



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Skogens helsetilstand i Norge

## Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2022

NIBIO RAPPORT | VOL. 9 | NR. 132 | 2023



Volkmar Timmermann <sup>1)</sup>, Isabella Børja <sup>1, 10)</sup>, Nicholas Clarke <sup>2)</sup>, Jostein Gohli <sup>3)</sup>, Ari Hietala <sup>1)</sup>, Jane Uhd Jepsen <sup>7)</sup>, Paal Krokene <sup>4, 10)</sup>, Harald Haga Lislegård <sup>5)</sup>, Nina E. Nagy <sup>1)</sup>, Hans Nyeggen <sup>5)</sup>, Sverre Solberg <sup>8)</sup>, Halvor Solheim <sup>1)</sup>, Thomas Solvin <sup>5)</sup>, Arvid Svensson <sup>6)</sup>, Mari Mette Tollefsrud <sup>5)</sup>, Ole Petter L. Vindstad <sup>9)</sup>, Bjørn Økland <sup>3)</sup>, Wenche Aas <sup>8)</sup>

<sup>1)</sup> Soppsjukdommer i skog-, jord- og hagebruk, <sup>2)</sup> Biogeokjemi og jordkvalitet, <sup>3)</sup> Skadedyr og ugras i skog-, jord- og hagebruk, <sup>4)</sup> Molekylær plantebiologi, <sup>5)</sup> Skoggenetikk og foryngelse, <sup>6)</sup> Landsskogtakseringen (NIBIO), <sup>7)</sup> Norsk institutt for naturforskning (NINA), <sup>8)</sup> Norsk institutt for luftforskning (NILU), <sup>9)</sup> Norges Arktiske Universitet (UiT), <sup>10)</sup> Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)

## TITTEL/TITLE

Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2022

The state of health of Norwegian forests. Results from the national forest damage monitoring 2022

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Volkmar Timmermann, Isabella Børja, Nicholas Clarke, Jostein Gohli, Ari Hietala, Jane Uhd Jepsen, Paal Krokene, Harald Haga Lislegård, Nina E. Nagy, Hans Nyeggen, Sverre Solberg, Halvor Solheim, Thomas Solvin, Arvid Svensson, Mari Mette Tollefsrud, Ole Petter L. Vindstad, Bjørn Økland, Wenche Aas

|                   |                             |                               |                                |                                       |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| DATO/DATE:        | RAPPORT NR./<br>REPORT NO.: | TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY: | PROSJEKT NR./PROJECT NO.:      | SAKSNR./ARCHIVE NO.:                  |
| 17.11.2023        | 9/132/2023                  | Åpen                          | 10154                          | 17/02585                              |
| ISBN:             | ISSN:                       |                               | ANTALL SIDER/<br>NO. OF PAGES: | ANTALL VEDLEGG/<br>NO. OF APPENDICES: |
| 978-82-17-03376-9 | 2464-1162                   |                               | 80                             | 0                                     |

## OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

LMD

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Volkmar Timmermann

## STIKKORD/KEYWORDS:

Skogens helsetilstand, langtransporterte luftforurensninger, skogovervåking, ICP Forests, bjørkemålere, stor granbarkbille, furuved-nematode, askeskuddsyke, genressurser i ask, skogskader

Forest health, long-range transboundary air pollution, forest monitoring, ICP Forests, birch moths, *Ips typographus*, pine wood nematode, ash dieback, genetic resources in ash, forest damage

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Skoghelse

Forest health

## SAMMENDRAG

**Skogens helsetilstand** påvirkes i stor grad av klima og værforhold, enten direkte ved tørke, frost og vind, eller indirekte ved at klimaet påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep. Klimaendringene og den forventede økningen i klimarelaterte skogskader gir store utfordringer for forvaltningen av framtidens skogressurser. Det samme gjør invaderende skadegjørere, både allerede etablerte arter og nye som kan komme til Norge i nær framtid. I denne rapporten presenteres resultater fra skogskadeovervåkingen i Norge i 2022 og trender over tid for følgende temaer:

- (i) Landsrepresentativ skogovervåking;
- (ii) Intensiv skogovervåking;



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

- (iii) Overvåking av bjørkemålere i Troms og Finnmark;
- (iv) Barkbilleovervåkingen;
- (v) Furuvednematode;
- (vi) Askeskuddsyke;
- (vii) Andre spesielle skogskader i 2022.

GODKJENT / APPROVED

Birgitte Henriksen

\_\_\_\_\_  
NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER / PROJECT LEADER

Volkmar Timmermann

\_\_\_\_\_  
NAVN/NAME



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Sammendrag

**Skogens helsetilstand** påvirkes i stor grad av klima og værforhold, enten direkte ved tørke, frost og vind, eller indirekte ved at klimaet påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep.

Klimaendringene og den forventede økningen i klimarelaterte skogskader gir store utfordringer for forvaltningen av framtidens skogressurser. Det samme gjør invaderende skadegjørere, både allerede etablerte arter og nye som kan komme til Norge i nær framtid. I denne rapporten presenteres resultater fra skogskadeovervåkingen i Norge i 2022 og trender over tid.

I **den landsrepresentative skogovervåkingen** ble det registrert en liten nedgang i antall skader for alle treslag sammenlignet med året før. Hos gran ble det registrert hyppige snøbrekkskader på Østlandet, samt en del angrep av vanlig granbarrust, hos furu var det kraftige angrep av furubarveps, og hos bjørk av bjørkerust, mens antall målerskader på bjørk ble halvert sammenlignet med 2021. Kronetetthet hos gran og furu sank litt i 2022. Det ble som vanlig registrert svært lite misfarging hos begge treslagene.

I **den intensive skogovervåkingen** ble de høyeste nivåene av antropogent svovel- og uorganiske nitrogenforbindelser i luft målt i Birkenes som følge av langtransportert forurensing fra kontinentet. Tålegrensa for bakkenært ozon for skog ble ikke overskredet i Norge i 2022. Nedgangen i avsetning av ikke-marint sulfat i nedbør har ført til en nedgang i tilsvarende konsentrasjoner i jordvann. Vi ser likevel en tendens til noe økte aluminiumkonsentrasjoner og redusert pH i jordvann i de siste årene.

Fjellbjørkeskogen både i Nord-Norge og fjellregionene i sørlige halvdel av landet opplevde betydelige utbrudd av **bjørkemålere** i perioden 2012–2018. Bestandsovervåkingen i Troms viser at bestandene her begynte å kollapse rundt 2016, og har befunnet seg i en lavfase i perioden 2018–2021. Resultater fra overvåkingen i 2021 antydte at en ny bestandstopp var under oppbygging i deler av Troms og Nordland. De siste resultatene tyder imidlertid på at målerbestandene har gått tilbake igjen i disse regionene i 2022.

Alle fylkene som inngår i **barkbilleovervåkingen** hadde en nedgang i fellefangstene i 2022. Til tross for nedgangen var det fremdeles høye fellefangster noen steder i den boreonemorale vegetasjonssonen rundt Oslofjorden, særlig nord i Vestfold, og langs sørlandskysten. Antall barkbiller bygger seg gradvis opp til en topp 2–3 år etter store vindfelling eller tørkeepisoder. Etter toppen kommer det gjerne en tydelig nedgang. Om vindfellingene i november 2021 og tørken i 2022 på Østlandet får noen effekt på populasjonen av granbarkbiller, vil trolig først bli synlig om noen år.

**Furuvednematode** er en fryktet skadegjører med stort skadepotensiale på mange furuarter og er vanskelige å bekjempe etter etablering. Sannsynligheten for at furuvednematoden vil komme til Norge er høy, gitt nematodens evne til å spre seg mellom land ved hjelp av handelsvarer. I Norge har furuvednematode derfor blitt overvåket siden 2000.

I løpet av bare 10–12 år har **askeskuddsyken** spredt seg gjennom mesteparten av askas naturlige utbredelsesområde i Norge, fra Østfold opp til Trøndelag, hvor den allerede i 2018 ble påvist i verdens nordligste askeskog, Hindrum naturreservat i Indre Fosen. I hele landet har svært mange trær blitt syke og dødd, og ask er oppført som sterkt truet (EN) på Norsk rødliste for arter.

På våre **overvåkingsflater for askeskuddsyke** på Sør- og Østlandet var 80 % av asketrærne døde, ytterligere 8 % var sterkt skadde eller døende i 2022, og bare 5 % av de overvåkede trærne var fortsatt friske. På overvåkingsflatene på Vestlandet var 52 % av trærne døde, 15 % sterkt skadde eller døende og 20 % friske.

