger langs kraftgatene som med størst sannsynlighet vil inneholde risikotrær. Nedenfor omtales noen faktorer som er viktige for skogens sårbarhet i forhold til vind: bestandets tetthet (treantall/dekar), kanteffekter, alder og høyde, sjiktning, treslags sammensetning og plassering i terrenget. Geografisk plassering er også av stor betydning i et land med svært varierende klimaforhold.

Bestandets tetthet

Bestandets tetthet (treantall/dekar) har stor betydning for trærnes stabilitet på flere måter. For det første er tettheten med på å bestemme hvor mye vind trærne eksponeres for (f.eks. Päätaalo 2000; Øyen 2002). I et

tett bestand vil belastningen fra vinden fordele seg ut over alle trærne, slik at belastningen på hvert enkelt tre blir liten (Orsander 2003). I tillegg vil ikke vinden trenge så langt innover i bestandet. Tette bestand kan i tillegg ha økt stabilitet ved at de har et felles rotsystem, og ved at trærne støtter hverandre og demper svaing (f. eks Holbrook & Putz 1989; Peltola et al. 1999a; Solberg et al. 2008). På den annen side vil tette bestand fremme vekstformer som er lite tolerante for vind, og kan derfor likevel være utsatt for vindskader (f. eks Holbrook & Putz 1989; Peltola et al. 1999b; Valinger & Fridman 2011). Når sterk vind herjer i tette bestand kan i tillegg trær som er blåst over ende skape en dominoeffekt og dytte andre trær med seg i fallet (Solberg 2007). Bestand der det nylig er foretatt tynning er spesielt utsatt for vindskader fordi belastningen fra vind på hvert enkelt tre øker, samtidig som treets vekstform er lite egnet for å tåle den økte påkjenningen. Tynning øker sårbarhet for vind innad i bestandet og snauhogst øker sårbarhet for vind i gjenstående nabobestand, særlig de fem første årene etter inngrepet (f. eks Peltola et al. 1999a; Blennow & Olofsson 2008; Valinger & Fridman 2011).

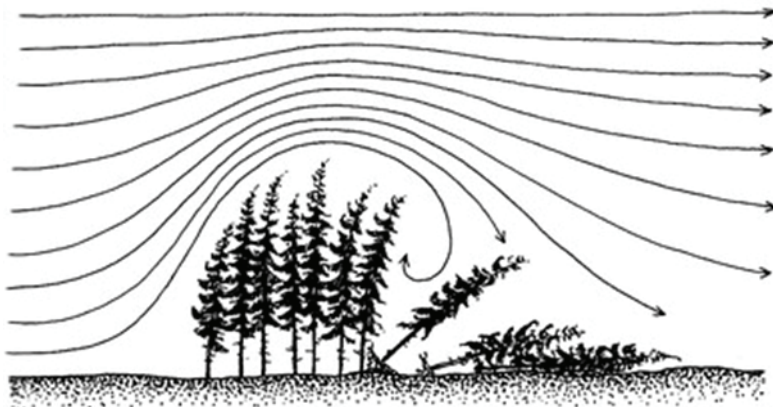


Figur 7. I tett skog vil vinden føres opp over bestandet, noe som gir stor belastning i kantene av bestandet, men liten belastning lenger inn. I mer glisne bestand vil belastningen på hvert enkelt tre være større.

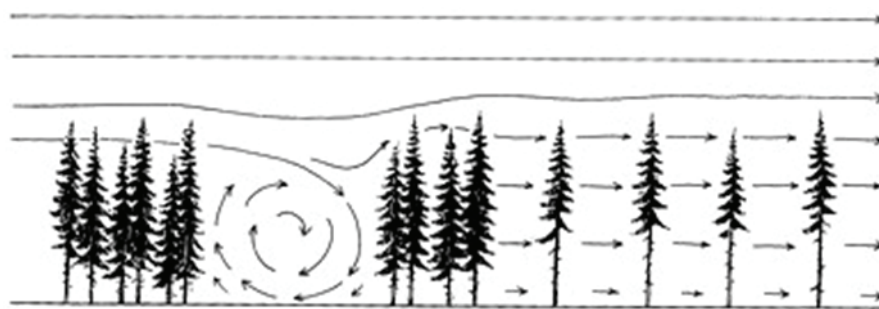
Kanteffekt

Vindbelastningen på trærne er ikke jevnt fordelt gjennom hele bestandet. Trær langs kanten av bestandet er mest utsatt for vind, mens trærne lenger inn er mer skjermet. Hvor sterk vind kanten utsettes for er blant annet avhengig av hvor bred åpning det er foran kanten, høyde og tetthet i tilgrensende bestander, og om kanten vender mot herskende vindretning (Peltola et al. 1999b; Orsander 2003; Olofsson & Blennow 2005). Kanter som vender direkte mot vinden vil generelt være mer utsatt enn kanter som ligger i le, selv om det også kan oppstå turbulens på lesiden. En kant som vender mot et åpent område, eller mot en nabobestand med betydelig lavere høyde, vil være eksponert for vind, mens kanter som ligger inntil høye og tette nabobestander vil være bedre skjermet (Orsander 2003; Olofsson & Blennow 2005). Til gjengjeld kan trær i kanten av bestandet over tid utvikle vekstformer som gir bedre motstand mot vind (Holbrook & Putz 1989). Kanter som ligger inntil nye hogstflater er særlig sårbare fordi dette gir en brå fjerning av skjerming fra vind (Päätaalo 2000). I følge Solberg et al. (2008) er skog som består av oppdelte

enkeltbestand mer utsatt enn sammenhengende skog. Mengde kantareal var i denne studien utslagsgivende i forhold til hvor mye skade man kunne forvente i en bestand.



Figur 8. Kanter som står rett mot vindretningen er utsatt for stor belastning, mens det kan oppstå turbulens på lesiden.



Figur 9. Skogens struktur har stor betydning for hvordan vinden påvirker trærne. Turbulens kan oppstå i åpninger i tette bestander, mens i mer åpen skog er vinden jevnere fordelt.

Kraftgater kan potensielt gi sårbare kanter fordi de åpner skogen, og dermed slipper inn mer vind. Orsander (2003) fant ut at trær som lå langs kanten av en svensk jernbanelinje hadde lavere høyde/diameter-forhold enn lenger inn i bestandet. Dette tyder på at disse trærne er mer eksponert for vind, og at jernbanelinjer gir stor nok åpning i skogen til at vinden kan trenge inn, i tillegg til at økt tilgang på lys stimulerer kvistsettingen. Dette ville også være relevant for større kraftgater.

Kantens struktur og utforming kan også påvirke stabiliteten, og mye forskning er gjort på hvordan man kan tilrettelegge for kanter som har større motstand mot vind (f. eks Orsander 2003). I all hovedsak går idéen ut på å lage en gradvis overgang fra busksjikt til lave trær, slik at vinden dempes før den når de første høye trærne i bestanden. I tillegg kan man fjerne trær med ustabil vekstform, mens mer stabile trær med lang levetid får stå igjen. Det er for eksempel gunstig med mye løvtrær langs kanten. Man bør legge ekstra vekt på å utvikle stabile kanter langs strekninger som er dårlig skjermet eller ligger mot vindretningen (Orsander 2003).



Figur 10. Utforming av stabil kant i overgangen mellom bunnrydningskogen og sideskogen

Alder og høyde

Både høyde og alder på skogen kan ha stor betydning for stabiliteten. Jo høyere skogen er, jo mer utsatt er den for vindskader. Fram til bestandet har nådd 14 meters høyde er de lite utsatt for vindskader (Øyen 2007). Når det gjelder bestandsalder ser det ut til at sårbarheten øker inntil en viss alder, for deretter å avta (Valinger & Fridman 2011). I følge studier gjort av Valinger og Fridman (2011) og Rich et al. (2007) økte risikoen for vindskade i bestand opp til 90 års alder, men avtok i bestand med alder over 110-120 år. Dette kan forklares ved økende alder fører til økning i høyde, masse og kronestørrelse som gjør trærne til større vindfang, i tillegg til mer sykdom og strukturelle svakheter, for eksempel råte. Bestand over en viss alder har derimot hatt tid til å utvikle en stabil struktur (Rich et al. 2007). I gamle bestand er det ofte lavere tetthet og mer variert sjiktning (Päätaalo 2000; Rich et al. 2007). Det er derfor viktigere hvor langt skogen er kommet i utviklingen enn hvor gammel den er. Eldre, hogstmoden skog er spesielt utsatt for vindskader (Olofsson & Blennow 2005; Valinger & Fridman 2011).

Sjiktning og treslags sammensetning

Skogens sjiktning og treslags sammensetning har også betydning for stabiliteten (f eks Øyen 2002; Rich et al. 2007; Blennow & Olofsson 2008). Mange mener at bestand med kun ett sjikt er mer utsatt for vindskade enn bestand med flere sjikt (Rich et al. 2007; Valinger & Fridman 2011). Øyen (2002) mener likevel at sammenhengen mellom sjiktning og vindskade ikke alltid er klar, og nevner eksempler på at blandingsskog fikk like mye skade som ensartet skog. I en variert skog vil ikke alle trærne være like sårbare for vind, og derfor vil det bli en mer gradvis økning i skade med økning i vind enn i bestand der trærne er nokså like. Store trær vil blåse ned ved lavere vindstyrke enn små trær. Når vinden kommer over en viss hastighet vil alle trærne kunne blåse ned, uavhengig av sjiktning (Ancelin et al. 2004). Bestand dominert av gran er svært sårbare for vind, mens innslag av løvtrær gir en betydelig reduksjon i vindskader (f eks Valinger & Fridman 2011). Innslag av furu minsker også risikoen for vindskader, men i mindre grad enn løvtrær. Furuskog er på den annen side mer utsatt for snøskader (Päätaalo 2000). Det finnes likevel mange eksempler på store vindskader i skog som ikke er dominert av gran. Stormen Dagmar forårsaket for eksempel mye skade i furuskog, særlig på flate furumoer og i tynnede bestand (Statens Landbruksforvaltning 2012). I Hedmark besto hele 70 % av det nedblåste tømmeret av furu (Fylkesmannen i Hedmark 2012). Det kan derfor være at andre faktorer, som for eksempel forankring eller skogskjøtsel, har større betydning for stabiliteten enn treslags sammensetningen.

Bestand som kan ha høyere sannsynlighet for å inneholde risikotrær, og som man derfor bør holde et ekstra godt øye med inkluderer:

- høy, tett, hogstmoden og grandominert skog
- skog som nylig er tynnet
- skog som ligger inntil nye hogstflater eller inntil smale nabobestand
- skog som ligger høyt i terrenget eller på vindutsatte steder
- skog på fuktig mark som tidligere er skadet og derfor viser tegn på lav stabilitet

I dagens skogbehandling ser vi en tendens til bestand med økt trehøyde, økt kubikkmasse og høyere innslag av gran (Solberg et al. 2008). Dette tilsier at vi har en økning i mengde skog som er sårbar for vind.

3.2.4 Plassering i terrenget og geografisk plassering

Plassering i terrenget

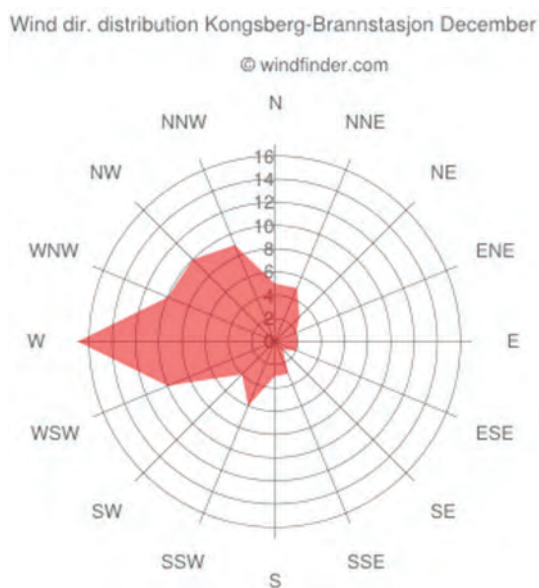
Det er ikke bare trærnes egenskaper som bestemmer hvor utsatt et bestand er for vindskade, men også plassering i terrenget og geografisk plassering. Terrenget er med på å bestemme hvor sterk vind trærne utsettes for, og er derfor en viktig faktor å ta hensyn til når man vurderer hvilke bestand som er mest sårbare for skade (Peltola et al. 1999a; Orsander 2003). Ofte vil det blåse sterk vind på topper, mens dalbunner og lesider er mer skjermet for vind. På lesiden av skjermende elementer kan det til gjengjeld oppstå turbulens, noe som gjør det vanskelig å beregne hvilke områder som er mest utsatt. Terrenget kan også føre til at vinden forsterkes på enkelte lokaliteter (Solberg et al. 2008). Olofsson og Blennow (2005) fant ut at bestandskanter som var plassert i dalbunner var mindre utsatt for vindskader enn kanter som lå på topper i terrenget. Det kan iblant se ut som at trær som vokser i bratte skråninger står mindre stabilt, men i følge en studie av Nicoll et al. (2005) var det ingen forskjell i hvor mye krefter som skal til for å velte trær som står i bratte bakker i forhold til trær som står på horisontale flater. Virkning av terreng og jordbunnsforhold på stabilitet i skog fører til at det er store lokale forskjeller i hvor sårbar skogen er. Norges topografi er preget av åser, fjell og daler som i mange områder vil gi skjerming for vinden (Solberg et al. 2008). I tillegg vil disse landskapselementene dele opp skogen slik at det blir mindre sannsynlig at store sammenhengende områder blåser ned, slik som kan skje sørover i Europa (Øyen 2002).

Vind og snøforhold

Hvor sterk vind trær eksponeres for bestemmes av styrke og retning på vinden, og av hvordan vinden påvirkes av topografi og landskapsforhold. Vind er en svært dynamisk kraft, med stadige endringer i både intensitet og retning (James et al. 2006), og det kan være stor lokal og tidsmessig variasjon i hvor sterk vindeksponeringen er. Derfor er det ikke så lett å forutsi nøyaktig hvilke områder som vil bli hardest rammet under en storm, eller hvor stort skadeomfanget vil bli (Valinger & Fridman 2011). Snø er på mange måter mer forutsigbart enn vind, men også her kan det være stor variasjon mellom steder og mellom år (f. eks Valinger & Fridman 1997). Det er også litt usikkert hvordan snø virker i samspill med vind, siden det ikke er så lett å skille disse to faktorene fra hverandre. Snø kan forsterke belastningen av vind fordi det gir større vindfang og mer vekt i krona, særlig når snøen er våt og tung, men ved høye vindhastigheter vil snøen blåse av trærne (Päätaalo 2000; Solberg 2007).