Vårt forsøk med oppfølging av **naturlig foryngelse av ask** viser høy mortalitet av småplanter i Fjugstad (47 %), mens den var lavere på Norderås (15 %). Andelen friske småplanter er redusert fra 99 % til 50 % i Fjugstad og fra 96 % til 79 % på Norderås fra 2019 til 2022.

Som et ledd i **genressursarbeidet for ask** startet vi i 2015 innsamling av frømaterialer fra friske asketrær. Plantene ble dyrket opp og plantet ut i to forsøk på Østlandet og et på Vestlandet i 2018. Hovedmålet med prosjektet er å identifisere individer/genotyper av ask som tolererer askeskuddsyken. Forsøkene utgjør også starten på et foredlingsprogram for ask i Norge. Fra 2020–2022 økte kroneskadene forårsaket av askeskuddsyke i alle tre forsøkene. I 2022 var det færre planter helt uten skader sammenlignet med 2020, særlig på Østlandet. Andelen planter som enten er døde eller alvorlig skadde var fremdeles relativt lav i alle forsøkene i 2022, men var høyere på Vestlandet enn på Østlandet.

De hyppigst rapporterte skadeårsaker i vår skogskadedatabase **Skogskader.no** gjennom 2022 var snø (42 %), storm (35 %), målere (6 %), hjortedyr (5 %), vanlig granbarrust (3 %), tørke (2 %) og frosttørke (2 %).

## Summary

**Forest health** is to a large extent affected by climate and weather conditions, either directly by e.g. drought, frost and wind, or indirectly when climate influences the occurrence and abundance of pests and diseases. Climate change and the expected increase in abiotic damage are challenging the future management of forest resources. The same is true for invasive damage agents, both species which are already established and species which can possibly migrate to Norway in the future. This report presents results from the Norwegian forest damage monitoring in 2022 and trends over time.

Crown condition and damage assessments on **the national large-scale Level I plots** showed a decrease in the number of recorded damage symptoms for all monitored tree species in 2022. Snow breakage in south-eastern Norway was the main cause of damage for spruce, and pine sawfly attacks for pine. Birch leaf rust was causing most damage in birch, whereas damage by birch moths was half that of the year before. Crown defoliation in spruce and pine had a small increase, while little discolouration was observed in both species in 2022.

At our **intensive Level II sites**, the highest levels of anthropogenic sulphur- and inorganic nitrogen-containing compounds in air were measured at Birkenes due to long-range transported air pollution. The UNECE's "critical value" of 5000 ppb-hours for tropospheric ozone in forests was not exceeded in Norway in 2022. The reduction in deposition of non-marine sulphate in precipitation has led to a corresponding significant reduction of non-marine sulphate in soil solution as well. We could, however, detect a tendency towards slightly increasing concentrations of aluminium and decreasing pH in soil solution.

**Monitoring of birch moths** has shown that extensive outbreaks of birch moths have taken place in the birch forests in northern Norway and in mountainous areas in southern Norway in the years 2012–2018. Results from the monitoring showed, however, that the birch moth populations started to collapse in Troms County in 2016, and populations have been at a low level in the period 2018–2021. Results from the monitoring in 2021 suggested that a new population peak was building up in parts of Troms and Nordland. However, the latest results indicate that the birch moth populations in these regions have declined again in 2022.

All counties included in the **Norwegian spruce bark beetle monitoring** reported a decline in pheromone trap catches in 2022. Despite the decline, there were still high trap catches in some places in the boreonemoral vegetation zone around the Oslo Fjord, especially in northern Vestfold, and along the coast of southern Norway. Spruce bark beetle populations gradually build up to a peak 2-3 years after large storm fellings or drought episodes. After the peak, there is usually a marked decline. Whether the storm fellings in November 2021 and the drought in 2022 in eastern Norway will have

any effect on the spruce bark beetle populations will probably first become apparent in a few years' time.

**The pinewood nematode** is a feared pest with great damage potential to many pine species and is difficult to control once established. Given the ability of the nematode to spread between countries through traded goods, the likelihood of the nematode entering Norway is high. In Norway, the pinewood nematode has therefore been monitored since 2000.

**Ash dieback** has spread through most of the distribution range of common ash in Norway in only 10–12 years, and was confirmed from the world's northernmost ash forest, Hindrum nature reserve, already in 2018. Many ash trees have been damaged and died throughout the country, and ash is now listed as endangered (EN) in the Norwegian Red List for Species.

In our five **ash dieback monitoring** plots in south-eastern Norway, 80% of all ash trees were dead in 2022, another 8% were severely damaged or dying, and only 5% of the monitored trees were still healthy. In the monitoring plots in western Norway 52% of the ash trees were dead, 15% were severely damaged or dying, and 20% were still healthy.

Our **monitoring of natural regeneration of ash** has documented high mortality of seedlings in Fjugstad (47%), while it was lower in Norderås (15%). The percentage of healthy seedlings has been reduced from 99% to 50% in Fjugstad and from 96% to 79% in Norderås from 2019 to 2022.

As part of our work on **genetic resources in ash**, we started collecting seed material from healthy ash trees in 2015. The seedlings were cultivated and planted in two trials in eastern Norway and one in western Norway in 2018. The main aim of the project is to identify individuals/genotypes of ash that can tolerate ash dieback. The trials are also the start of a breeding programme for ash in Norway. From 2020 to 2022, crown damage caused by ash dieback increased in all three trials. In 2022 there were fewer seedlings without damage compared to 2020, especially in eastern Norway. The proportion of seedlings that were either dead or severely damaged was still relatively low in all trials in 2022, but it was higher in western than in eastern Norway.

Most reports submitted to our database [Skogskader.no](https://skogskader.no) in 2022 concerned **forest damage** caused by snow (42%), storm (35%), birch moths (6%), deer (5%), spruce needle rust (3%), drought (2%), and frost-drought (2%).

# Forord

I denne rapporten presenteres resultater og analyser for 2022 samt utvikling og trender over tid fra skogskadeovervåkingen i Norge og andre overvåkingsprogrammer relatert til skog.

Bidragsterne kommer fra Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO, divisjonene Bioteknologi og plantehelse, Skog og utmark og Miljø og naturressurser), Norsk institutt for luftforskning (NILU), Norsk institutt for naturforskning (NINA) i Tromsø og Universitetet i Tromsø - Norges Arktiske Universitet (UiT).

Skogskadeovervåkingen i Norge er finansiert av Landbruks- og matdepartementet. Overvåkingen av småplanter for å dokumentere askas naturlige foryngelse og dens overlevelse og prosjektet «Genressurser i ask» er finansiert av Landbruksdirektoratet. Vi takker alle som har bidratt med sitt arbeid for å muliggjøre denne rapporten, inklusive andre forskere, teknikere, laboratoriepersonale og feltarbeidere ved de deltakende institusjonene, og lokale observatører som hver uke samler inn og sender prøver til oss. En spesiell takk rettes til Rune Eriksen, avd. Landsskogtakseringen, for tilrettelegging av data fra Landsskog, til Gro Wollebæk for korrekturlesning, til Hans Nyeggen, avd. Skoggenetikk og foryngelse, for overvåking av ask på Vestlandet og til grunneierne rundt om i Norge som har stilt sine eiendommer til rådighet for vår langsiktige overvåking.

Ås, 13.11.2023

Volkmar Timmermann

## Forfattere av kapitlene:

1. Landsrepresentativ skogovervåking: Volkmar Timmermann, Arvid Svensson
2. Intensiv skogovervåking:  
Trærnes kronetilstand: Volkmar Timmermann  
Kjemiske komponenter i luft: Wenche Aas, Sverre Solberg  
Kjemiske komponenter i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog: Nicholas Clarke
3. Overvåking av bjørkemålere i Troms og Finnmark: Ole Petter L. Vindstad, Jane Uhd Jepsen
4. Barkbilleovervåkingen 2022 – færre biller i hele landet: Paal Krokene, Jostein Gohli, Bjørn Økland
5. Furuvednematode: Jostein Gohli, Ari Hietala, Paal Krokene, Bjørn Økland
6. Askeskuddsyke:  
Spredning og utbredelse i Norge: Halvor Solheim, Volkmar Timmermann  
Overvåking på permanente flater: Volkmar Timmermann, Halvor Solheim, Isabella Børja  
Overvåking av askas naturlige foryngelse og dens overlevelse: Volkmar Timmermann, Isabella Børja, Nina Elisabeth Nagy  
Genressurser i ask: Mari Mette Tollefsrud, Thomas Solvin, Harald Haga Lislegård, Hans Nyeggen
7. Andre spesielle skogskader i 2022: Isabella Børja, Halvor Solheim

# Innhold

|   |           |
|---|-----------|
| Forord.....   | 7         |
| <b>1 Landsrepresentativ skogovervåking.....</b>                                       | <b>10</b> |
| 1.1 Innledning.....   | 10        |
| 1.2 Metoder.....  | 10        |
| 1.2.1 Overvåkingsflater .....   | 10        |
| 1.2.2 Registreringer.....   | 12        |
| 1.2.3 Utvalgsriterier til dataanalysen .....  | 13        |
| 1.3 Resultater .....  | 14        |
| 1.3.1 Kronetetthet.....   | 14        |
| 1.3.2 Misfarging .....  | 20        |
| 1.3.3 Skader.....   | 21        |
| 1.4 Diskusjon .....   | 26        |
| Litteraturreferanser.....   | 28        |
| <b>2 Intensiv skogovervåking .....</b>  | <b>29</b> |
| 2.1 Innledning.....   | 29        |
| 2.2 Metoder.....  | 29        |
| 2.2.1 Overvåkingsflater .....   | 29        |
| 2.2.2 Måleprogram .....   | 30        |
| 2.3 Resultater og diskusjon .....   | 32        |
| 2.3.1 Trærnes kronetilstand.....  | 32        |
| 2.3.2 Kjemiske komponenter i luft.....  | 33        |
| 2.3.3 Kjemiske komponenter i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog..... | 36        |
| Litteraturreferanser.....   | 38        |
| <b>3 Overvåking av bjørkemålere i Troms og Finnmark.....</b>                          | <b>40</b> |
| 3.1 Innledning.....   | 40        |
| 3.2 Metoder.....  | 40        |
| 3.3 Resultater .....  | 41        |
| 3.3.1 Bestandsovervåking .....  | 41        |
| 3.3.2 Innrapporterte skader.....  | 43        |
| 3.4 Diskusjon .....   | 45        |
| Litteraturreferanser.....   | 46        |
| <b>4 Barkbilleovervåkingen 2022 – færre biller i hele landet .....</b>                | <b>47</b> |
| 4.1 Bakgrunn.....   | 47        |
| 4.2 Synkende fangsttall i 2022-sesongen .....   | 47        |
| 4.3 Årsaker til synkende fangster i 2022 .....  | 49        |
| 4.4 Vil nye forstyrrelser gi nytt billeoppsving? .....                                | 49        |
| 4.5 Raskere oppformering i et varmere klima? .....                                    | 50        |
| Litteraturreferanser.....   | 50        |
| <b>5 Furuvednematode .....</b>  | <b>51</b> |
| 5.1 Furuvednematode og furubukk.....  | 51        |
| 5.2 Status i Europa.....  | 51        |



|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.3      | Introduksjon i Norge.....   | 52        |
| 5.4      | Overvåking i Norge .....  | 52        |
|          | Litteraturreferanser.....   | 53        |
| <b>6</b> | <b>Askeskuddsyke.....</b>   | <b>54</b> |
| 6.1      | Innledning.....   | 54        |
| 6.2      | Spredning og utbredelse i Norge .....                             | 56        |
| 6.3      | Overvåking på permanente flater .....                             | 57        |
| 6.3.1    | Metoder .....   | 57        |
| 6.3.2    | Resultater.....   | 57        |
| 6.3.3    | Diskusjon .....   | 59        |
| 6.4      | Overvåking av askas naturlige foryngelse og dens overlevelse..... | 61        |
| 6.4.1    | Metoder .....   | 61        |
| 6.4.2    | Resultater og diskusjon .....                                     | 63        |
| 6.5      | Genressurser i ask.....   | 67        |
| 6.5.1    | Metoder .....   | 67        |
| 6.5.2    | Resultater.....   | 68        |
| 6.5.3    | Diskusjon .....   | 72        |
|          | Litteraturreferanser.....   | 72        |
| <b>7</b> | <b>Andre spesielle skogskader i 2022 .....</b>                    | <b>74</b> |
| 7.1      | Innledning.....   | 74        |
| 7.2      | Metoder.....  | 74        |
| 7.3      | Resultater og diskusjon .....                                     | 74        |

# 1 Landsrepresentativ skogovervåking

Volkmar Timmermann og Arvid Svensson (NIBIO)

## 1.1 Innledning

I 1985 forpliktet Norge seg til å delta i og levere data til det Internasjonale samarbeidsprogrammet om overvåking av effekter av luftforurensninger på skog (ICP Forests). ICP Forests ble opprettet under FN-konvensjonen om langtransporterte, grenseoverskridende luftforurensninger (CLRTAP, nå Luftkonvensjonen). Programmet dokumenterer endringer i de europeiske skogenes helsetilstand og undersøker årsaksforhold. ICP Forests leverer også informasjon om flere indikatorer for bærekraftig skogbruk til FOREST EUROPE (Ferretti 2020). Denne informasjonen er meget viktig i utformingen av den globale skog- og miljøpolitikken. I programmet deltar 40 europeiske land samt Canada og USA, som alle bruker tilnærmet de samme metodene i henhold til en felles manual (UNECE 2022).

I programmet inngår mange forskjellige målinger på to nivåer: Intensiv overvåking (ICP Forests Level II) på subjektivt utvalgte skogflater i Europa (se kapittel 2), og overvåking i et representativt, systematisk 16x16 km nett med én overvåkingsflate pr. 256 km<sup>2</sup> (ICP Forests Level I). Til ICP Forests databasen rapporteres det årlig data fra ca. 100 000 trær på nærmere 6 000 europeiske flater i Level I nettverket. Det utarbeides årlige rapporter om skogtilstanden i Europa (Michel m.fl. 2023).

Overvåkingen på de landsrepresentative flatene i Norge er tilknyttet ICP Forests Level I nettverk. Data fra et utvalg av de nasjonale flatene rapporteres årlig til ICP Forests. Dermed bidrar Norge med informasjon om skogens generelle helsetilstand i tid og rom, og om skadegjøreres forekomst og utbredelse i Europa. I 2022 inngikk data fra 627 norske flater i den europeiske rapporten om skogens helsetilstand (Timmermann m.fl. 2023).