Geografisk plassering

I tillegg til å være et langstrakt land som strekker seg over 13 breddegrader, har Norge en topografi som gjør at vi kan ha store lokale forskjeller i vind- og snøforhold, selv over ganske korte avstander (Hanssen-Bauer et al. 2009). Klimaet kan også variere mye mellom år og sesonger. Det er derfor forskjeller i sannsynlighet for at kritisk vindstyrke og snømengde inntreffer, både mellom steder og mellom år (Peltola et al. 1999b; Päätaalo 2000). Siden vind dempes av terreng og øvrig skog er retningen på vinden ofte avgjørende for om den kan gjøre skade i et gitt område (Blennow & Olofsson 2008). I Norge er de fremherskende vindretningene fra sørvest via vest, til nordvest. Dette kommer av at været i Norge i stor grad bestemmes av et trykksystem som ligger mellom Azorene og Island (North Atlantic Oscillation), og som særlig om vinteren kan føre milde og fuktige luftmasser inn fra vest (Hanssen-Bauer et al. 2009). På Vestlandet er klimaet derfor preget av mye vind og nedbør, høy årlig gjennomsnittstemperatur, og kort periode med snødekke. Indre deler av landet ligger mer skjermet mot været som kommer fra vest, og har derfor generelt mindre vind og nedbør, men kaldere vintre og lenger perioder med snødekke. Det varierer fra år til år hvor sterkt trykksystemet mellom Island og Azorene er. De årene dette systemet er sterkere enn vanlig får vi mildere og våtere vintre, og mer vind. Når systemet er svakere enn vanlig får vi en mer rolig værtype med tørre luftmasser fra øst og mer ekstreme temperaturer. Siden klima og vekstforhold påvirker hvordan trærne vokser kan det være geografiske og tidsmessige forskjeller i hvor stabil skogen er.



Figur 11. Fremherskende vindretninger i Norge er fra sørvest til nordvest. Eksempel fra Kongsberg.

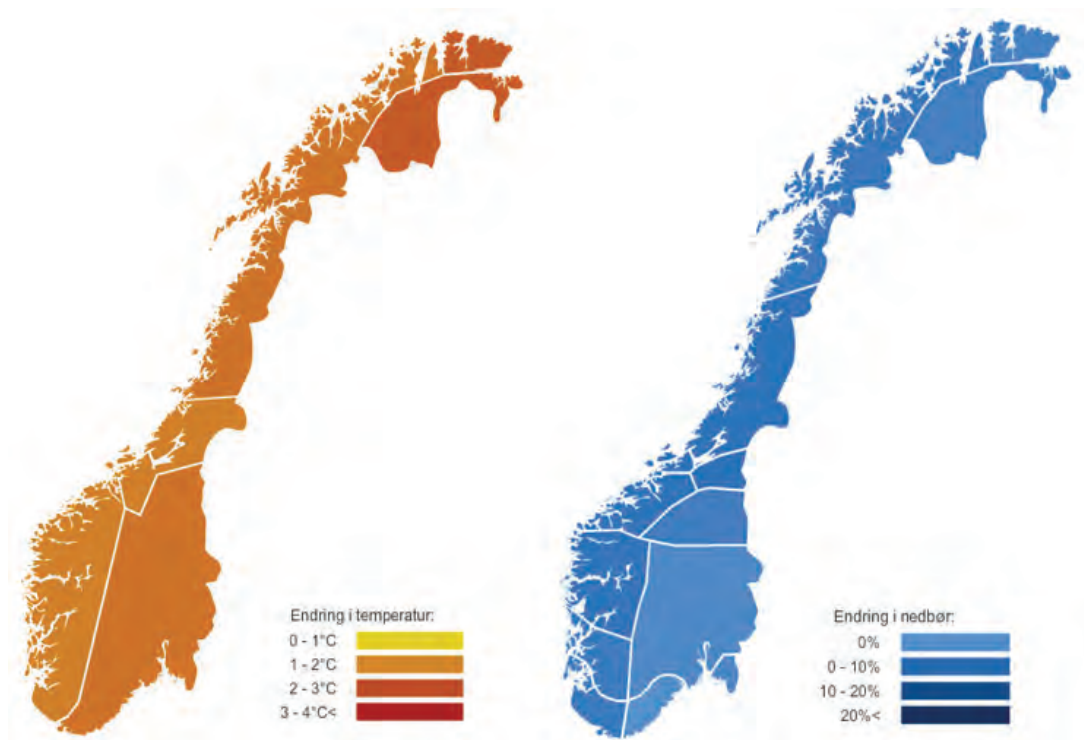
De siste årene er det gjort mange forsøk på å utvikle modeller som kan beregne kritisk vindhastighet, og forutsi sannsynligheten for at denne vindhastigheten vil inntreffe i et gitt bestand (Gardiner et al. 2008). Slike modeller bruker input om blant annet vind, egenskaper ved trær og bestand, og terreng for å gjøre prediksjoner. De mest brukte av disse modellene er HWIND og GALEs, utviklet i henholdsvis Finnland og Storbritannia. Disse modellene er brukt som grunnlag for flere modeller som beregner risiko i forhold til ulike typer forvaltning av skog. Siden det er så mye lokal variasjon og mange faktorer som spiller inn må disse modellene likevel tilpasses lokale forhold for å være nyttige. I tillegg fungerer disse modellene best i ensartet skog, siden beregningene er basert på gjennomsnittlige egenskaper i bestanden (Ancelin et al. 2004). Det jobbes for å tilpasse slike risikomodeller til norske forhold (Solberg et al. 2008).

3.3 KLIMAENDRINGER

På grunn av klimaendringer forventes det at klimaet i de kommende årene vil bli varmere og våtere, i tillegg til at det kan bli flere dager med sterk vind, eller vind fra nye vindretninger (f. eks Hanssen-Bauer & Haugen 2007; Blennow & Olofsson 2008; Hanssen-Bauer et al. 2009). Hovedutfordringer i forhold til skog og kraftledninger er:

- Høyere temperatur
- Mer nedbør
- Flere kraftige regnskyll
- Trolig ikke sterkere vind, men kanskje flere dager med kuling/storm
- Økt hyppighet av tung og våt snø

Spørsmålet er hvordan disse endringene vil påvirke sannsynligheten for vind- og snøskader i skog. Vi ser allerede tegn på at de siste 30 årene har blitt både varmere og mer nedbør. Vekstsesongen har blitt lenger, samtidig som at perioder med snødekke har blitt kortere. I tillegg ser vi tendenser til at nedbøren kommer mer intenst over kortere tidsrom (Hanssen-Bauer et al. 2009). De fleste klimascenarier spår at disse utviklingstrendene vil fortsette i årene frem mot 2100. Det er knyttet stor usikkerhet til slike framskrivninger, men det er likevel svært sannsynlig at det vil fortsette å bli både våtere og varmere, selv om det vil være regionale forskjeller i hvilke utslag klimaendringene vil gi. I følge Hanssen-Bauer et al. (2009) vil gjennomsnittlig årstemperatur i Norge øke med 2.3-4.6 grader, med størst økning om vinteren og nord i landet. Vekstsesongen er forventet å øke med 1-2 måneder i store deler av landet, og i enkelte områder kan den øke med 2-3 måneder. Årlig nedbør vil trolig øke med 5-30 %, mest om vinteren, og særlig i nord og vest. Økning i temperatur kombinert med økning i nedbør vil i årene fremover kunne føre til at mer av nedbøren vil falle som regn, særlig langs kysten. I indre og høyreliggende strøk kan temperaturene likevel forbli så lave at en del også vil falle som snø om vinteren, noe som kan gi økt snødybde. Det kan også bli en økning i antall dager med ekstrem nedbør, og en økning i snøfall ved rundt 0 grader, noe som gir tung, våt snø. Lengde på perioder med frost og snø forventes å minke, særlig i lavlandet der perioden kan minke med 2-3 måneder. I tillegg forventes det mer sommertørke i sørøstlige deler av landet. Når det gjelder vind er det mer usikkert, men det kan bli høyere frekvens av sterk vind. I tillegg kan vinden komme fra nye retninger. Disse endringene forventes å kunne påvirke skogens stabilitet på flere måter (Solberg & Dalen 2007).



Figur 12. Endringer i årlig temperatur og nedbør i Norge frem mot 2050. Kilde: Regjeringen.no. Økning i temperatur kombinert med økning i nedbør vil i årene fremover kunne føre til at mer av nedbøren vil falle som regn langs kysten, mens i indre og høyreliggende strøk kan temperaturen fortsatt være så lave at en del også vil falle som snø om vinteren.

Økningen i nedbør og mildere vintre kan ha svært negativ effekt på trærnes forankring i jorda. Varmere temperaturer vinterstid vil føre til at det vil bli kortere perioder med bakkefrost, og dette vil gi en klar økning i risiko for rotvelt (Peltola et al. 1999a; Blennow & Olofsson 2008). Økt mengde nedbør vil gi mer fuktighet i jorda, og vil dermed også kunne virke negativt inn på forankringen (Solberg et al. 2008). Siden de sterkeste stormene ofte forekommer om høsten/vinteren vil mangel på bakkefrost og økt fuktighet i jorda på denne tiden være spesielt negativt. I januar 2005 ble Sverige truffet av orkanen Gudrun som førte til at store mengder skog blåste ned. Noe av grunnen til at skadeomfanget ble så stort var at stormen inntraff etter en periode med lite frost og mye nedbør, noe som gav trærne dårlig feste i jorden (Solberg & Dalen 2007). Mer intense nedbørsperioder vil også kunne være negativt for stabiliteten, for eksempel hvis store mengder våt snø legger seg i trekronene (Solberg 2007).

Høyere temperatur og lengre vekstsesong, samt høyt innhold av CO₂ i atmosfæren vil gi gode vekstforhold for skogen, og det er derfor sannsynlig at vi i årene fremover vil se at skogen vokser raskere (Solberg & Dalen 2007; Blennow & Olofsson 2008). I tillegg til temperatur vil økt tilvekst kunne trigges av tilførsel av nitrogen fra atmosfæren som gir en gjødselende effekt (Solberg & Dalen 2007). Dermed vil trærne raskere vokse til sårbar høyde. Samtidig vil endringer i klimaet kunne skape forhold som svekker trærne, slik at de blir mindre stabile. Tørke om sommeren vil kunne gi tørkeskader på Østlandet og Sørlandet, men vil være et lite problem i resten av landet. Mildere vintre kan føre til økt mengde frostskaader, fordi milde perioder i løpet av vinteren gjør at trærne går ut av vinterdvalen, og derfor er dårlig herdet til å takle påfølgende frostperioder (Solberg 2007). Med høyere temperatur og lengre vekstsesong forventes også en økning i angrep fra insekter og sopp som kan gjøre skade på trærne. Både

frost- og tørkeskader kan gjøre trærne mer sårbare for slike angrep. På grunn av raskere vekst, dårligere forankring og flere trær med skader eller sykdommer kan vi med klimaendringer forvente økt mengde skog som er sårbar for vind.

Det er usikkert om klimaendringer vil gi sterkere eller hyppigere stormer, men i følge Solberg (2007) gir økning i vindstyrke en progressiv økning i skadeomfang, og da vil selv en liten økning i vindstyrke kunne gi stort utslag. I tillegg kan det være at vi i fremtiden vil få mer vind fra nye vindretninger. Dette kan gi økt mengde skader i skog fordi vinden treffer bestander som ikke er tilpasset høye vindstyrker, og derfor er mer sårbare (Blennow & Olofsson 2008). Kombinert med at klimaendringer vil kunne gi økt areal med sårbar skog er det derfor sannsynlig at selv om stormene ikke blir så mye sterkere i de kommende årene vil de likevel kunne gi et større skadeomfang. Stormskader i norske skoger har økt de siste 50 årene, og dette skyldes ikke først og fremst at stormene er blitt sterkere, men at areal med sårbar skog har økt (Solberg et al. 2008).

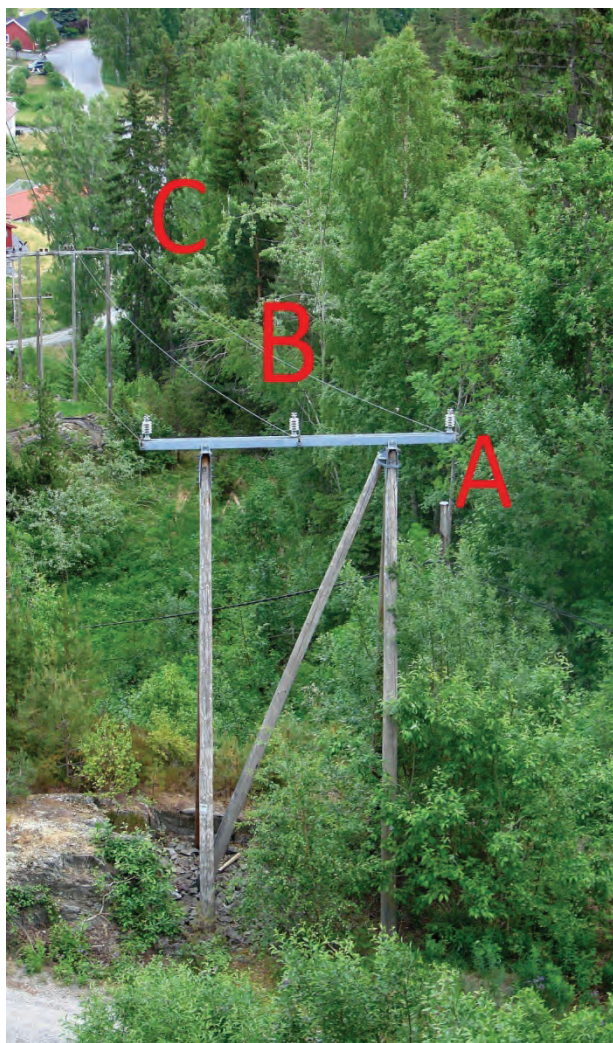
4 MULIGHETER OG KONSEKVENSER AV ENDRET SKOGRYDDING

4.1 INNLEDNING

Avbruddsstatistikken viser at vegetasjon er den viktigste årsaken til avbrudd og ikke levert energi i Norge. Kostnadene både til skogrydding og som følge av trær som vokser på eller faller på ledningsnettet er betydelige. Trær som vokser inn på fasene under eller fra siden, snøbrekk og vindfall er hovedkategorier av årsaker til avbrudd. Bilde 5 under illustrer disse utfordringene i et linjestrekk. For å redusere avbrudd fra skog kan nettselskapene iverksette ett eller flere av følgende tiltak:

- Mer bunnrydding innenfor klausulert/eksisterende ryddebredder
- Utvidelse av ryddebredden
- Hogst av enkelttrær og grupper utenfor klausulert ryddebredde basert på risikovurdering
- Tresikre linjer for en bestemt tidsperiode eller for all fremtid

I dette kapittelet analyseres hvilken innvirkning disse tiltakene vil ha på leveringssikkerheten og hvilke økonomiske og miljømessige effekter de ulike tiltakene vil ha.



Bilde 5. Vegetasjonsutfordringer for kraftnettet. A) Vegetasjon som vokser for nær ledningen. B) Trær som legger seg på linja og C) Trær som kan falle på ledningsnettet. Foto: Erik Trømborg.

4.2 SKOGRYDDING I EKSISTERENDE KRAFTGATER

4.2.1 Betydningen av mer bunnrydding

Som vist i Kapittel 2.2 har innsatsen til skogrydding vært økende de siste årene og trær som vokser inn i fasene (manglende kant- eller bunnrydding) er vurdert som en mindre viktig betydning for avbrudd enn andre faktorer. Samtidig mener relativt mange nettselskaper at leveringssikkerheten bør forbedres gjennom mer bunnrydding (score på 2,63 på en skala fra 1-5 hvor 5 er i stor grad). Mange nettselskap peker også på at mer systematikk i skogryddinga vil gi bedre og billigere skogrydding og at kartlegging av vegetasjon og utarbeidelse av detaljerte ryddeplaner for HS-nettet er et riktig tiltak.

4.2.2 Ryddeplaner

Bedre kartlegging og systematikk i bunnryddinga vil trolig gi lavere kostnader, fordi ressursinnsatsen blir mer behovsrettet. Relativt mye av HS-nettet ryddes etter årlige intervaller av hele linjer eller områder eller basert på innmeldte behov. I mange områder varierer tilveksten i skogen mye innen samme område eller

kommune. På fururabber vokser skogen kanskje bare 20-30 cm per år og kan ryddes hvert 10 år, mens skog og kratt i jordekanter og ravinedaler kan vokse opptil et par meter i året og kanskje må ryddes hvert annet eller tredje år. Selv om differensiert rydding etter vekstforhold og avstand til fas gjør at det blir mer flytting og mer kostbar rydding per arealenhet, vil de samlede ryddekostnadene for linja bli lavere dersom tilveksten varierer vesentlig. En slik ryddestrategi krever en kartlegging av tilvekstforholdene og utarbeidelse av ryddeplaner med et detaljeringsnivå som er praktisk orientert. Et praktisk opplegg vil være å bestemme en inngrepsfrekvens for linja som ofte vil være i intervallet 3-8 år avhengig av forholdene. Områdene med høyest tilvekst ryddes da eksempelvis hvert 4.år, områder med middels tilvekst hvert 8. år og områder med lav tilvekst hvert 12. år. I HS distribusjonsnett er avstanden bakke-fas på flat mark vanligvis 8-9 meter. Med et minstekrav for avstand fra vegetasjon til fas, vil en stor del av trærne måtte hogges før de når en høyde på 5 meter og kan da ryddes med ryddesag. I regional- og særlig sentralnettet, men også i kuperte områder kan trærne være høyere innenfor avstandskravene. Trær over ca. 5 meter må imidlertid hogges med motorsag og trær som har nådde en viss stammediameter må kappes og kvistes. Selv om lengdevæksten er raskest i starten, kan hogst før vegetasjonen når disse høydene som gir behov for motorsag og kvisting, gi lavere ryddekostnader over tid. Ryddeplaner gjør at nettselskapet kan unngå for sen rydding som både kan være dyr og gi høyere risiko enn systematisk rydding ved for eksempel 5 meters høyde.

I tillegg til bedre kontroll på skogsitasjonen og lavere kostnader, vil en slik systematikk gi en bedre miljøsituasjon i kraftgatene. Det er mange eksempler på at sentvoksende treslag og skog på skrinne mark ryddes selv om de kanskje aldri eller først om svært mange år vil kunne komme i konflikt med ledningsnettet. Spesielt i regional- og sentralnettet kan det visuelle inntrykket og det biologiske mangfoldet bedres ved mer selektiv hogst på arealer hvor tilveksten er lav. Dette kan gjøres ved å definere en nedre grense for trehøyder som skal hogges der tilvekst og avstand bakke-fas tillater dette. GIS og bruk av håndholdt datamaskin ved ryddearbeidet gjør at slike hensyn og opplegg lett kan implementeres.

4.2.3 Sprøyting

Flere nettselskap peker i spørreundersøkelsen på at det bør sprøytes mer i kraftgatene. Ved rydding hogges mange løvtrær med et omfattende rotsystem. Enkelte treslag gir et høyt antall rotskudd (f. eks osp), mens andre treslag skyter mange stubbeskudd (ask, bjørk og selje). Fra bartrær kommer det ikke nye skudd dersom alle greinene er hogd. Sprøyting etter hovedhogst er et effektivt tiltak for å drepe rotsystemet og vil både utsette og svekke tilveksten, samt gi lavere tetthet. I Norge er bruk av plantevernmidler i skog regulert av forskrift om spredning av plantevernmidler i skog¹¹. Forskriften angir blant annet at minsteavstand til drikkevannskilder på 50 meter og minsteavstand fra bolig på 50 meter ved bruk traktorspreder. Aktuelle sprøytemidler er Glyfosat¹² (handelsnavn er blant annet Roundup) som dreper de fleste planter. Glyfosat er et systemisk bredspektret ugrasmiddel som virker på de fleste en- og

¹¹ Se <http://www.lovdata.no/for/sf/ld/ld-19870804-1157.html>

¹² Se mer informasjon om glyfosat på http://landbrukstilsynet.mattilsynet.no/dokument.cfm?m_id=203&d_id=786

tofrøbladede arter. Stoffet absorberes hovedsakelig av plantenes overjordiske deler og spres deretter raskt i planten. Glyfosats virkning som ugrasmiddel skyldes at stoffet hindrer dannelsen av visse aminosyrer i planten. Glyfosat er giftig for vannlevende alger, men er ellers lite giftig for jord- og vannlevende organismer. Glyfosat-trimesium er mer giftig for vannlevende organismer enn glyfosat, slik at ved bruk av preparater med glyfosat-trimesium må man ikke sprøyte nærmere vannførende grøfter, bekker, dammer og større vannforekomster enn 10 meter. Bruk av glyfosat i skog vil endre livsgrunnlaget for enkelte organismer fordi glyfosat dreper alle planter unntatt gran og furu. Roundup virker best når ugresset er i god vekst og bør kun brukes i stille vær. Temperaturen skal være over 10 °C og uten utsikt til regn de første timer (se www.info-roundup.no for mer informasjon).

Alternativet til Glyfosat er mer selektive plantevernmidler som Starane. Starane dreper to-frøbladede planter, men gresset overlever. En fordel med Starane er dermed at arealene forblir grønne og at gresset vil hindre noe opplag av nye trær. Effekten av Starane XL er i relativt liten grad avhengig av temperaturen omkring behandling, og behandling kan foretas helt ned til så lave temperaturer som 5 °C. Starane XL er regnfast etter ca 1 time. Starane er også svært giftig overfor vannlevende organismer og er dyrere i innkjøp en Glyfosat.

Det er liten tvil om at plantevernmidler vil være et økonomisk effektivt tiltak for dempe veksten under kraftlinjene. Det er imidlertid en løpende diskusjon om miljøeffektene av plantevernmidler og ny forskrift er under utarbeidelse. Systematisk sprøyting under kraftlinjene synes lite realistisk, mens stubbebehandling av enkeltpunkter hvor tilveksten er høy i kombinasjon med liten avstand mellom bakke og fas kan være aktuelt. Slike tiltak må baseres på ryddeplaner og klare retningslinjer for sprøytinga som sikrer nødvendig hensyn ved hager, vann, bekker, drikkevannskilder og biologisk mangfold.

4.3 UTVIDELSER AV KRAFTGATENE

4.3.1 Juridiske og økonomiske konsekvenser av utvidelser kraftgater

Erstatningsprinsipper

Ved permanente utvidelser er det vanlig å forsøke å inngå minnelige avtaler med grunneiere og rettighetshavere, selv om det kan være hensiktsmessig å søke om ekspropriasjon og forhåndstiltredelse i tilfelle det ikke skulle bli mulig å oppnå enighet. Berørte grunn- og rettighetshavere har krav på erstatning ut fra endringer i bruksverdien på arealet som brukes. Erstatningen skal tilsvare det varige økonomiske tapet som eiendommen påføres av tiltakshaver. Som oftest benyttes en bruksverdiregning for å finne dette tapet, ettersom denne normalt gir grunneieren den høyeste erstatningen i lys av den type inngrep som er vanlig i kraftledningssaker (jf. ekspropriasjonserstatningsloven § 6). Ekspropriasjon av grunn eller rettigheter til en kraftledningstrasé er ikke tidsavgrenset og erstatningen skal derfor alltid foreligge som en engangserstatning, jf. erstatningslovens § 22. Utvidelser av ryddebredden påvirker ikke byggeforbud eller andre nærføringsulempen som gir grunnlag for erstatning og det er dermed ulempene for skogproduksjon som skal erstattes.

Erstatningen av tapte skoginntekter kan deles i tre hovedkategorier:

Tapte tømmerinntekter: Trærne avvirktes på et tidspunkt som grunneier selv ikke bestemmer og kvantumet kan være for lite til en ordinær leveranse av tømmer. Tømmeret som erstattes skal være tømmerprisen ved en normal drift, med fratrekk for normale hogst- og transportkostnader ved denne drifta (slakteverdi). Det er vanlig å bruke et gjennomsnitt av tømmerprisen for flere år for å eliminere virkningen av tilfeldige variasjoner i tømmerprisen, f.eks. et gjennomsnitt av prisen siste 5 år.

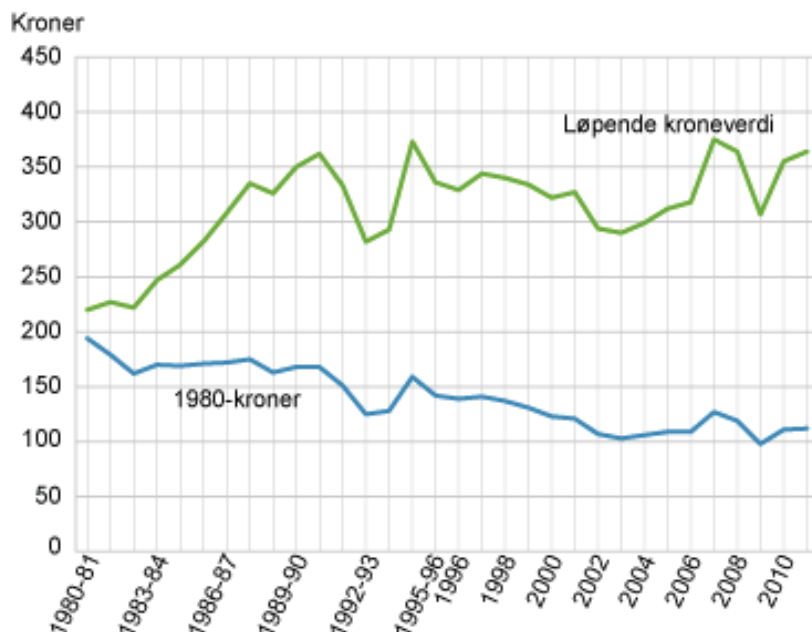
Tapt skogproduksjon i eksisterende bestand: En del av skogen som hogges er skog som ikke er hogstmoden. Grunneier skal da ha erstatning for tapet som skyldes at bestandet hogges før det er hogstmodent i økonomisk forstand (bestokningens venteverditap).

Tap av fremtidige skoginntekter: Når utvidelsen har et permanent preg, er det ikke påregnelig at grunneier får produsere tømmer på arealet i fremtiden. Det skal derfor gis en erstatning for fremtidig skogproduksjon (grunnverdi) som også gir netteier rett til fremtidig skogrydding på det klausulerte arealet.

Tømmerinntekter

Skogeier skal ha erstattet verdien av tømmeret fratrasket normale driftskostnader. Dersom han ønsker å beholde tømmeret, kan det også gjøres et fratrekk for den inntekt han får gjennom salget av dette. Gjennomsnittlig tømmerpris levert bilveg var i 2011 kr 364 pr m³. Gjennomsnittet for gran var kr 360/m³, furu kr 377 og lauvtre til industriformål kr 244. Høye vedpriser gjør at bjørk, ask og eik har en verdi omlag på nivå med bartrær. Markedsforholdene og tømmerkvalitet gjør at tømmerprisene varierer noe mellom fylker, gjennomsnittsprisen varierte med om lag 60 kroner for gran og furu på fylkesbasis (SSB Skogstatistikk¹³). Figur 13 viser at det har vært en reell nedgang i tømmerprisene i Norge de siste 30 årene.

¹³ <http://www.ssb.no/emner/10/04/20/skogav/tab-2012-09-11-03.html>



Figur 13. Utviklingen av tømmerpriser i Norge, kroner pr kubikkmeter. Kilde: SSB Skogstatistikk

Topografi, markedsforhold og tømmerkvalitet påvirker driftskostnadene ved skogavvirkningen. Ved erstatningsberegningen er det driftskostnadene ved en normal drift som skal legges til grunn. Ved gode driftsforhold og kort avstand til veg kan driftskostnaden være ned mot 80 kr/m³ inkludert måling og administrasjon, mens tilsvarende drifter i områder med lav skogbruksaktivitet har driftskostnader på nærmere det dobbelte. I bratt terreng langt fra veg kan driftskostnadene være så høye at skogen ikke er økonomisk drivverdig, og utvidelsen vil i slike tilfeller ikke gi et påregnelig inntektstap for skogeier.