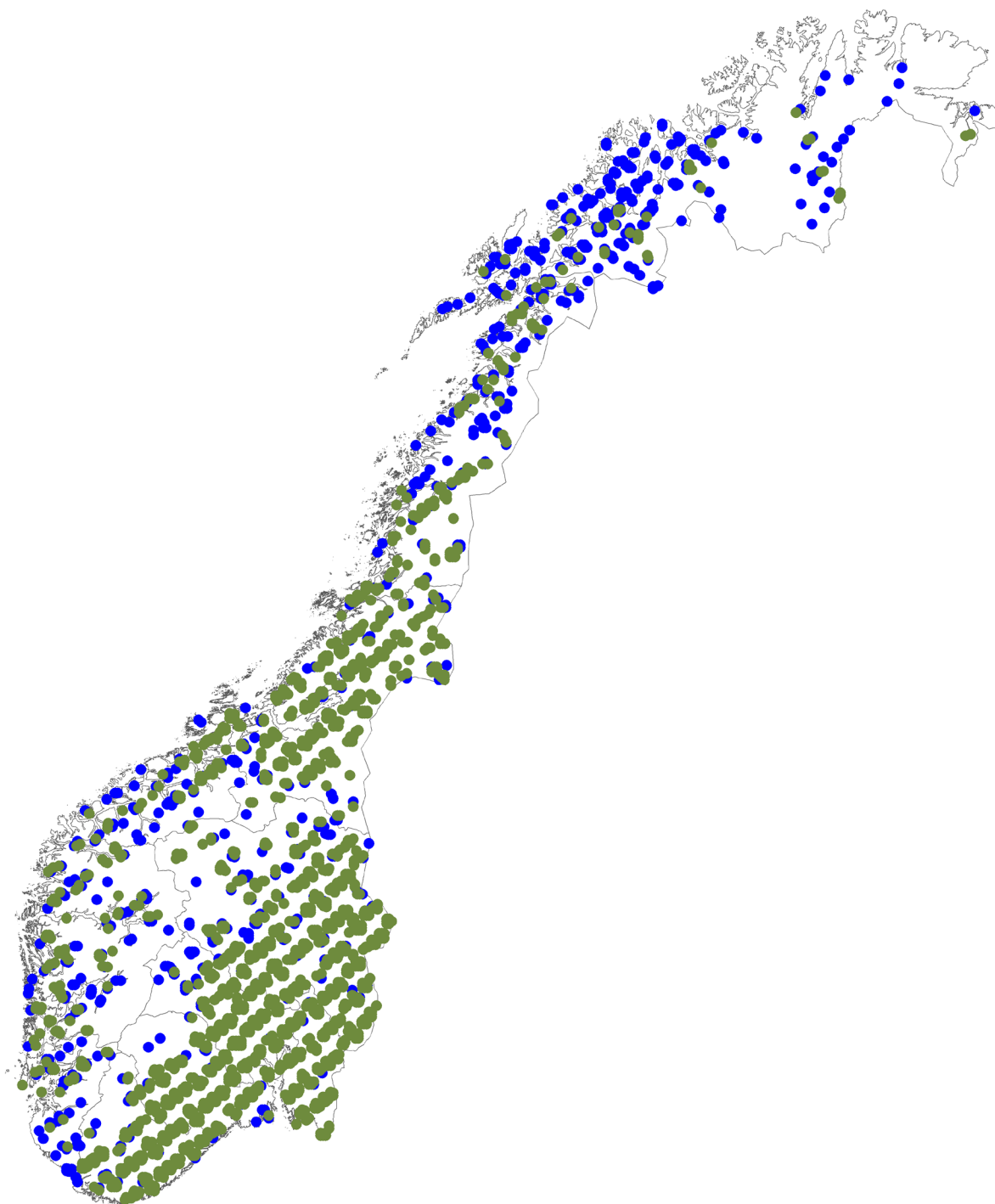
## 1.2 Metoder

### 1.2.1 Overvåkingsflater

I Norge er det Landsskogtakseringen som årlig utfører den landsrepresentative skogovervåkingen (Viken 2021). Overvåkingen utføres på permanente prøveflater med et fast areal på 250 m<sup>2</sup>. På hver prøveflate gjøres vurderinger av kronetilstand og skader på et utvalg av trærne. Trærne velges ut på en måte som tilstreber at utvalget er på 10 trær pr. flate, samtidig som det er vektet med grunnflate (variabel relaskopfaktor). Prøveflatene ligger i skog i forband på 3x3 km (under barskoggrensen), 3x9 km (fjellskogen) og 9x9 km (bjørkeskogen i Finnmark). Skogovervåkingen er kontinuerlig med fem-årige omdrev. Det vil si at det på 1/5 av prøveflatene utføres registreringer hvert år, og at de samme flatene inngår i overvåkingen hvert 5. år. Flatene representerer et tilfeldig utvalg av Norges skoger. De er merket slik at nøyaktig samme areal og trær kan undersøkes hver gang. Dette gjør det mulig å fange opp endringer som har skjedd i skogforholdene over tid. Antall flater varierer noe fra år til år grunnet metodikken som Landsskogtakseringen bruker til å velge ut flater slik at skogregistreringene blir representative for landet hvert år. Der ny skog etableres kan nye flater komme til i utvalget.

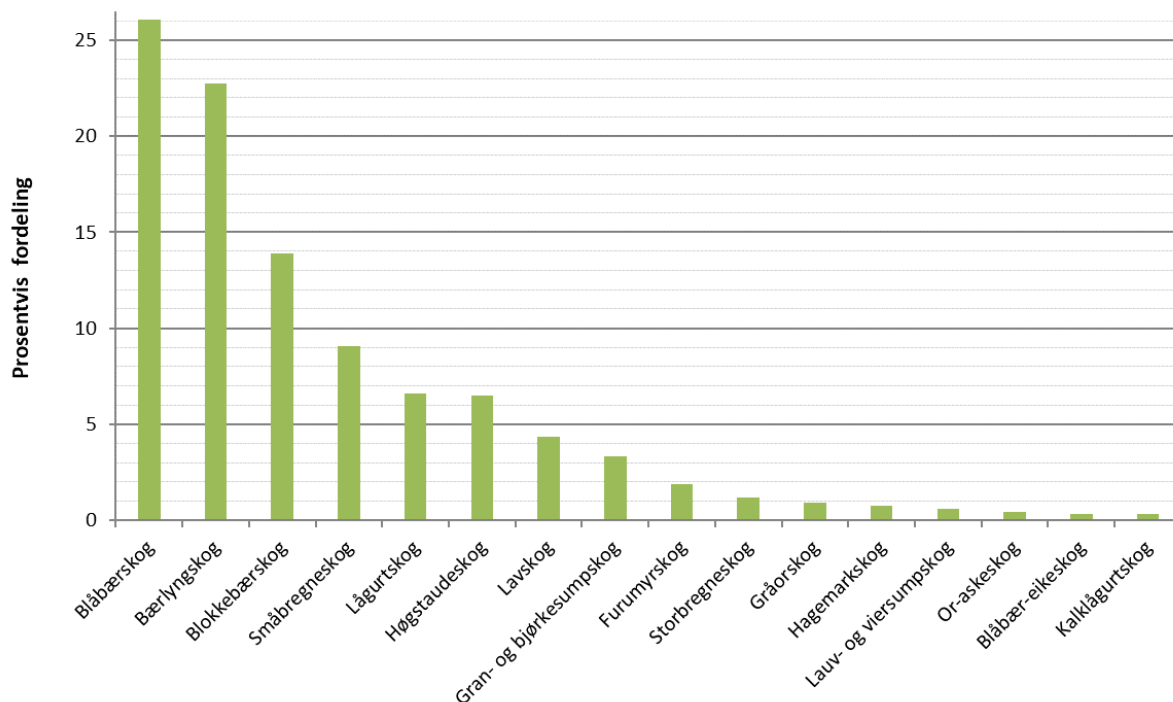
I alt 2 337 prøveflater inngikk i den landsrepresentative skogovervåkingen i 2022 (Figur 1). De aller fleste av disse flatene (2 310=99 %) er de samme som inngikk i overvåkingen i forrige takstomdrev i 2017. De resterende flatene er enten avviklet eller har fått en annen arealbruk enn skog. I 2022 lå 45 % av flatene på Østlandet, 21 % på Sør- og Vestlandet, 15 % i Midt-Norge og 18 % i Nord-Norge. De fleste flatene (61 %) lå under 400 meter over havet (moh.), 31 % mellom 400 og 800 moh., mens 8 % lå over 800 moh. De vanligste skogtypene var blåbær-, bærlyng- og blokkebærskog, der til sammen 63 % av flatene var lokalisert (Figur 2). På de aller fleste flatene (96 %) var 1–3 treslag representert, mens på 4 % av flatene ble 4 eller 5 treslag bedømt. Antall undersøkte trær varierte fra 1 til 22 på flatene. På de fleste prøveflatene (95 %) var det 3 eller flere trær, og gjennomsnittlig var det 8 undersøkte trær per

flate. Registreringene på prøveflatene i 2022 startet 3. mai og ble avsluttet 18. oktober. De fleste flatene (66 %) ble oppsøkt i tidsrommet juni–august, 7 % i mai og 27 % i september–oktober.



Figur 1. Beliggenheten av prøveflatene i den landsrepresentative overvåkingen i Norge i 2022. Grønne symboler: Flater med gran og/eller furu. Blå symboler: Flater med andre treslag (Kilde: NIBIO).

Hvis ikke annet er oppgitt, er regioninndelingen i dette kapitlet som følger: Østlandet omfatter fylkene Viken, Oslo, Innlandet og Vestfold og Telemark. Sørlandet består av Agder, Vestlandet av Rogaland, Vestland og Møre og Romsdal, Midt-Norge av Trøndelag og Nord-Norge av Nordland og Troms og Finnmark.



Figur 2. Prosentvis fordeling av prøveflater på de vanligste vegetasjonstypene i 2022.

## 1.2.2 Registreringer

Skogens vekst og helsetilstand bestemmes i stor grad av et samspill mellom jordsmonn, høyde over havet, breddegrad, trærnes alder, klima, skadegjørere og andre naturlige eller menneskeskapt stressfaktorer. Unaturlig sterkt nåle- eller bladtap og misfarging i trekrona blir vanligvis tolket som et symptom på stress. Trærnes kronetetthet (og -farge) brukes derfor ofte som indikator på skogens helsetilstand. Når dette kombineres med registreringer av synlige skader og deres årsaker, vil man bedre kunne forklare variasjoner i skogens helsetilstand. Dessuten vil registreringer av skader og årsaksforhold over tid kunne gi et bilde av forekomst, utbredelse og skadelige virkninger av insekter, sopp, klimatiske forhold, luftforurensning og andre faktorer som påvirker skogene i Norge.

I den landsrepresentative skogovervåkingen registreres kronetetthet, kronefarge og skader. I tillegg anslås gran- og furutrærnes alder. På hver flate bedømmes kronetetthet og -farge med kikkert på alle høyde-/prøvetrær av gran og furu. Prøvetrærne velges ut med relaskopfaktor som er tilpasset for hver prøveflate. Det blir dermed et utvalg av trær som representerer kronetilstanden på flata. Prøvetrærne for kronetetthet skal ikke ha toppbrekk der mer enn 20 % av treets volum er borte, eller andre betydelige mekaniske skader. Kronetetthet er definert som mengden av levende bar i krona, oppgitt i prosent (0-99 %) av en antatt fulltett krone, der det er tatt hensyn til treets potensial på voksestedet og dets sosiale status (Kraftklasse). Redusert barmasse som følge av påvirkning fra nabotrær, naturlig utskygging eller blomstring på furu skal ikke registreres som redusert kronetetthet. Kronetetthet og kronefarge ble i 2022 bedømt på 5 452 grantrær (*Picea abies*) og 4 636 furutrær (*Pinus sylvestris*) på 1 735 prøveflater i skog.

Skader (biotiske = forårsaket av levende organismer som f.eks. sopp og insekter; abiotiske = forårsaket av ikke-levende faktorer som f.eks. vind og snø) har blitt registrert på gran, furu og bjørk etter ICP Forests manualen siden 2005 (Eichhorn m.fl. 2020). Fra og med 2013 har skader blitt registrert på alle treslag som forekommer i utvalget. I teksten og figurene presenteres detaljerte oversikter for gran, furu og bjørk, mens andre løvtræsler presenteres som én gruppe (heretter kalt «andre løvtrær»). Resultater for andre bartrær enn gran og furu framstilles ikke fordi det er få trær i denne gruppa.

I 2022 ble det gjennomført skaderegistreringer på i alt 18 198 trær som var fordelt på nærmere 30 treslag. Også disse prøvetrærne velges ut med relaskopfaktor som er tilpasset for hver prøveflate. Skaderegistreringer ble utført på 5 475 gran- og 4 641 furutrær, på 174 andre bartrær (for det meste sitkagran, *Picea sitchensis*), 6 275 bjørketrær (*Betula pubescens* og *B. pendula*) og 1 633 andre løvtrær. Andre løvtrær bestod først og fremst av gråor (*Alnus incana*, 510 trær), rogn (*Sorbus aucuparia*, 321 trær), selje (*Salix caprea*, 237 trær), osp (*Populus tremula*, 167 trær) og eik (*Quercus petraea* og *Q. robur*, 162 trær). Det registreres bare ett skadetilfelle/symptom pr. tre; dersom et tre har flere skader registreres den som har størst betydning for treets tilstand. Så langt det lar seg gjøre blir årsaker til at skader har oppstått fastslått i felt. Grunnet Landsskogtakseringens femårige omdrev kan noen av de registrerte skadene være opptil 5 år gamle. For døde trær fastslås det ikke nøyaktig når de døde i løpet av femårsperioden.

I tillegg til skaderegistreringer på enkelttrær på prøveflatene, utfører Landsskogtakseringen også registreringer av skogskader på bestandsnivå. Alle registrerte skader rapporteres årlig til NIBIOs skogskadedatabase [Skogskader.no](https://skogskader.no).

Registreringsmetodikken for alle parameterne som inngår i den landsrepresentative skogovervåkingen er utførlig beskrevet i Landsskogtakseringens feltinstruks (Viken 2021), i ICP Forests' manual for bedømmelse av kronetilstand og skader (Eichhorn m.fl. 2020) og i tidligere rapporter (f.eks. Timmermann m.fl. 2012).

Hvert år i mai avholdes det kurs for Landsskogtakseringens feltarbeidere der opplæring og kalibrering i kronebedømmelse og skaderegistrering inngår. Etter 2 år med koronarestriksjoner kunne feltkurset igjen gjennomføres i 2022, denne gangen på Honne, Biri fra 30. mai til 2. juni. Landsskogtakseringen gjennomfører årlige kontrolltakster på noen utvalgte prøveflater, der kronetetthet inngår som en av variablene som sammenlignes. Kontrolltakstene er et ledd i Landsskogtakseringens kvalitetssikring av de registrerte dataene og ble også gjennomført i 2022.

### 1.2.3 Utvalgskriterier til dataanalysen

#### *Utvalg av prøveflater*

Flateutvalget følger Landsskogtakseringens skogdefinisjon, der arealtype er begrenset til produktiv og uproduktiv skog (ATY 1, 12) og arealanvendelse omfatter skog/utmark, reservat og friluftsområde (ANV 1, 5, 9).

Flateutvalget som brukes til beregning av langtidsseriene av kronetetthet og -farge varierer med tidsperioden:

- 1989–2000: Årlige registreringer på de samme flatene i 9x9 km nett.
- 2001–2012: Årlige registreringer på de samme flatene i et teoretisk 16x16 km nett (= 1 flate pr. 256 km<sup>2</sup> = ICP Forests Level I).
- 2013–i dag: Registreringer med femårige omdrev i 3x3/3x9/9x9 km nett (se kap. 1.2.1). Data fra et utvalg av disse flatene tilsvarende flateutvalget i punktet over, rapporteres årlig til ICP Forests.

#### *Vekting/representativitet av trær*

Vektingen gir hvert tre et mål for representativitet som er beregnet på grunnlag av størrelsen på flatenettet (flatetetthet) og antall bedømte/ikke bedømte trær på flata. For eksempel representerer et tre som står på en flate i 3x3 km nett færre trær og får derfor en lavere vekt enn et tre som står i 9x9 km nett. Videre vil for eksempel ett av 10 bedømte trær på en flate med 30 trær totalt veie dobbelt så mye enn om det var 15 trær totalt på flata.

## 1.3 Resultater

### 1.3.1 Kronetetthet

#### 1.3.1.1 Kronetetthet i 2022

Gjennomsnittlig kronetetthet for gran var 85,7 % og for furu 87,8 % i 2022. Dette utgjør en nedgang på hhv. 0,4 %-poeng for gran og 0,6 %-poeng for furu sammenlignet med kronetetthet i 2021 (Tabell 1).

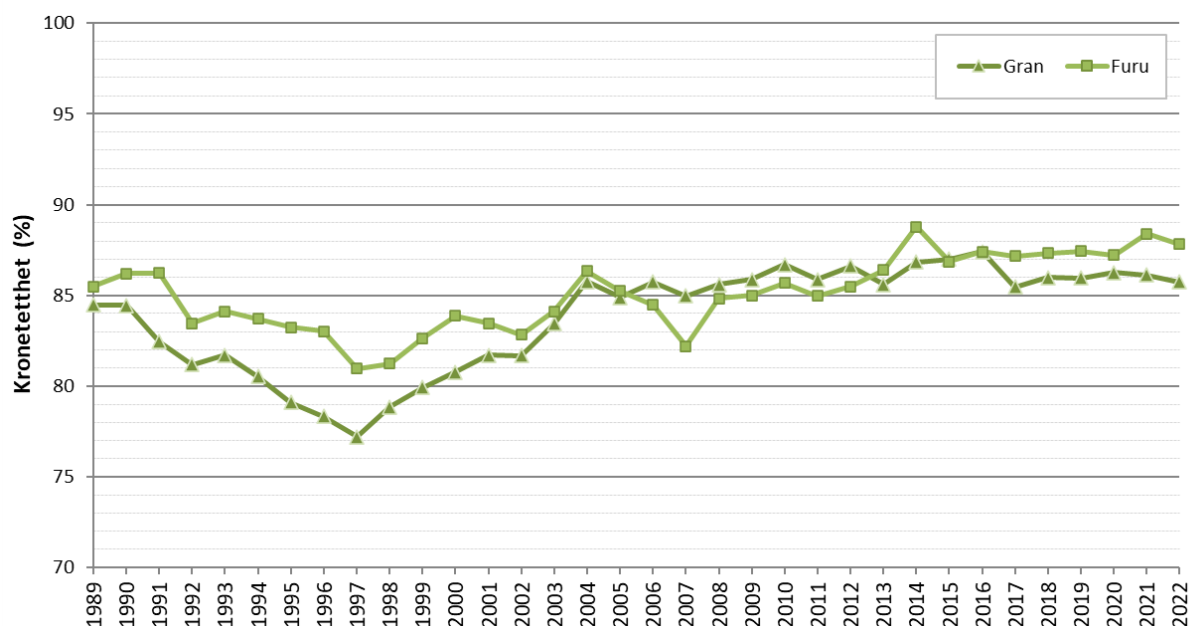
Hos både gran og furu økte prosentandelen trær med fulltett krone (kronetetthet  $\geq 90$  %) sett i forhold til året før til hhv. 54,5 % og 55,5 % (Tabell 1). Prosentandelen trær med svakt redusert kronetetthet (75–89 %) var 30,3 % for gran og 34,8 % for furu, en nedgang hos begge treslagene sammenlignet med året før. Andelen trær med moderat redusert kronetetthet (40–74 %) og med sterkt redusert kronetetthet ( $\leq 40$  %) økte hos både gran og furu. Det var som i tidligere år flere gran- enn furutrær med sterkt redusert kronetetthet.