Erstatning for tapt skogproduksjon

Tapet som skogeier påføres ved at han ikke får hogge skogen verken nå eller i fremtiden skal erstattes., Tapet ved at skogen eventuelt hogges før den er hogstmoden, ligger i bestokningens venteverdi. Den samlede venteverdien består av tømmerets slakteverdi ved båndleggingen, bestokningens venteverditap (tapet ved at bestandet hogges før det er hogstmodent) og grunnverdien som er produksjonspotensialet på snau skogsmark. I erstatningssaker som fastsettes ved rettslig skjønn brukes en kalkulasjonsrente på 5 % ved beregning av fremtidig inntektstap. Ved minnelige avtaler er det vanlig å bruke en rentefot på 3-4 % som gir høyere erstatningsverdier. Tabell 13 viser påregnelige nivåer for grunnverdier som betales for tapet av fremtidig skogproduksjon på snau skogsmark eller i hogstmoden skog, mens tabell 14 viser erstatningsnivåene for yngre skog, hvor både tapet i eksisterende og fremtidige skogbestand skal erstattes. Erstatning for tømmeret kommer i tillegg.

Tabell 13. Påregnelige grunnverdier pr daa ved erstatning av snau skogsmark eller hogstmoden skog ved minnelige avtaler.

Bonitet	Høy rånetto (kr 300/m ³)	Middels rånetto (250 kr/m ³)	Lav rånetto (150kr/m ³)
Høy (Bonitet 17 og 20)	1200-1700	1100-1400	600-1000
Middels (Bonitet 11 og 14)	600-1100	500-800	400-600
Lav (Bonitet 8)	400-600	300-500	200-300

Tabell 14. Påregnelig erstatning ved minnelige avtaler i kr/daa for yngre produksjonsskog med alder 40 år (differanseverdi/venteverditap)

Bonitet	Høy rånetto (kr 300/m ³)	Middels rånetto (250 kr/m ³)	Lav rånetto (150kr/m ³)
Høy (Bonitet 17 og 20)	4000-4300	3200-3600	1900-2200
Middels (Bonitet 11 og 14)	1800-3000	1400-2500	900-1500
Lav (Bonitet 8)	1100-1300	700-900	500-700

4.3.2 Utvidelser av ryddebredden

Nettselskapene har de senere år brukt betydelige ressurser på rydde bedre i kraftgatene, og å utvide ryddetraseene slik at greiner ikke skal vokse inn i ledningene. I mange tilfeller har kraftgatene vært så smale at grener fra trær som står i kanten ikke har holdt kravene til minsteavstanden til fasen. Spørreundersøkelsen viser at fortsatt har ca. 25 % av nettet (1-22 kV) kraftgater på 9 meter eller smalere. Ved blankstrekk tilsier effektivt bunnrydding en ryddebredde på minimum 12 meter. Påregnelige kostnader for utvidelser på ulike boniteter vises i tabell 15. Takserings- og prosesskostnadene gjør at utvidelse fra 9 til 15 meter koster mindre pr arealenhet enn utvidelse til 12 meter.

Utvidelsen skaper imidlertid i seg selv også en sårbar kant når sideskogen har liten sjiktning. I slike tilfeller bør det vurderes å gjennomføre sikringshogst utenfor ny ryddebredde for å unngå vindfall og snøbrekk fra den nye, ofte ustabile kanten. Ryddebredder fra 15-20 meter i 22 kV nettet gir mulighet for å lage mer stabile kanter gjennom en selektiv hogst i en overgangssone. Selv om bredere kraftgater reduserer mengden skog som kan falle på linjene, reduserer utvidelser i liten grad risikoen for vindfall og snøbrekk fra trær som står utenfor ordinær ryddetrase.

Tabell 15. Erstatnings- og ryddekostnader i kr for permanent utvidelse av ryddebredden

Bonitet	m3 pr daa i skog	Grunn- og venteverdi pr daa	Erstatning pr daa inkl tømmer	Kostnad pr km for utvidelse fra 9 til 12 meter ved 60 % skog	Kostnad pr km for utvidelse fra 9-15 meter ved 60% skog
6	5	300	1 600	13 600	19 200
8	6	500	2 000	14 900	21 700
11	8	700	2 700	17 200	26 400
14	9	900	3 200	18 700	29 300
17	12	1 200	4 200	22 100	36 100
20	14	1 500	5 000	24 600	41 200
23	17	2 000	6 300	28 600	49 100
26	20	2 500	7 500	32 300	56 600
Snitt	9	1 000	3 300	18 800	29 600

Forutsetninger: Ryddekostnad, 300 kr/m³. Erstatning 250 kr/m³ + grunn og venteverdi. m³ pr daa basert på gjennomsnittstall fra Landskogstakseringen. Det kan stå mer m3 langs linjene enn for gjennomsnittet pga. vanskelig hogst. Det er beregnet 3000 kr/km i taksering/erstatningsberegninger og kr 5 000/km for tinglysning av grunneieravtaler.

4.3.3 Tresikre linjer

Høyden på trær er avhengig av alder og voksested og i mindre grad av tettheten på skogen. Tabell 16 viser maksimal høyde (overhøyde) og årlig høydetilvekst for eldre skog:

Tabell 16. Trehøyder i meter på ulike marktyper

Bonitet*	Maksimal høyde	Årlig høyde- tilvekst ved 25-50 års alder	Årlig høydetilvekst for skog eldre enn 50 år
6	13	0,1	0,1
8	15	0,1	0,1
11	21	0,2	0,1
14	25	0,3	0,2
17	28	0,3	0,2
20	30	0,4	0,3
23	32	0,5	0,3
26	34	0,5	0,3

*Bonitet er et uttrykk for skogsmarkas produksjonsevne. Kilder: Tveite (1977), Braastad (1975)

Dersom linjer skal være tresikre for all fremtid, må bredden på linjetraseen i flatt terreng være 2 ganger mulig trehøyde + bredden på selve ledningsnettet (vanligvis ca. 3 meter for 1-22 kV). I fjellskog og lavproduktive områder innebærer tresikre linjer for all fremtid en trasebredde på ca 30 meter, mens i høyproduktiv skog må bredden helt opp mot 70 meter for å være tresikre i all fremtid.

Gjennomsnittsboniteten i Norge er i overkant av bonitet 11.

Det finnes tre hovedmodeller for å redusere faren for trefall: 1) Permanent utvidelse av ryddebredden – tresikre linjer, 2) systematisk sikringshogst for å få tresikre linjer for en bestemt periode og 3) sikringshogst etter risikovurdering.

1. Permanent utvidelse – tresikre linjer

Modell 1 innebærer klausulering og erstatning av en bestemt linjebredde avhengig av tilvekstforhold som beskrevet i tabell 16. Alle trærne må ikke ryddes i en omgang, men modellen gir nettselskapet en tinglyst rett til å rydde ved behov. Kostnader ved erstatning og rydding avhenger av skogandel og skogforhold.

Tabell 17 viser estimerte kostnader for tresikre linjer i all fremtid.

Tabell 17. Erstatnings- og ryddekostnader i kr for permanent utvidelse av ryddebredden

Bonitet	Trase- bredde	m ³ pr daa i skog	Grunn- og venteverdi pr daa	Erstatning pr daa inkl. tømmer	Rydde- kostnader pr km ved 60 % skog ved utvidelse fra 15 meter	Estimat for samlede kostnader pr km ved 60 % skog inkl. adm og tinglyste avtaler
6	28	5	300	1 600	15 000	40 000
8	32	6	500	2 000	25 000	55 000
11	45	8	700	2 700	55 000	120 000
14	55	9	900	3 200	85 000	185 000
17	60	12	1 200	4 200	130 000	270 000
20	65	14	1 500	5 000	170 000	350 000
23	68	17	2 000	6 300	215 000	460 000
26	70	20	2 500	7 500	265 000	570 000
Snitt	55	9	1 000	4 000	90 000	200 000

Forutsetninger: Ryddekostnad, 300 kr/m³. Erstatning 250 kr/m³ + grunn og venteverdi. m³ pr daa basert på gjennomsnittstall fra Landskogstakseringen. Det kan stå mer m³ langs linjene enn for gjennomsnittet pga vanskelig hogst. For administrasjon er det beregnet 20 % av ryddekostnader og 3000 kr/km i taksering, erstatningsberegninger og grunneierkontakt, samt kr 5 000/km for tinglysning av grunneieravtaler. I beregning av snittet er det tatt utgangspunkt i at linjene går over skog med høyere bonitet enn hva gjennomsnittlig skogareal i Norge har.

Kostnadene for selve ryddinga kan reduseres en del ved at det ikke totalryddes i tresikringssonen, men at de største trærne plukkhogges ("tynning fra toppen"). Mulighetene for dette varierer med skogtilstanden – i ensaldrede bestand på høy bonitet må det snauhogges, mens på lavere boniteter er det større spredning og muligheter for å ta ut enkelttrær. I kupert terreng vil hogsten i områder med bakke-fas høyere enn

potensiell trehøyde kunne utelates. Selv om ulike boniteter krever ulik bredde for å være tresikre, vil det som oftest være hensiktsmessig å bestemme en fast bredde for et strekk. Bonitetsfordelingen må da vurderes før det besluttet en bredde. På høye boniteter må det da foretas sikringshogst av høye trær utenfor ny bredde.

Vedlikeholdskostnaden ved permanent utvidelse av ryddebredden er avhengig av opprinnelig ryddebredde, skogtilstand i tresikringssonen og hogstopplegget. Systematisk bunnrydding i tresikringssonen vil gi høye kostnader og store visuelle virkninger, men selektiv hogst vil gi en trauforn inn mot bunnryddingstraseen. Dette vil også gi en stabil kant, mindre synlighet og lavere kostnader ved at den raske ungdomsveksten holdes nede. Tabell 18 viser beregnede årlige vedlikeholdskostnad på ulike boniteter ved et plukkhoggbasert opplegg. Frekvensen på plukkhogsten bør avhenge av tilvekst og styrken på det enkelte inngrep. Et opplegg kan være å hogge ned til ny trehøyde + 5 meter = avstand fra fas, dvs. at f.eks. 20 meter fra fas hogges alle trær over 15 meter. Det vil gi tresikre linjer i 10 år på høye boniteter, 15 år på midlere boniteter og +30 år på lave boniteter.

Erfaringer fra utvidelsene av ordinær ryddebredde fra 9 til 12-15 meter tyder på at det er vanskelig å få til minnelig avtale med samtlige grunneiere. En systematisk utvidelse på hele avganger kan derfor gjøre rettslig skjønn nødvendig og høyere prosesskostnader enn det som er lagt til grunn i tabell 18.

Tabell 18. Årlige vedlikeholdskostnad i tresikringssonen

Bonitet	Trase-bredde	Produksjonsevne m³ pr daa i skog	Årlig vedlikeholdskostnad pr km i tresikringssonen ved 80 % skog
6	28	0,15	400
8	32	0,20	800
11	45	0,35	2 500
14	55	0,55	5 000
17	60	0,75	8 000
20	65	0,95	11 000
23	68	1,2	15 000
26	70	1,5	20 000
Snitt	55	0,6	6 000

Forutsetninger: Ryddekostnad, 300 kr/m³. Bunnryddingssone på 15 meter.

Hvis vi ser på kostnaden for utvidelse og vedlikehold for et snitt av under linjene, gir tabell 17 en etableringskostnad på kr 200 000 pr km ved 80 % skogandel og tabell 18 et årlig vedlikehold på 6000 kr/km som et snitt. Kapitaliserer vi kr 6000/km med 8 % for å få kostnaden i all fremtid, gir dette en kostnad på 75 000,- og en samlet investeringskostnad på kr ca. kr 275 000/km for tresikre linjer. Dette tiltaket kan sammenlignes med kostnadene ved kabling. Kostnaden vil variere med landsdel ut fra bonitetsforholdene. Hvis f.eks. 20 % av 1-22 kV nettet skulle gjøres tresikkert, dvs. om lag 12 000 km, ville det gitt en samlet kostnad på 3,3 milliarder kr og en årlig kostnad på kr 260 mill. ved 8 % rente.

2. Tresikre linjer for en bestemt tidsperiode

I denne modellen hogges alle trær som innebærer en risiko for en bestemt periode (10-20 år) og det foretas ingen permanent utvidelse, erstatning til grunneier eller tinglyst avtale. Modellen baserer seg på vurdering av trehøyder, tilvekst og krav om avstand til fas. På en 22kV-linje med minsteavstand 3 meter og beregnet tilvekst f. eks 2 meter på 15 år for større trær, hogges alle trær som står nærmere enn 5 meter fra fas. Et tre som står 20 meter fra fas hogges dersom det er høyere enn 15 meter. Bilde 6 viser hvordan linjene kan se ut før og etter hogst ved et slikt tiltak.

Det gjøres avtale med grunneier om utkjøring og eventuell erstatning (venteverdi for yngre produksjonsskog og ev. tap som følge av liten drift/volum eller vanskelig levering). Kostnadene vil være avhengig av skogtype (mengden tømmer) og driftsforhold. Det vil være behov for flatehogst i ensjiktet eldre skog, mens på øvrige arealer vil det bli en gjennomhogst/tynning fra toppen som kommer inn under avtalt tidsperspektiv for tresikre linjer i prosjektet. Kostnadene vil avhenge av mengde tømmer som står langs linja. Hvis vi tar utgangspunkt i en 14 bonitet og 55 meters bredde (tabell 17), står det ca 300 m³ per km med 80 % skogandel. Hvis vi antar at 200 m³ av dette må hogges pr km for å gjøre linjene tresikre i 15 år, gir dette en kostnad på kr 60 000,- pr km for hogsten og ca. kr 80 000/km inkludert administrasjon og grunneierkontakt. Det er her tatt utgangspunkt i at skogeier fritt får framkjørt virke, men det gis ingen erstatning utover dette. I områder med ungskog som kan falle på linje vil erstatning av tapt skogproduksjon for være påregnelig. Med 8 % rente gir dette en årlig kostnad på ca. kr 10 000,- km for å holde linja tresikker. Å holde 12 000 km tresikre vil gi en årlig kostnad på 120 mill., tilsvarende ca. halve kostnaden ved etablering av permanent tresikre linjer.