Tabell 1. Gjennomsnittlig kronetetthet i prosent og prosentandel trær i kronetetthetsklasser i 2022 (endringer fra året før i parentes).

|  | Gran        | Furu        |
|--|-------------|-------------|
| Gjennomsnittlig kronetetthet                         | 85,7 (-0,4) | 87,8 (-0,6) |
| Klasse 0: Fulltett krone ( $\geq 90$ % kronetetthet) | 54,5 (1,0)  | 55,5 (0,7)  |
| Klasse 1: Svakt redusert krone (75–89 %)             | 30,3 (-1,9) | 34,8 (-3,7) |
| Klasse 2: Moderat redusert krone (40–74 %)           | 12,3 (0,4)  | 8,8 (2,9)   |
| Klasse 3: Sterkt redusert krone ( $< 40$ %)          | 2,9 (0,4)   | 0,9 (0,1)   |

#### 1.3.1.2 Utvikling over tid

Gran hadde den høyeste kronetettheten i hele overvåkingsperioden i 2016 og furu i 2014 (Figur 3). Begge treslagene hadde lavest kronetetthet i 1997, sannsynligvis som følge av gjentatte perioder med sommertørke i Sørøst-Norge i første halvdel av 1990-tallet. Siden da har kronetettheten hos gran økt med 8,5 %-poeng og hos furu med 6,9 %-poeng. Gjennomsnittlig kronetetthet for hele overvåkingsperioden (1989–2021) er 83,8 % for gran og 85,1 % for furu. Kronetetthet hos gran har vært nokså stabil siden 2017 og har ligget rundt 86 %. Kronetetthet hos furu har ligget stabilt rundt 87 % i perioden 2015–2020, og noe høyere 2021–2022.



Figur 3. Utvikling i gjennomsnittlig kronetthet for gran og furu i den landsrepresentative overvåkingen 1989–2022.

Grunnet Landsskogtakseringens metodikk med 5-årige omdrev, inngår de samme flatene i overvåkingen hvert 5. år. Etter at den landsrepresentative skogovervåkingen i 2022 har fulgt dette rotasjonsprinsippet i 10 år, er det mulig med parvise sammenligninger mellom årene der de samme flatene og trærne har inngått i overvåkingen. Signifikante endringer i gjennomsnittlig kronetthet per region mellom årene er gjengitt i Tabell 2 for gran og i Tabell 3 for furu.

Med to unntak (Vestlandet 2015 til 2020 og Nord-Norge 2017 til 2022) har de signifikante endringene for gran vært negative mellom årene (Tabell 2), dvs. at kronettheten har gått ned i disse regionene mellom årene. De største signifikante endringene har vært i Nord-Norge, der kronettheten sank med 5,3 %-poeng fra 2013 til 2018, på Sørlandet fra 2014 til 2019 (ned 5 %-poeng) og i Vestfold og Telemark fra 2015 til 2020 (ned 7,3 %-poeng). For hele landet har det vært en negativ utvikling i kronetthet hos gran fra 2014 til 2019, fra 2015 til 2020 og fra 2016 til 2021.

Tabell 2. Signifikante endringer i gjennomsnittlig kronetthet i prosent for gran per region mellom årene der de samme flatene og trærne inngår i overvåkingen (standardfeil i parentes).

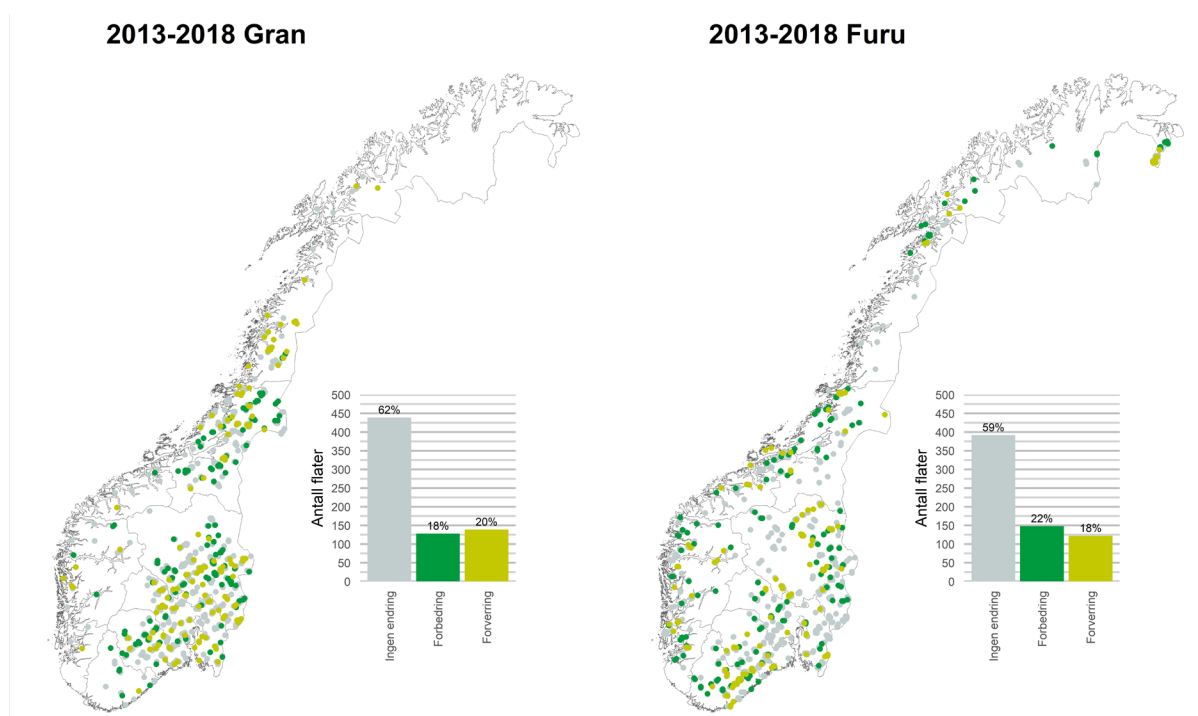
| Gran                 | 2013<>2018 | 2014<>2019 | 2015<>2020 | 2016<>2021 | 2017<>2022 |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Viken og Oslo        | -1,5 (0,6) | -2 (0,6)   | -1,5 (0,7) | -2,1 (0,7) | -2,3 (0,8) |
| Innlandet            | -          | -1,5 (0,5) | -          | -          | -          |
| Vestfold og Telemark | -          | -2,8 (1,1) | -7,3 (1,1) | -4,1 (0,9) | -2,9 (1)   |
| Sørlandet            | -          | -5 (1,6)   | -3,2 (1,2) | -          | -          |
| Vestlandet           | -          | -          | 3,4 (1,3)  | -          | -          |
| Midt-Norge           | -          | -          | -          | -2 (0,7)   | -          |
| Nord-Norge           | -5,3 (1,9) | -3,1 (1,3) | -          | -          | 2,3 (1)    |
| Hele landet          | -          | -1,5 (0,3) | -1,3 (0,3) | -1,5 (0,3) | -          |

Hos furu har det vært flere positive enn negative endringer imellom årene (Tabell 3). Den største negative (og signifikante) endringen i kronetetthet hos furu var på Sørlandet fra 2014 til 2019 (ned 3,9 %-poeng), men der observerte vi også den største økningen i kronetetthet fra 2017 til 2022 (opp 5,4 %-poeng). Furu i hele landet sett under ett hadde en signifikant nedgang i kronetetthet fra 2014 til 2019 (-1,5 %-poeng), og en signifikant økning fra 2016 til 2021 (opp 0,9 %-poeng) og fra 2017 til 2022 (opp 0,8 %-poeng).

Tabell 3. Signifikante endringer i gjennomsnittlig kronetetthet i prosent for furu per region mellom årene der de samme flatene og trærne inngår i overvåkingen (standardfeil i parentes).

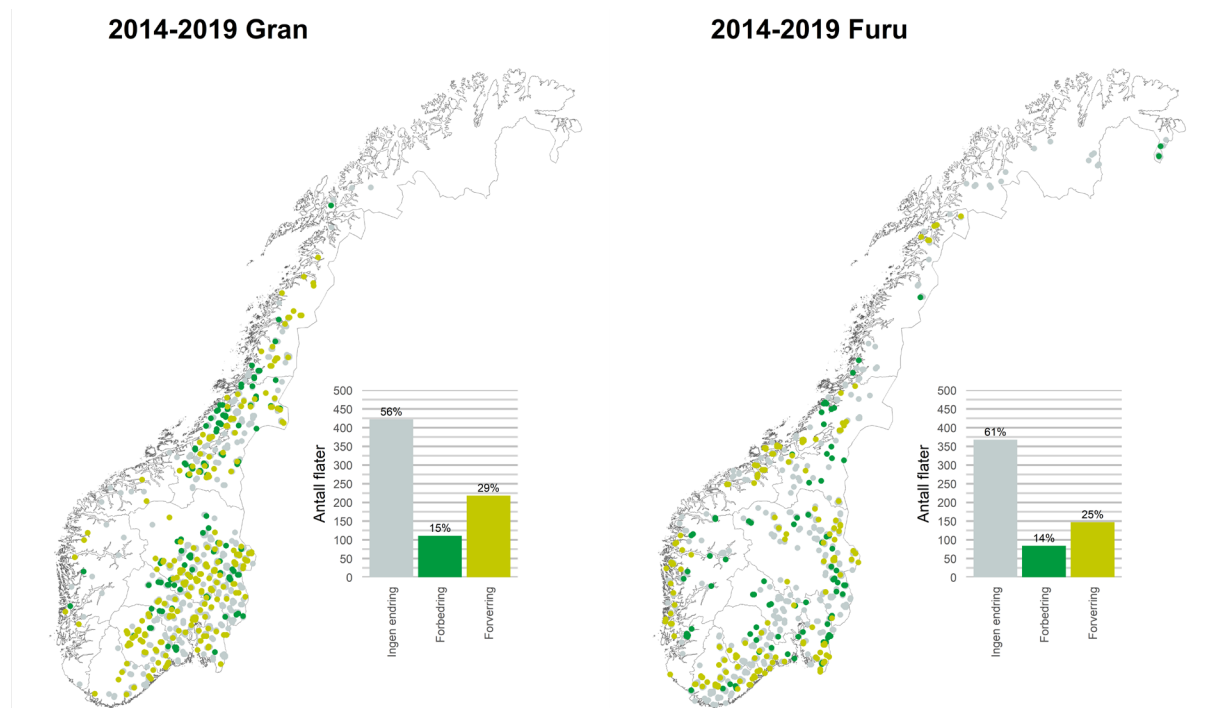
| Furu                 | 2013<>2018 | 2014<>2019 | 2015<>2020 | 2016<>2021 | 2017<>2022 |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Viken og Oslo        | -          | -          | -          | 1,4 (0,6)  | -          |
| Innlandet            | -          | -          | -          | -          | 1,3 (0,5)  |
| Vestfold og Telemark | -          | -          | -2,2 (1,1) | -          | -          |
| Sørlandet            | -          | -3,9 (0,8) | -2 (0,7)   | 2,1 (0,7)  | 5,4 (0,7)  |
| Vestlandet           | -          | -2,7 (0,9) | 2,2 (1)    | -          | -          |
| Midt-Norge           | -          | -          | 3,3 (0,7)  | -2,2 (1,1) | -2,8 (1)   |
| Nord-Norge           | 2,1 (0,9)  | -          | -          | -          | 3 (1,3)    |
| Hele landet          | -          | -1,5 (0,3) | -          | 0,9 (0,3)  | 0,8 (0,3)  |

Figur 4 til Figur 8 viser endring (+/- 5 %-poeng) i gjennomsnittlig kronetetthet for gran og furu per overvåkingsflate mellom årene. For gran har andelen flater med en negativ utvikling (forverring av kronetilstanden) vært større en andelen flater med en positiv utvikling (forbedring av kronetilstanden) mellom alle 5 årparene. Størst var andelen flater med en forverring fra 2016 til 2021 (Figur 7), og minst fra 2013 til 2018 (Figur 4). Hos furu var andelen flater med en forbedring i kronetilstanden størst fra 2013 til 2018 (Figur 4), fra 2015 til 2020 (Figur 6) og fra 2017 til 2022 (Figur 8), mens andelen flater med en forverring i kronetilstanden hos furu var størst fra 2014 til 2019 (Figur 5) og fra 2016 til 2021 (Figur 7).

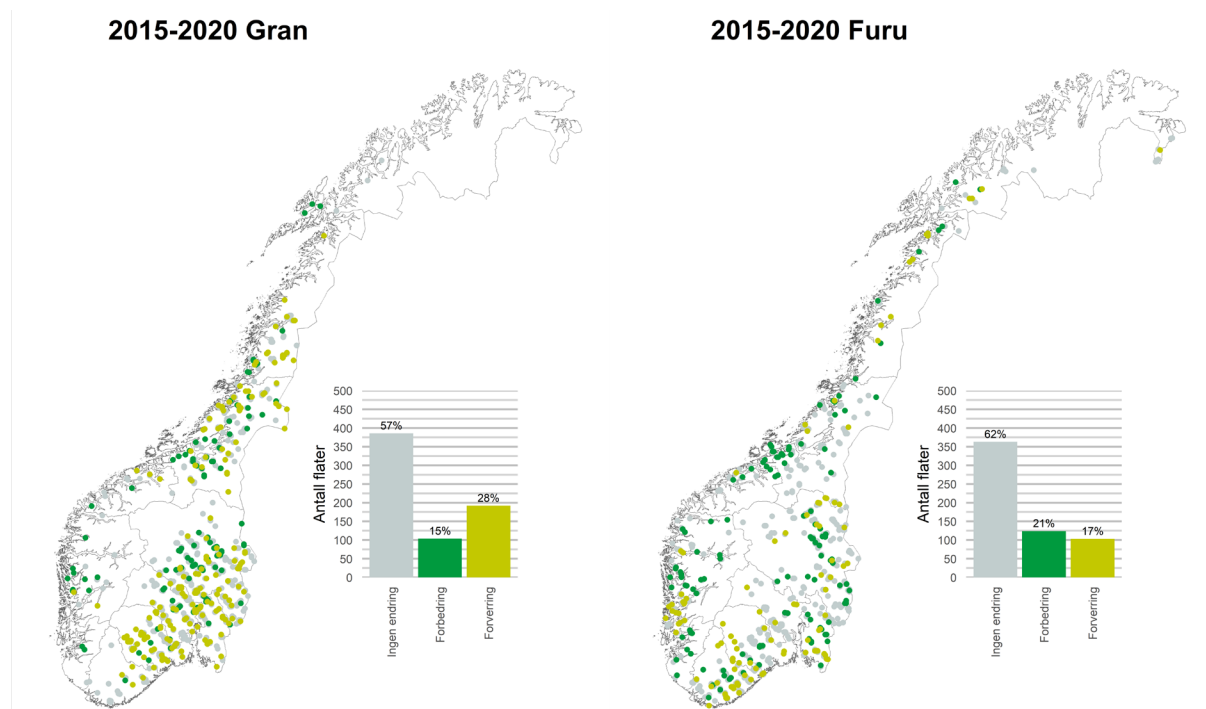


Figur 4. Endringer i gjennomsnittlig kronetetthet per flate for gran (venstre) og furu (høyre) mellom årene 2013 og 2018 (Kilde: NIBIO).