Bilde 6. Linjer før og etter hogst ved tresikre linjer for 15 år. Foto: Per Olav Fladset

Faktorer som påvirker kostnaden er antall kubikkmeter som må hogges for å holde tresikre linjer i tidsperioden, terreng og vegavstand. Antall skogeiere som går med på at netteier foretar en slik hogst er også av betydning. Forholdet til skogeierne er blant annet avhengig av avtalestatus og forholdet mellom netteier og grunneier.

3. Sikringshogst etter risikovurdering

Som vist i avsnitt 3.1 viser forskning en del faktorer som påvirker faren for snøbrekk og vindfall. Trær med lang og tynn stamme, skjev stamme eller asymmetrisk krone eller som er svekket av råte/sykdom/angrep fra sopp og parasitter har høyere risiko. Det samme gjelder grantrær på fuktig jord og gran og furu på hard morenejord. Høy, tett, hogstmoden skog og skog dominert av gran, eller som nylig er blitt tynnet er utsatt. Nyetablerte kanter som ligger inntil nye hogstflater, skog som ligger høyt i terrenget eller på vindutsatte steder har høy risiko for vindfall og snøbrekk.

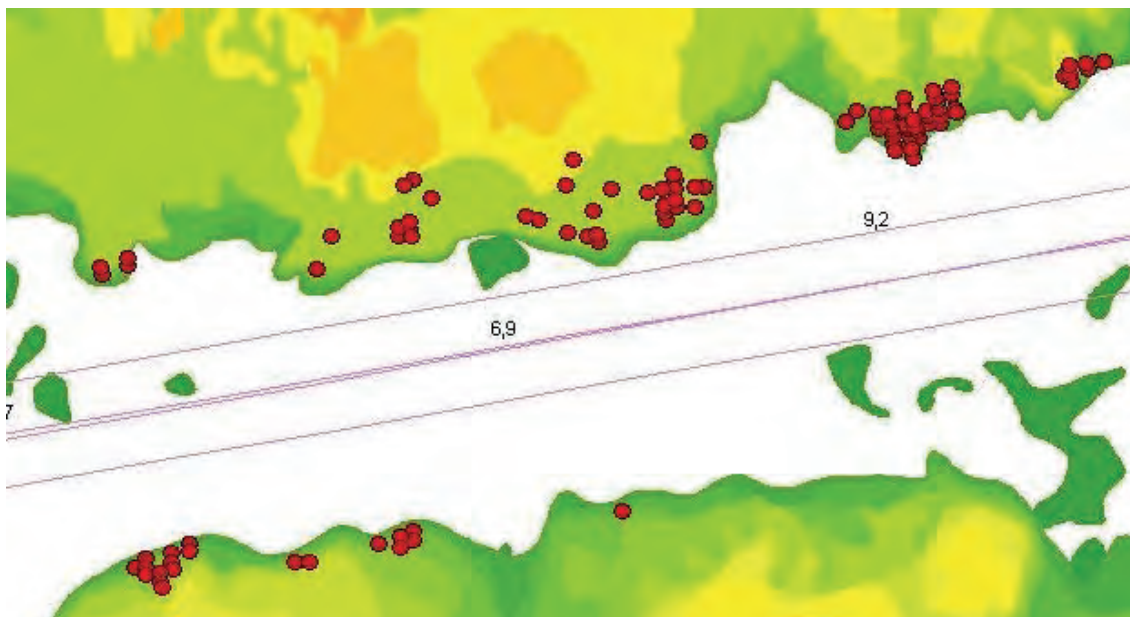
Gjennom kartlegging og hogst av slike trær og bestand kan risikoen reduseres. Et eldre stående tre har tålt tidligere storm og snøfall tidligere og er slik sett i utgangspunktet nokså stabilt, det er derfor viktig å vurdere om det har foregått endringer i eller rundt trærne som påvirker risikoen. Ekstremvær og sterk vind fra nye retninger i kombinasjon med milde vintre eller våt snø som fryser på trærne gjør at risikoen for trefall bare kan reduseres og ikke elimineres helt ved sikringshogst. Videre er det sentralt at sikringshogsten ikke skaper økt risiko for gjenstående trær og i en del tilfeller vil ”alt eller intet” være det beste alternativet.

4.4 PILOTSTUDIER AV ULIKE RYDDESTRATEGIER

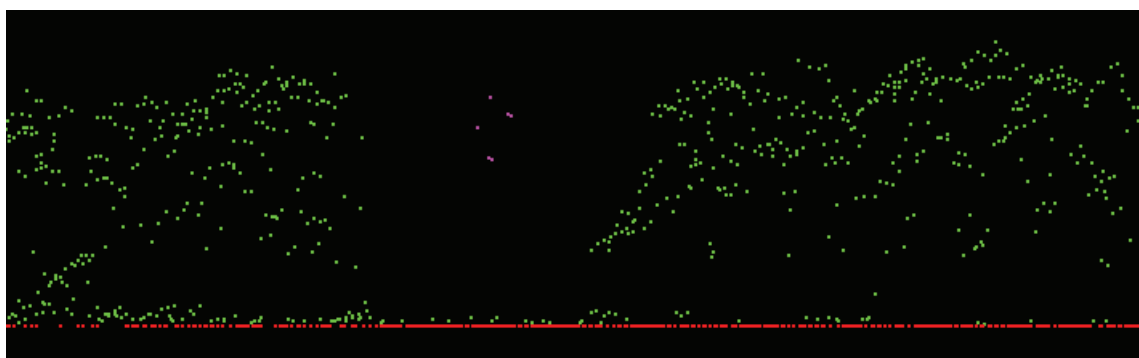
4.4.1 Områder og metode

Laserdata fra 3 områder i hhv Nordland, Rogaland og Akershus ble analysert for å vise hvordan disse kan brukes for å analysere ryddebehov langs kraftledningene. De skoglige forholdene varierer fra landsdel til landsdel og fra linje til linje. Laserskanningen i Nordland ble gjennomført i 2011 med helikopter (Blom TopEye). I dette området er punkttettheten over 10 pkt/m² (pulser som er sendt ut). I vegetasjon blir det ofte flere returer (opp til 4 registreres) per puls. Opptakene er gjort, men det var løv på trærne som gjør disse mer synlig i laserdataene. Høyere punkttetthet betyr som oftest også lavere flyhøyde og sterkere signal fra laserskanneren. Sterkere signal gir flere og nøyaktigere treff på selve linja. Dette sammen med høy repetisjonsrate (skanningshastighet) gir en bedre bakkemodell og nøyaktigere beregning av vegetasjonshøyder.

Laserskanningen i Rogaland ble gjennomført i april 2010. Punkttettheten er 2 pkt/m² i snitt. Kabelen er synlig i laserdataene, men enkeltrær er vanskelig å skylle ut, selv om skogen ikke er særlig tett. Uten treposisjoner er det umulig å gjøre en fallanalyse. Dessuten er det vanskelig å si noe om antall trær eller volum som er berørt (av nærheten til kraftledningen). Laserskanningen i Akershus tatt med helikopter høsten 2007 og har samme karakteristika som opptaket i Nordland. Case-studien i Nordland er brukt for en mer detaljert analyse.



Figur 14. Illustrasjon av laserdata som høyder på vegetasjon og antall trær nærmere enn 3 meter fra fas 22 kV linje i Akershus. Laseropptak med helikopter. Tallene er avstand bakke-fas i meter. Utført av Terratec as for Nettskog.



Figur 15. Laseranalyse 22kV i Rogaland. Maks vegetasjonshøyde ca 15 meter. Lav punkttetthet på laserdatene gjør det vanskelig å skille ut enkelttrær.

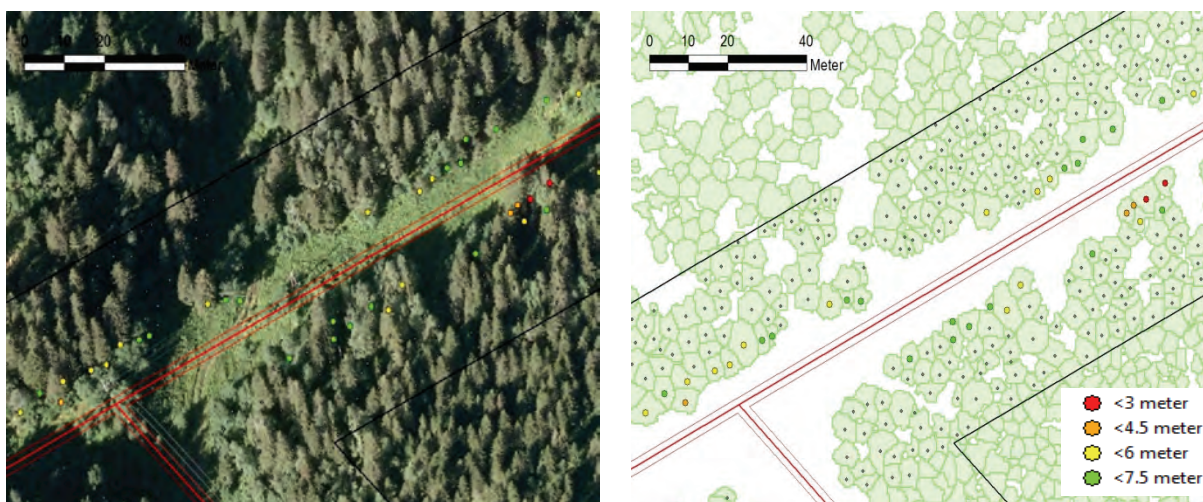
4.4.2 Resultater fra pilot-studie Nordland

En 1600 meter lang trase i Nordland ble valgt ut som representativ for å illustrere problemstillingene beskrevet tidligere. Dette er ei 22kW tremastlinje som ble ryddet sommeren 2011 og bredda ut til opprinnelig trasebredde på 12 meter. Traseen går gjennom et jord- og skogbrukslandskap. Ca 70 % av linja går i skogsterreng. Analysen er utført i et 30 meter buffer fra senterlinja, dvs. 60 meter totalt.



Figur 16. Case-studie Nordland.

Laserdataene ble brukt til å analysere avstanden fra vegetasjon til fas og trær som kunne falle på fasene (fallanalyse).



Figur 17. Avstand fra vegetasjon til fas.

Tabell 19 og tabell 20 viser henholdsvis antall trær og antall kubikkmeter som står innenfor ulike avstander til senterlinje. Det finnes 4 trær med en høyde mellom 15-20 meter som har greiner innenfor 4,5 meters avstand til senterlinjen av kraftledningen. Disse trærne holder heller ikke avstandskravet på 3 meter til ytterfas. Dersom ryddebredden skal utvides til 15 meter, innebærer dette hogst av 166 trær (6 + 55+105) trær og 27 m³.

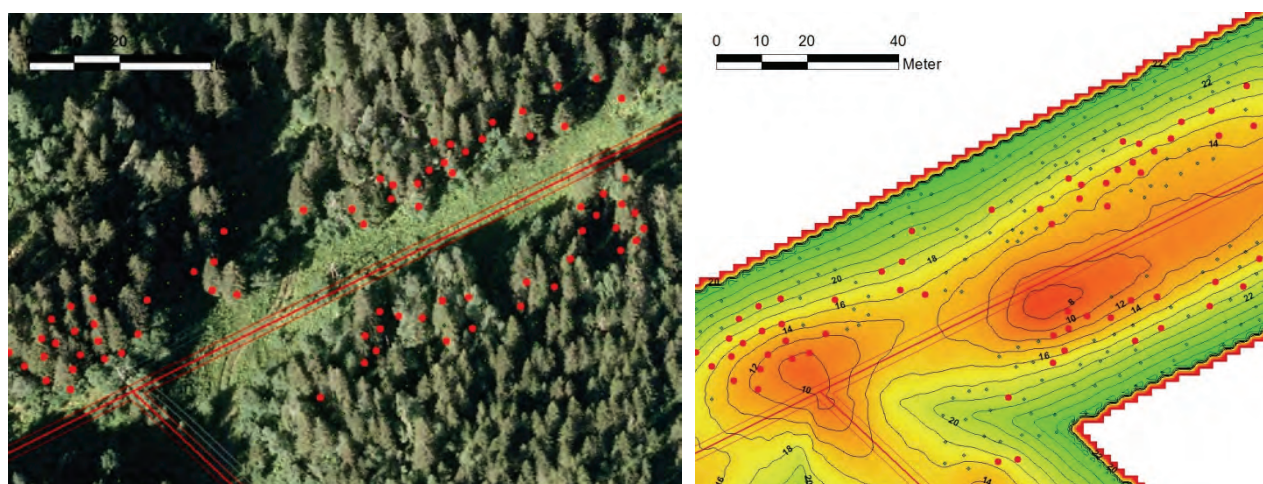
Tabell 19. Antall trær innenfor ulike avstander til senterlinje, pilotstudie 1600 meter Nordland

3D avstand til senterlinje	Antall trær per høydeklasse					Total
	0-5 m	5-10 m	15-20 m	20-25 m	25-30 m	
<4.5 meter			4	2		6
<6 meter	1	8	45	1		55
<7.5 meter	3	30	66	5	1	105
9.0 meter	10	74	74	2		160
Sum	14	112	189	10	1	326

Tabell 20. Antall kubikkmeter innenfor ulike avstander til senterlinje, pilotstudie 1600 meter Nordland

Avstand til senterlinje	Volum pr høydeklasse					Total
	0-5 m	5-10 m	15-20 m	20-25 m	25-30 m	
<4.5 meter			0,7	1,1		1,7
<6 meter	0,0	0,4	6,6	0,6		7,6
<7.5 meter	0,1	1,4	8,1	3,2	1,4	14,1
9.0 meter	0,2	3,1	9,7	1,5		14,6
Sum	0,3	4,9	25,1	6,4	1,4	38,0

Figur 18 viser trær som vil falle innenfor 3 meter fra fas ved fall rett mot ledningen og avstander bakke-fas som gir maks tillatte høyde på trærne uten sikkerhetsmargin løpende under linja. Dette kartet viser hvor det er farligst, det vil si hvor kabelen henger lavt over terrenget. Kartet viser også hvor det aldri blir farlig på grunn av terrengets avstand til ledning. Hvis vi ser på avstandskartet at avstanden til kabelen er større enn 30 meter og vi vet at trærne aldri blir over 27 meter, er dette et nullområde for skogrydding fordi trærne ikke kan falle over linja eller komme i konflikt med avstandskravet på 3 meter.



Figur 18. Trær som kan falle over linja. Rødt punkt betyr at treet vil falle nærmere enn 3 meter fra linja hvis den faller direkte mot linja. Bakgrunn fra Norge i bilder til venstre (trærne og linjene er forskjøvet på flybildet pga parallakse). Bildet til høyre viser avstand fra bakke-fas som er fra 8 meter (rødt) og oppover (grønt). Kurvene viser avstand til fas.

Tabell 21 viser trær som vil falle nærmere enn en 3-meters sikkerhetsmargin hvis de faller rett på linja. I alt kan 454 trær falle på linjene i dette strekket på 1600 meter. Hvis man rydder til 15 meter, reduseres

antall trær som kan falle på linja med 32 %, men det vil det fortsatt stå igjen $79 + 230 = 309$ trær som kan falle på linja. Tabell 22 viser hvordan trærne fordeler seg på ulike høydeklasser.

Tabell 21. Fallanalyse i pilotstudie for 1600 meter 22kV Nordland. Antall trær i avstand til senterlinje

Farlig?**	3D avstand*					Totalt
	<4.5 meter	<6 meter	<7.5 meter	<9.0 meter	>9.0 meter	
Nei (treffer ikke)		2	19	81	1992	2094
Ja (treffer hvis faller)	6	53	86	79	230	454
Totalt	6	55	105	160	2 222	2548

*3D avstand av en del av treet til senterlinjen.

**Fall-analyse er gjort med 3 meter ekstra sikkerhetsmargin.

Tabell 22. Fallanalyse i pilotstudie for 1600 meter 22kV Nordland. Antall trær pr høydeklasse.

Farlig?	Antall trær per høydeklasse					Totalt
	0-5 m	5-10 m	15-20 m	20-25 m	25-30 m	
Nei (treffer ikke)	187	907	957	33		2 094
Ja (treffer hvis faller)		53	337	63	1	454
Total	187	960	1304	96	1	2 548

4.5 MILJØKONSEKVENSER AV SKOGRYDDING I KRAFTGATENE

Etablering av kraftgater påvirker miljøet. Eldegaard et al. (2011) analyserte hvilke effekter bredde, alder, skjøtsel og plassering av kraftgater hadde på biologisk mangfold. De fant en høyere andel av gress og løvfellende busker i kraftgatene enn i sideskogen, mer røsslyng og mindre blåbær. Det var flere planteetende og pollinerende insekter i kraftgatene enn i skogen og høyt innslag av død ved i kraftgatene ga flere billearter knyttet til død ved i kraftgatene enn i sideskogen. Resultatene fra prosjektet tydet på høyere artsrikdom av insekter i kraftgatene, men lavere diversitet av fugler. De fant også at biodiversiteten av planter og fugler er relatert til bredden på kraftgatene. For planter avtar diversiteten med økende bredder opp til ca. 40 meter, for deretter å øke med økende bredder i intervallet 50-70 meter. For fugler var det høyere diversitet i gater smalere enn 50 meter. Artsrikdom og biodiversitet av planter øker med økende trehøyde og tetthet i kraftgatene opp til gjennomsnittshøyde på 3,5-4 meter, makshøyde 6-7 meter og tetthet på 1,7-2 trær pr m², for deretter å avta. Resultatene viser at etablering av kraftgater medfører betydelige endringer i artsrikdom og biodiversitet og at endringene påvirkes av bredde og ryddepraksis.

Etablering av nye kraftledninger påvirker også bebyggelse, naturlandskap, kulturmiljø, friluftsliv og turisme. Anleggenes synlighet avhenger av type anlegg (spenning, mastetype og linekonfigurasjon), topografi, vegetasjon og hvorvidt den er eksponert fra områder hvor mennesker ferdes. Ledninger i sentralnettet har høyere master og dermed økt synlighet, men etableres ofte i større avstand til bebyggelse enn kraftledninger i distribusjons- og regionalnettet. Det er dessuten flere master per kilometer på lavere spenningsnivåer enn i sentralnettet. Trasévalg, kamuflasjetiltak og mastedesign ved etablering av nye

linjer blir vurdert i Stortingsmelding nr. 14 (2011-2012)¹⁴. I NVE-rapport 4/2008¹⁵ gir en landskapsfaglig evaluering og teknisk gjennomgang av kamuflering av kraftledninger. Tilpasninger og begrensninger av skogryddinga er viktige tiltak for å begrense innsynet mot kraftledningen. Data om vekstforhold og avstander fra bakke-fas, samt systemer for kommunikasjon med de som utfører skogryddinga, er viktig for å kunne gjøre slike tilpasninger.

En del av nettutbyggingen i Norge er spenningsoppgraderinger som påvirker miljø og landskapsbildet mindre fordi de går i eksisterende trasé, selv om det ofte innebærer større master og bredere ryddegater.

4.6 KABLING FOR Å REDUSERE UTFALL FRA VEGETASJON

I følge St. Melding nr 13 (2011-2012) er 39 % av 1-22 kV distribusjonsnett, 8 % av regionalnettet og 3% av sentralnettet kablet. Kabling av strømmettet kommer ofte opp som tema i etterkant av større hendelser eller for å sikre andre interesser slik som miljø, estetikk osv. Kabling oppfattes ofte som mindre konfliktfylt enn luftlinjer. Dette gjelder spesielt der det i teorien kan kables i sjø, eller kabel kan legges i løsmasser i eller langs annen infrastruktur. Kabling i fjellterreng med behov for sprengning og av de høyeste spenningsnivåene innebærer omfattende naturinngrep, med store konsekvenser for naturmangfold og landskap. Det er ofte ikke så enkelt at man kan erstatte en luftlinje som beveger seg i en eller ubebyggt dalside med en kabel på samme sted. Selv om kabelen er vesentlig mer beskyttet mot vind og trefall kan den fortsatt få skader av ulike forhold. Nettselskapet må derfor kunne få tilgang til denne kabelen når som helst på året. Kabling må derfor i større grad legges i nærheten av eksisterende vei for å sikre effektiv reparasjonsmuligheter. Dette medfører at kablene ofte vil bli vesentlig lengre enn et tilsvarende luftspenn. Med tanke på at kabling i utgangspunktet også er mer kostbart enn luftspenn, vil ofte kost/nyttevurderingene være negative i forhold til å vurdere kabling. Ved kabling kan det være nødvendig å bygge veier for å sikre adkomst til kabletraseen, slik at naturinngrepet kan bli større enn ved luftspenn.

Kabling kan være et aktuelt tiltak i særlig utsatte områder når virksomhetens risiko- og sårbarhetsanalyse viser at dette kan være fornuftig ut fra hensyn til forsyningssikkerheten. Den enkelte virksomhet må derfor vurdere dette som et alternativ til mer tresikre linjer når de stedegne forholdene tilsier dette.

¹⁴ Meld. St. 14 (2011-2012). Vi bygger Norge- om utbygging av strømmettet.

¹⁵ Skaug, A og Johnson, N.H. 2008: Kamuflasjetiltak på kraftledninger. Se:

http://webby.nve.no/publikasjoner/rapport/2008/rapport2008_04.pdf

5 ANBEFALINGER

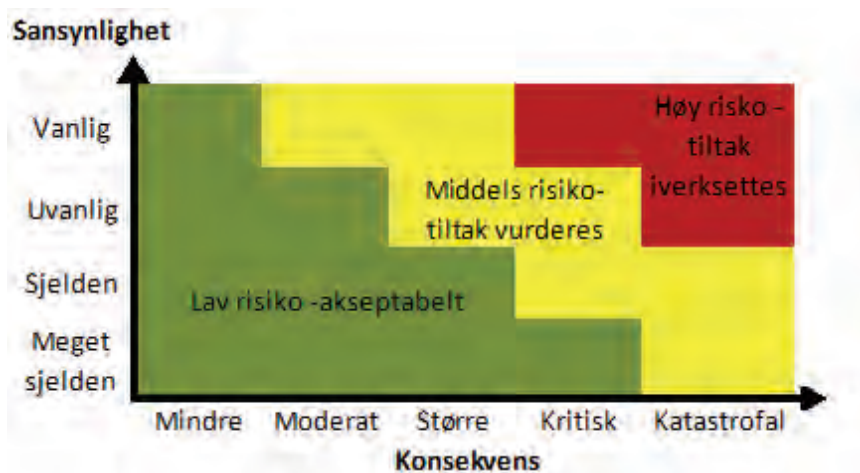
5.1 KOMPETANSE OG SYSTEMATIKK I PLANLEGGING OG OPPFØLGING AV SKOGRYDDINGA

Som vist over har det vært en økende innsats med skogrydding de siste årene og det er få nettselskap som forventer en nedgang i denne innsatsen de nærmeste årene. Både ressursbruken og konsekvensene av trefall tilsier at kompetansen og systematikken knyttet til skogrydding bør styrkes i mange nettselskap.

Sannsynligheten for utfall og konsekvensene av utfall varierer mye i nettet. Risiko og sårbarhetskriterier bør derfor bli mer styrende for skogryddinga, spesielt for tiltak utenfor klausulert bredde. Følgende vurderinger kan være et utgangspunkt for risiko- og sårbarhetsanalyse av nettet:

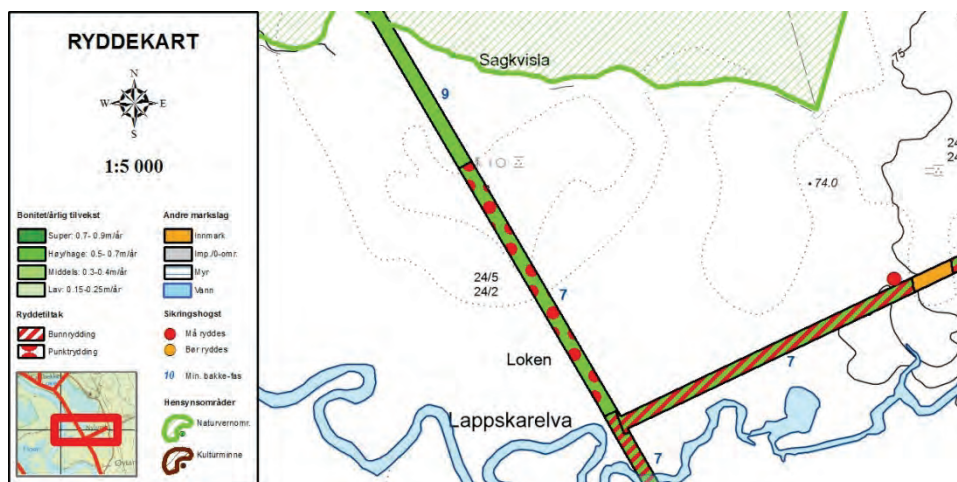
1. For hvilke linjer er konsekvensene av utfall størst?
⇒ Viktige kunder, mange kunder, manglende redundans osv. Konsekvensklasser og akseptkriterier
2. Hvilke linjer er mest utsatt for utfall?
⇒ Tidligere hendelser, eldre skog, hoh., topografi osv.
3. Hva er kostnadene ved utbedringer av utfall?
⇒ Tilgang til linjene, type trær som faller på
4. Hva er kostnadene ved tresikre linjer, sikringshogst og utbedring etter utfall?
⇒ Kartlegging og analyse
5. Plan og tiltak

Ut fra en slik analyse kan nettet deles i ulike tiltaks- eller risikoklasser, for eksempel ut fra en risikomatrise som vist i figur 19. "Røde linjer" kan f.eks. gjøres tresikre etter en tidsplan, i "gule linjer" reduseres sannsynligheten for trefall gjennom mer sikringshogst, men for "grønne linjer" hogges det bare trær utenfor klausulert bredde når trærne er åpenbart svekket eller påvirket av omliggende hogst.



Figur 19. Risikomatrise for inndeling av nettet.

Variasjon i topografi og jordbunnsforhold gjør at årlig lengdevekst kan variere mye under samme linje. På tørre fururabber vokser kanskje trærne med 10-20 cm årlig, mens askerenninger i jordekanter kan vokse med mer enn 2 meter pr år. Avstanden fra bakke fas varierer også mye avhengig av terreng. Minsteavstanden til fas på 3 meter til blanke linjer gjør dermed at enkelte områder kanskje krever rydding annethvert år, mens andre områder kan stå i kanskje 20 år. Maksimal ryddedefrekvens kan derfor variere 2-4- år til kanskje 20 år i samme linje. Ved å utarbeide ryddeplaner basert på vekstforhold og bakke-fas, kan nettselskapet fange opp denne variasjonen og unngå unødvendig rydding av områder med lav tilvekst, samt få kontroll på kritiske punkter. Slik at opparbeidet lokalkunnskap settes i system. Selektiv rydding gjør at rydding pr arealenhet kan bli dyrere, men redusere samlet rydding og kostnader over tid. Slik informasjon gjør det også mulig å spare sentvoksende vegetasjon når avstanden bakke-fas tillater dette og slik gi et miljømessig bedre resultat. Spesielt på større linjer vil det være mulig drive en mer stedstilpasset skogrydding. Bruk av GIS og håndholdte datamaskiner med GPS gjør bruk av ryddeplaner, tilbakemeldinger og kontroll enklere å gjennomføre.



Figur 20. Eksempel på ryddeplan for 22 kV

Spørreundersøkelsen i nettselskapene viste at det mangler tilgang på skogfaglig kompetanse til planlegging og oppfølging av skogrydding i mange selskaper. Risikovurderinger, ryddeplaner og bedre dialog og samarbeid med skogbruk og grunneiere, tilsier at nettselskapene i større grad bør knytte til seg skogfaglig kompetanse. Skogryddinga bør også organiseres slik at ansvaret ikke spres på mange ansatte som får skogrydding som en av mange oppgaver og slik ikke får tilstrekkelig oppmerksomhet.

5.2 ENDRINGER I RYDDEOPPLEGGET

5.2.1 Ryddebredder

En ryddebredde som akkurat er på minimum i forskriftskravet innebærer et behov for stadig oppkvisting av stammer på kanttrær. Dette er et dyrt tiltak og innebærer at trærne svekkes og blir mer utsatt for vindfall. Lengden på greiner på kanttrær i produktive gran- og furubestand, vil ofte strekke seg 3 meter ut fra stammen. I eldre lauvskog vil greinene ofte strekke seg enda lengre ut fra stammen. Dette innebærer at ryddebredden bør være fra 1,5-3 meter utover forskriftskravet og slik gi ryddebredder på 12-15 meter ved

uisolert 22 kV linje. I lavproduktive områder og områder dominert av barskog vil 12 meter være en hensiktsmessig bredde, mens i produktive områder med større lauvtrær, vil bredder på 15 meter være hensiktsmessig. Prosesskostnadene ved utvidelser er betydelige og utvidelser gir en sårbar kant. Det gjør at ryddebredden ikke bør utvides dersom den allerede er 12 meter. Dersom eksisterende bredde er 9 meter, bør utvidelse til minimum 15 meter vurderes fordi kostnadene til taksering, grunneierkontakt og tinglysning er lite avhengig av ryddebredden. En ryddebredde på 15 meter gir også mulighet til å lage en mer stabil kant ved å tillate halvstore og sentvoksende trær i overgangen mellom bunnryddet sone og sideskogen.

5.2.2 Rydding innenfor klausulert bredde

DSB skriver i sin tilsynsrapport for 2011 at ”det er fortsatt nødvendig å sette fokus på vedlikehold av lavspennings ledningsanlegg, herunder skogrydding i disse ledningstraseene og skogrydding på veilysanlegg. Virksomhetenes kontroll av høyspenningslinjer fungerer tilfredsstillende. Bruk av helikopter ved befarer er fortsatt økende”. Som vist i spørreundersøkelsen ser det ut til at nettselskapene i stor grad har kommet à jour når det gjelder bunnrydding. Likevel vil trolig mer systematikk i ryddeopplegget gjøre det lettere å oppfylle avstandskravene, gi lavere kostnader og også gi bedre miljøtilpasning på større linjer. En mer systematisk rydding av lavspent med ryddedefrekvenser basert på veksterlighet vil også gi større utbytte av ressursbruken.

5.2.3 Rydding utenfor klausulert bredde

Trær i Norge kan bli over 30 meter høye når vekstforholdene er gode. Tresikre linjer innebærer derfor ryddebredder på 40-60 meter også for de minste høyspentanleggene. Både kostnader og miljøeffekter tilsier at ikke hele høyspenningsnettet kan gjøres tresikkert. Høye kostnader for nettselskapene ved ikke levert energi og kostnader med utbedringer etter trefall, samt konsekvenser for sluttbruker og beredskapssituasjonen, tyder samtidig på at det bør gjøres en større innsats med å redusere omfanget av avbrudd fra trær.

Stabiliteten i kantskogen varierer med skogtype, topografi og jordbunnsforhold. Stabiliteten påvirkes ved hogst av nærliggende trær og kan endres over tid pga. råte og skader. Et eldre stående tre har tålt tidligere storm og snøfall, og er slik sett i utgangspunktet nokså stabilt. Det er derfor viktig å vurdere om det har foregått endringer i eller rundt slike trær som påvirker risikoen. Ekstremvær og sterk vind fra nye retninger i kombinasjon med milde vintre eller våt snø som fryser på trærne, gjør at risikoen for trefall bare kan reduseres og ikke elimineres ved sikringshogst etter risikovurdering av trærnes stabilitet. Det er sentralt at sikringshogsten ikke skaper økt risiko for gjenstående trær og i en del tilfeller vil ”alt eller intet” være det beste alternativet.

Viktige linjer bør gjøres tresikre ved å vurdere trehøyder og avstand til fas. Når sideskogen har trær av varierende høyde, kan linja gjøres tresikker for en bestemt tidsperiode ved bare å hogge de trærne som kan falle på linja innenfor en tidsperiode på f. eks 10 til 20 år. Dette gir en sideskog med varierende

trehøyder. På strekk gjennom skog med høy bonitet/tilvekst eller mer ensaldret skog, vil mer omfattende hogst og hyppigere inngrep være nødvendig for å gi tresikker linje. I slike tilfeller vil tinglyste avtaler og erstatning til grunneier for tap av fremtidige inntekter være påregnelig. Kostnadene for tresikre linjer vil variere med de skoglige forholdene. Permanente utvidelser med tinglyste avtaler vil ofte gi samlede kostnader i størrelsesorden det dobbelte av kostnadene for en mer selektiv kanthogst basert på engangsavtaler.



Bilde 7. Sårbart regionalnett. Foto: Kristian Sommerstad

5.3 ORGANISERING OG SAMARBEID

Pga. sikkerhetsproblematikken settes det ofte igjen skog inntil linjene. Dette gir en sårbar kant med fare for vindfelling på linja, samtidig som skogeier taper volum og får vindfallutsatt skog på sin side. I tillegg gjennomføres en del hogst i umiddelbar nærhet til linja, med fare for skade og strømutfall under hogstarbeidet.

Vi kontaktet et utvalg skogeierforeninger og skogsmaskinentreprenører i ulike deler av landet for å få synspunkter på denne på problematikken. Vi fant følgende:

- Det er ulik praksis og kommunikasjonen mellom nettselskap og entreprenør varierer
- Entreprenørene har i liten grad digital informasjon om hvor nettet befinner seg
- Vanskelig skog inn mot linjene settes ofte igjen

Ut fra undersøkelsen vil vi anbefale at nettselskapene:

- Sørger for at skogeierforeninger, driftsselskaper og skogsentreprenører har oppdatert informasjon om hvor nettet befinner seg, hvilke prosedyrer som gjelder og hvor de skal henvende seg før hogst mot linjer
- Bidrar til økt dialog og informasjon mellom skogeier/entreprenør og nettselskap

- Er tydelige på at de ønsker hogst inn mot linjene og at de tar eventuelle merkostnader og risiko dette innebærer
- Sendt ut sikkerhetsmann under drift/felling uten kostnad for entreprenør eller skogeier når dette er påkrevet
- Nettselskapene bør vurdere å dekke kostnader som driftskostnader eller kompensasjon for tapt skogproduksjon for å få hogst av risikoutsatt skog langs viktige linjer

Nettselskapene gir i dag informasjon om skogrydding gjennom annonse i aviser, ofte kombinert med informasjonsskriv som legges i postkassa til grunneier av ryddemannskapene før rydding. I en del tilfeller praktiseres varsling pr brev til berørte grunneiere. Mer og bedre informasjon til grunneiere og hageeiere om hvilke krav som gjelder kan trolig bidra til at hageeiere i større grad unngår å plante og la trær og busker vokse for nærme ledningsnettet. Direkte varsling om skogrydding pr brev eller direkte i postkassa med informasjon om krav, utførelse og kontaktpersoner vil erfaringsmessig gi en enklere ryddeprosess.

Stor variasjon i både skoglige forhold og linjenes betydning gjør det ikke hensiktsmessig å fastsette ytterligere eksakte krav til utførelsen av skogryddinga enn avstandskravene som gjelder i henhold til forsyningsforskriften. NVE bør vurdere å stille krav om risiko- og sårbarhetsanalyser knyttet til vegetasjon og forsyningssikkerhet om strategier og planer for skogryddinga som et resultat av disse analysene.

5.4 KONKLUSJONER

- Vegetasjon er en viktig årsak til lengre avbrudd og ikke levert energi i Norge. Mer skog og klimaendringer gjør at vegetasjon fortsatt vil være en viktig utfordring for kraftbransjen i årene som kommer.
- Stor variasjon i både skoglige forhold og linjenes betydning gjør det ikke hensiktsmessig å fastsette ytterligere eksakte krav til utførelsen av skogryddinga enn gjeldende avstandskrav.
- Bedre informasjon og kommunikasjon med skogsentreprenører og grunneiere kan redusere avbruddene fra vegetasjon på en kostnadseffektiv måte.
- Fordelings- og distribusjonsnettet kan ikke bli tresikkert i ekstremvær, men avbruddene knyttet til vegetasjon kan reduseres og deler av nettet bør gjøres tresikkert.
- Risiko- og sårbarhetsanalyser bør bli mer styrende for skogryddinga, spesielt for tiltak utenfor klausulert bredde.
- Myndigheten bør initiere og påse mer kompetanse og systematikk rundt skogrydding i kraftbransjen for å bedre forsyningssikkerheten.

Referanser

- Ancelin, P., Courbaud, B. & Fourcaud, T. (2004). Development of an individual tree-based mechanical model to predict wind damage within forest stands. *Forest Ecology and Management*, 203 (1–3): 101-121.
- Blennow, K. & Olofsson, E. (2008). The probability of wind damage in forestry under a changed wind climate. *Climatic Change*, 87: 347-360.
- Coutts, M. (1983). Root architecture and tree stability. *Plant and Soil*, 71 (1): 171-188.
- Eldegaard, K, Moe, S.R, Selås, V. 2011. Kraftgater som habitat: Effekter av bredde, alder, skjøtsel og plassering på biologisk mangfold. Årsrapport 2011. Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap.
- Fylkesmannen i Hedmark. (2012). *Skogskader etter Dagmar*.
<http://fylkesmannen.no/fagom.aspx?m=39384&amid=3558927> (lest 02.09.2012).
- Gardiner, B., Byrne, K., Hale, S., Kamimura, K., Mitchell, S. J., Peltola, H. & Ruel, J.-C. (2008). A review of mechanistic modelling of wind damage risk to forests. *Forestry*, 81 (3): 447-463.
- Hanssen-Bauer, I. & Haugen, J. E. (2007). Klimascenarier. I: Solberg, S. & Dalen, L. S. (red.) *Effekter av klimaendringer på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkningsmetoder: Viten fra Skog og landskap 3-2007*.
- Hanssen-Bauer, I., Drange, H., Førland, E. J., Roald, L. A., Børsheim, K. Y., Hisdal, H., Lawrence, D., Nesje, A., Sandven, S., Sorteberg, A., et al. (2009). Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpasning. Oslo: Norsk klimasenter.
- Holbrook, N. M. & Putz, F. E. (1989). Influence of neighbors on tree form: effects of lateral shade and prevention of sway on the allometry of *Liquidambar styraciflua* (Sweet Gum). *American Journal of Botany*, 76 (12): 1740-1749.
- James, K. R., Haritos, N. & Ades, P. K. (2006). Mechanical stability of trees under dynamic loads. *American Journal of Botany*, 93 (10): 1522-1530.
- Kyte, R.H. og Kjølle, G., 2012. Når ekstremvær rammer kraftnettet. *Energiteknikk* nr 3 2012 s 44-45.
- Larsson, J.Y, Hylen, G. 2007. Skogen i Norge. Statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge registrert i perioden 2000-2005. Viten fra Skog og Landskap 1/07
- Nicoll, B. C. & Ray, D. (1996). Adaptive growth of tree root systems in response to wind action and site conditions. *Tree Physiology*, 16 (11-12): 891-898.
- Nicoll, B. C., Achim, A., Mochan, S. & Gardiner, B. A. (2005). Does steep terrain influence tree stability? A field investigation. *Canadian Journal of Forest Research*, 35 (10): 2360-2367.
- Nicoll, B. C., Gardiner, B. A., Rayner, B. & Peace, A. J. (2006). Anchorage of coniferous trees in relation to species, soil type, and rooting depth. *Canadian Journal of Forest Research*, 36 (7): 1871-1883.
- Nielsen, C.N. (2001). Vejledning i styrkelse af stormfasthed og sundhed i nåletræbevoksninger. Dansk Skovbrugs Tidsskrift 4/01: 216-263.
- Olofsson, E. & Blennow, K. (2005). Decision support for identifying spruce forest stand edges with high probability of wind damage. *Forest Ecology and Management*, 207 (1–2): 87-98.
- Opatowski, I. (1944). On the form and strength of trees: Part I. The trunk. *Bulletin of Mathematical Biology*, 6 (3): 113-118.
- Orsander, M. (2003). *Skogsskötsel för att minimera stormfällning över järnväg*. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. 45 s.
- Peltola, H., Kellomäki, S. & Väisänen, H. (1999a). Model Computations of the Impact of Climatic Change on the Windthrow Risk of Trees. *Climatic Change*, 41 (1): 17-36.

- Peltola, H., Kellomäki, S., Väisänen, H. & Ikonen, V.-P. (1999b). A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce, and birch. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 647-661.
- Peltola, H., Kellomäki, S., Hassinen, A. & Granander, M. (2000). Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. *Forest Ecology and Management*, 135 (1–3): 143-153.
- Päätalo, M. L. (2000). Risk of snow damage in unmanaged and managed stands of Scots Pine, Norway Spruce and Birch. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15 (5): 530-541.
- Rich, R. L., Frelich, L. E. & Reich, P. B. (2007). Wind-throw mortality in the southern boreal forest: effects of species, diameter and stand age. *Journal of Ecology*, 95 (6): 1261-1273.
- Solberg, S. (2007). Effekter av klimaendringer på skogens helsetilstand - Abiotiske skader. I: Solberg, S. & Dalen, L. S. (red.) *Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkningsmetoder: Viten fra Skog og landskap 3-2007*.
- Solberg, S. & Dalen, L. S. (red.). (2007). *Effekter av klimaendringer på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkningsmetoder. Viten fra Skog og landskap: 3-2007*. 46 s.
- Solberg, S., Harstveit, K., Blennow, K., Olofsson, E., Heggem, E. S. & Timmermann, V. (2008). Storm og skogskader: risiko for stormskader i skog, og betydningen av skogbehandlingen. *Forskning fra Skog og Landskap*. 28 s.
- Statens Landbruksforvaltning. (2012). *Skogskader gir store utfordringer*.
<https://www.slf.dep.no/no/eiendom-og-skog/skogbruk/om-skogbruk/Skogskader+gir+store+utfordringer.16883.cms> (lest 01.09.2012).
- Sterken, P. (2005). *A guide for tree-stability analysis*.
- Valinger, E. & Fridman, J. (1997). Modelling probability of snow and wind damage in Scots pine stands using tree characteristics. *Forest Ecology and Management*, 97 (3): 215-222.
- Valinger, E. & Fridman, J. (2011). Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 262 (3): 398-403.
- Øyen, B.-H. (2002). Stormfelling av skog i Norge. *Glimt fra skogforskningen*, 2002 (9): 2.
- Øyen, B.-H. (2007). Risiko for stormfelling av gran i Vest-Norge. *Norsk Skogbruk*, 53 (7/8): 26-27.

VEDLEGG 1. SPØRREUNDERSØKELSE OM SKOGRYDDING I KRAFTSEKTOREN AUGUST/SEPTEMBER 2012.

DITT SELSKAP

* I hvilken landsdel har selskapet sitt nett?

- ☒ Midt- eller Nord-Norge
- ☒ Vestlandet
- ☒ Østlandet inkludert Agderfylkene

* Hva slags nett har ditt selskap?

Kryss av for alle aktuelle alternativ.

- ☐ Sentralnett
- ☐ Regionalnett
- ☐ HS fordeling 11/22 kV
- ☐ Lavspent

* Har dere skogfaglig kompetanse til administrasjon av skogryddingsvirksomheten?

- ☒ Ja, fast ansatt
- ☒ Ja, innleid kompetanse på flerårig kontrakt
- ☒ Nei, vårt selskap har ikke fast tilgang på skogfaglig kompetanse

Sentralnett.

Antall km luftnett. Kun hele tall.

Vennligst oppgi ca %-andel av sentralnettet som går over skogsmark:

Velg alternativ:

Regionalnett.

Antall km luftnett. Kun hele tall.

Vennligst oppgi ca %-andel av regionalnettet som går over skogsmark:

Velg alternativ:

HS 1-22kV

Antall km luftnett. Kun hele tall.

Vennligst oppgi ca %-andel av 1-22 kV-nettet som går over skogsmark:

Velg alternativ:

Lavspent.

Antall km luftnett. Kun hele tall.

Vennligst oppgi ca %-andel som går over skogsmark:

Velg alternativ:

Direkte kostnader til skogrydding (ryddekostnader) i regional-/sentralnett.

Kun hele tall.

Anslag for kostnader til skogrydding 2012, mill kr (reg/sent)		mill kr
Anslag for kostnader til skogrydding kr/km total linjelengde		kr pr km
Ca andel av kostnader til vedlikeholdsrydding		%
Ca andel av kostnader til kanthogst og utvidelser		%
Ca andel av kostnader til utbedring etter ekstremvær		%

Hvilken betydning har vegetasjon hatt for avbrudd i Regional/sentralnett i ditt selskap de siste 5 årene?

Regional/sentralnett:		% av antall langvarige avbrudd
som utgjør totalt		% av ikke levert energi

Direkte kostnader til skogrydding (ryddekostnader) i HS 1-22 kV.

Kun hele tall.

Anslag for kostnader til skogrydding 2012, mill kr (1-22kV)		mill kr
Anslag for kostnader til skogrydding kr/km total linjelengde		kr pr km
Ca andel til vedlikeholdsrydding		%

Ca andel til kanthogst og utvidelser %

Ca andel til utbedring etter ekstremvær %

Hvilken betydning har vegetasjon hatt for avbrudd i HS-nettet i ditt selskap de siste 5 årene?

1-22 kV: % av antall langvarige avbrudd

som utgjør totalt % av ikke levert energi

Direkte kostnader til skogrydding. (ryddekostnader).

Lavspenst

Kun hele tall.

Anslag for kostnader til skogrydding kr/km total linjelengde kr pr km

Ca andel til vedlikeholdsrydding %

Ca andel til opprydding etter ekstremvær %

Kostnader til skogrydding siste 5 år.

Lavspenst

☐ Sterkt økende (gjennomsnittlig mer enn 50% høyere enn i forrige 5-årsperiode)

☐ Økende

☐ Stabile

☐ Nedadgående

☐ Vet ikke

Kostnader til skogrydding siste 5 år.

HS 1-22 kV

☐ Sterkt økende (gjennomsnittlig mer enn 50% høyere enn i forrige 5-årsperiode)

☐ Økende

☐ Stabile

☐ Nedadgående

☐ Vet ikke

Ressursbehov neste 5 år.

Lavspenst

☐ Økende

☐ Stabile

☐ Nedadgående

☐ Vet ikke

Ressursbehov neste 5 år.

HS 1-22 kV

☐ Økende

☐ Stabile

☐ Nedadgående

☐ Vet ikke

SKADER FRA TRÆR I KRAFTNETTET

Gi en vurdering av betydningen av ulike årsaker til avbrudd fra trær i regional/eller sentralnettet de siste 5 årene.

	Lite viktig			Svært viktig		Vet ikke
	1	2	3	4	5	
Trær som vokser inn i fasene (manglende kant- eller bunnrydding)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Kantskog som legger seg på linjene	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Vindfall fra store stormer som Dagmar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Snøbrekk	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Vindfall på linjenettet ved uvær	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Andre årsaker til avbrudd fra trær:

Gi en vurdering av betydningen av ulike årsaker til avbrudd fra trær i HS distribusjonsnett (1-22kV) de siste årene.

	Lite viktig			Svært viktig		Vet ikke
	1	2	3	4	5	
Trær som vokser inn i fasene (manglende kant- eller bunnrydding)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Kantskog som legger seg på linjene	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Vindfall fra store stormer som Dagmar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Snøbrekk	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Vindfall på linjenettet ved uvær	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Andre årsaker til avbrudd fra trær:

Gi en vurdering av betydningen av ulike årsaker til avbrudd fra trær i lavspennetnettet de siste årene.

	Lite viktig			Svært viktig			Vet ikke
	1	2	3	4	5		
Trær som vokser inn i fasene (manglende kant- eller bunnrydding)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Kantskog som legger seg på linjene	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Vindfall fra store stormer som Dagmar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Snøbrekk	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
Vindfall på linjenettet ved uvær	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

Andre årsaker til avbrudd fra trær:

RYDDEBREDDER OG AVTALESTATUS

Ryddebredder i 1-22 kV nettet i dag.

Vær vennlig å angi aktuell total ryddebredde i % slik de praktiseres i dag.

Under 9 meter		%
9 meter		%
10-11 meter		%
12 meter		%
13-14 meter		%
15 meter		%
Varierende bredde pr linje		%
=		0

Avtalestatus i 1-22 kV-nettet

Skriftlig avtale / Skjønn		%
Skriftlige, minnelige avtaler		%
Ikke skriftlige avtaler		%
=		0

Avtalestatus i regional-nettet.

Skriftlig avtale / Skjønn		%
Skriftlige, minnelige avtaler		%
Ikke skriftlige avtaler		%
=		0

Planer om permanente utvidelser av ryddebredden i 1-22 kV-nettet.

Hvis dagens ryddebredde skal bestå svarer du det samme som er status i dag.

Vær vennlig å angi aktuell total ryddebredde i %.

Under 9 meter		%
9 meter		%
10-11 meter		%
12 meter		%
13-14 meter		%
15 meter		%
Varierende bredde pr linje		%
	=	0

Forebyggende skogrydding utenfor klausulert bredde i 1-22 kV-nettet

	Ja	Nei	Vet ikke
Vi foretar ofte hogst utenfor klausulert bredde i dag	☐	☐	☐
Enkelte linjestrekk skal gjøres tresikre i fremtiden	☐	☐	☐
Vi vil foreta mer hogst av risikotrær utenfor klausulert bredde i fremtiden	☐	☐	☐

Planer om permanente utvidelser av ryddebredden i regionalnettet.

☐ Alle linjer skal utvides med så mange meter (total bredde)

☐ Enkelte linjer skal utvides med så mange meter (total bredde)

☐ Dagens ryddebredder skal bestå

Forebyggende skogrydding utenfor klausulert bredde i regionalnettet

	Ja	Nei	Vet ikke
Vi vurderer å utvide ryddebredden i hele regionalnettet	☐	☐	☐
Enkelt linjer eller linjestrekk skal gjøres tresikre	☐	☐	☐
Vi vil foreta mer hogst av risikotrær utenfor klausulert bredde	☐	☐	☐

Ryddestrategier for HS- nettet, 1-22 kV.

Linjer eller linjestrekk ryddes basert på innmeldt behov fra linjebefaring

% av HS-nettet

Hele linjer ryddes etter årlige intervaller eller vedlikeholdsplaner

% av HS-nettet

Mer systematikk i skogryddinga vil gi bedre og billigere skogrydding	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Det bør lages detaljerte ryddeplaner for hele HS-nettet	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Kartlegging av vegetasjonen er viktig for leveringssikkerheten	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Analyser av konsekvenser av avbrudd bør bli mer styrende for skogryddinga	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ryddebredden i HS-nettet bør generelt økes	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Enkelte linjer bør gjøres tresikre	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Kabling er et kostnadseffektivt tiltak for å øke leveringssikkerheten i skogområder	☐	☐	☐	☐	☐	☐
DSB bør ha oftere eller mer omfattende tilsyn av skogryddingsaktiviteten	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Avslutningsvis, hvilke andre tiltak knyttet til vegetasjon mener du er viktige for å redusere kostnadene eller øke leveringssikkerheten knyttet til vegetasjon i kraftnettet?

Utgitt i Rapportserien i 2012

- Nr. 1 Kvikkleireskred ved Esp, Byneset i Trondheim. Kari Øvrelid (20 s.)
- Nr. 2 Årsrapport for tilsyn 2011 (40 s.)
- Nr. 3 Første inntrykk etter ekstremværet Dagmar, julen 2011 (28 s.)
- Nr. 4 Energy consumption. Energy consumption in mainland Norway (59 s.)
- Nr. 5 Climate change impacts and uncertainties in flood risk management: Examples from the North Sea Region (62 s.)
- Nr. 6 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 4. kvartal 2011. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.) (86 s.)
- Nr. 7 Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettet 2012. Inger Sætrang (53 s.)
- Nr. 8 Flomrisikoplan for Gaula ved Melhus. Et eksempel på en flomrisikoplan etter EUs flomdirektiv (78 s.)
- Nr. 9 Inntak Viddal – FoU-prosjekt på tilbakespyling. Sluttrapport. Jan Slapgård (31 s.)
- Nr. 10 Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft 2011 (15 s.)
- Nr. 11 Flomsonekart: Delprosjekt Ålen: Kjartan Orvedal, Julio Pereira
- Nr. 12 NVEs årsmelding 2011
- Nr. 13 Vannet vårt. Hydrologi i Norge 2011
- Nr. 14 Capacity building in Hydrological Services Course in Water Level recording and Data Processing at Ministry of Water and Energy 13th – 16th February 2012. Documentation (23 s.)
- Nr. 15 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett. Drift og formidling 2011. Jonatan Haga og Per Alve Glad (40 s.)
- Nr. 16 Challenges in Flood Risk Management Planning. An example of a Flood Risk Management Plan for the Finnish-Norwegian River Tana. Eirin Annamo (59 s.)
- Nr. 17 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 1. kvartal 2012. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.)
- Nr. 18 Eksempelsamling. Risiko- og sårbarhetsanalyser for kraftforsyningen
- Nr. 19 Annual Report 2011 The Norwegian Energy Regulator
- Nr. 20 Flomberegning for Levangselva. Lars-Evan Pettersson
- Nr. 21 Driften av kraftsystemet 2011. Karstein Brekke (red.)
- Nr. 22 Annual report 2009 The cooperation between the Norwegian Agency for Development Cooperation (Norad), the Ministry of Foreign Affairs (MFA) and the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE)
- Nr. 23 Flaumsonekart. Delprosjekt Naustdal Siss-May Edvardsen, Camilla Meidell Roald
- Nr. 24 Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak 2011
- Nr. 25 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 2. kvartal 2012. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.)
- Nr. 26 Glimt fra NVEs historie. Per Einar Faugli
- Nr. 27 Glimses from the history of NVE. Per Einar Faugli
- Nr. 28 Regiontjenesten 100 år. Per Einar Faugli
- Nr. 29 Flomsonekart. Delprosjekt Vigeland. Per Ludvig Bjerke og Julio Pereira
- Nr. 30 Energibruksrapporten 2012. Energibruk i husholdningene.
- Nr. 31 Flom og stor vannføring forårsaket av ekstremværet Frida august 2012
- Nr. 32 Bioressurser i skog – kartlegging av økonomisk potensial.
Even Bergseng, Tron Eid, Per Kristian Rørstad og Erik Trømborg, UMB
- Nr. 33 Naturfareprosjektet: Kvikkleireworkshop. En nasjonal satsing på sikkerhet i kvikkleireområde.
Teknologidagene, Trondheim, 2012
- Nr. 34 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Datarapport for Kvikkleireskred ved Esp i Byneset i januar 2012
- Nr. 35 Naturfareprosjektet: Skredvarsling, beredskap og sikring Erfaringer fra studietur til Ministry of Transportation (British Columbia) og Canadian Avalanche Center Teknologidagene, Trondheim, 2012
- Nr. 36 Tid for ny markedsdesign? Finn Erik Ljåstad Pettersen, Anne Sofie Ravndal Risnes

- Nr. 37 Flomberegning for Fagernes (012.LZ). Ingeborg Kleivane
- Nr. 38 Inventory of Norwegian glaciers. Liss M. Andreassen and Solveig H. Winsvold (Eds.)
- Nr. 39 Totalavløpet fra Norges vassdrag 1900-2010. Lars-Evan Pettersson
- Nr. 40 Naturfareprosjektet: Programplan 2012-2015 for etatsprogrammet
"NATURFARE – infrastruktur, flom og skred (NIFS)"
- Nr. 41 Vinden som blåste i fjor. Hvor sterk var Dagmar?
- Nr. 42 Kartlegging av grunnvannsressurser. Dimakis Panagotis
- Nr. 43 Kvartalsrapport for kraftmarknaden 3. kvartal 2012. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.)
- Nr. 44 Isstorm. Ising på kraftforsyningsnettet. Roger Steen (red.)
- Nr. 45 Trær til besvær. Lærdommer om skogrydding i etterkant av ekstremværet Dagmar



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