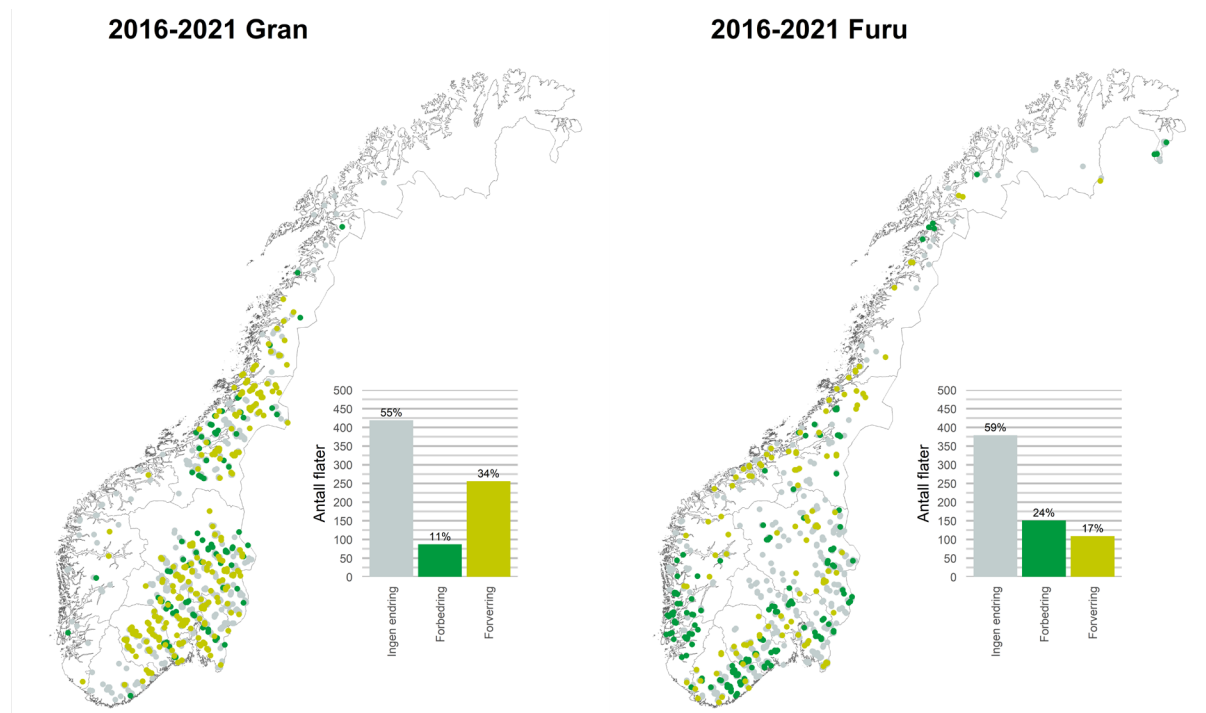




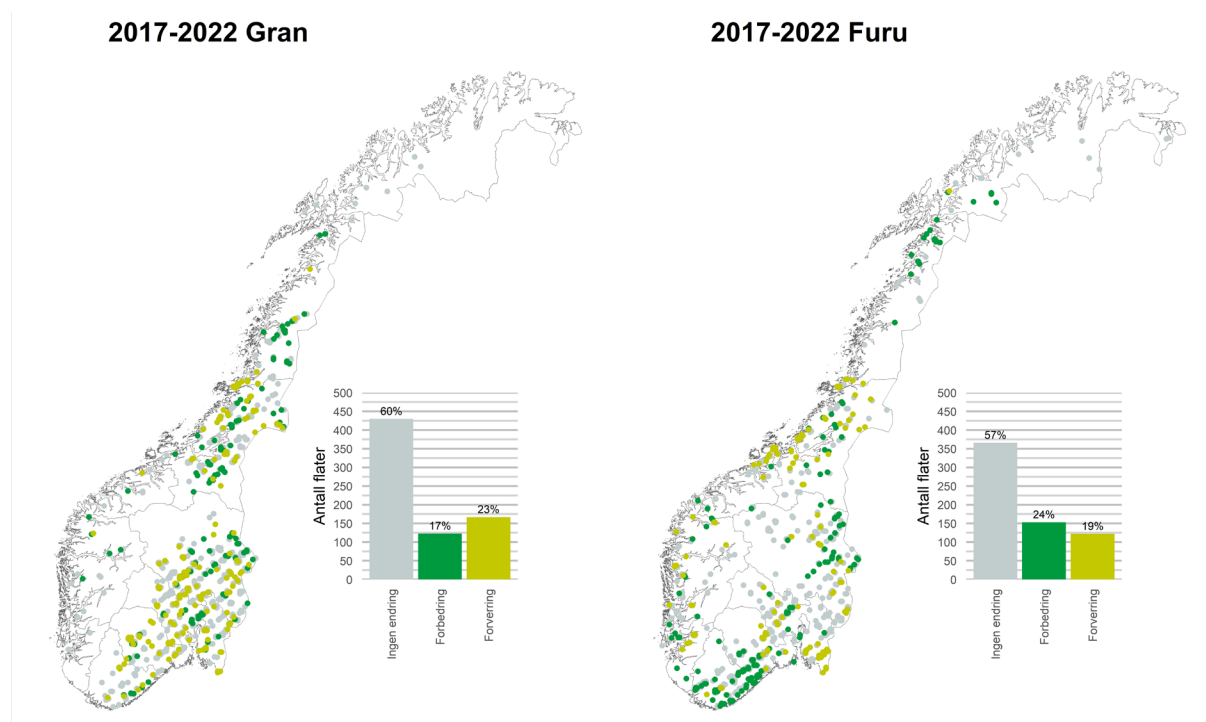
Figur 5. Endringer i gjennomsnittlig kronetetthet per flate for gran (venstre) og furu (høyre) mellom årene 2014 og 2019 (Kilde: NIBIO).



Figur 6. Endringer i gjennomsnittlig kronetetthet per flate for gran (venstre) og furu (høyre) mellom årene 2015 og 2020 (Kilde: NIBIO).



Figur 7. Endringer i gjennomsnittlig kronetetthet per flate for gran (venstre) og furu (høyre) mellom årene 2016 og 2021 (Kilde: NIBIO).



Figur 8. Endringer i gjennomsnittlig kronetetthet per flate for gran (venstre) og furu (høyre) mellom årene 2017–2022 (Kilde: NIBIO).

### 1.3.1.3 Trærnes alder og dens betydning for kronetetthet

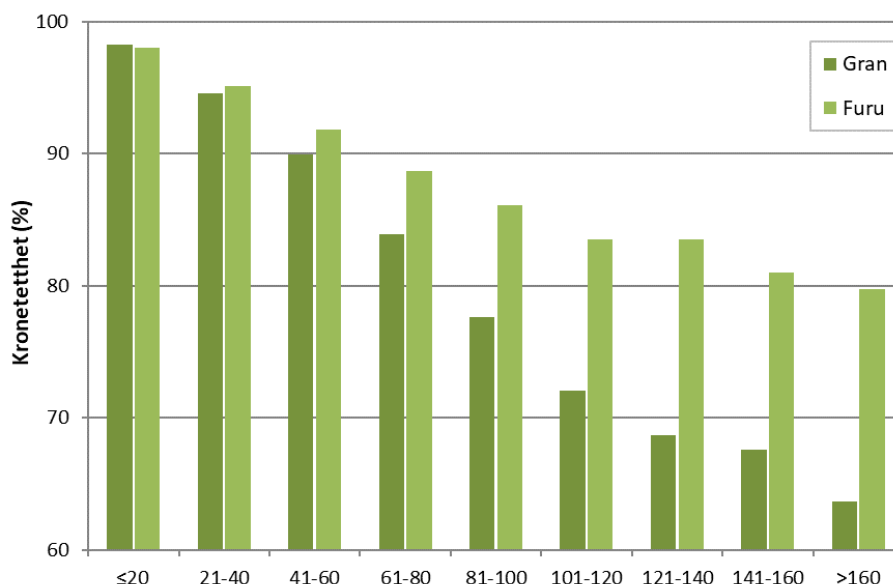
Høy alder på trærne påvirker vanligvis kronetettheten negativt, særlig hos gran (Figur 9). I 2022 var mer enn halvparten (58 %) av grantrærne i den landsrepresentative overvåkingen 60 år eller yngre, og 25 % var mellom 61 og 100 år, mens andelen gamle grantrær over 100 år var 17 %. Gjennomsnittsalderen for gran i utvalget var 66 år. Det eldste grantreet var ca. 250 år gammelt og ble registrert i Nordland. Det hadde lav kronetetthet, men verken misfarging eller skader til tross for meget høy alder.

Furu har en annen og jevnere aldersfordeling. Drøyt en tredjedel (36 %) av furutrærne i 2022 var 60 år eller yngre, 29 % var mellom 61 og 100 år, mens 35 % var over 100 år. 7 % av furutrærne var mer enn 160 år gamle, mens bare 2 % av grantrærne kom i samme aldersklasse. Gjennomsnittsalderen for furu i overvåkingen var 87 år, altså 21 år høyere enn for gran. Det eldste furutreet ble registrert i Trøndelag og var anslagsvis 350 år gammelt, med bare svakt redusert krone og uten misfarging og skader.

Eldre trær har som nevnt generelt lavere kronetetthet enn yngre trær. Gjennomsnittlig kronetetthet i 2022 for gran på 60 år og yngre var 92,2 %, mens den for gran eldre enn 60 år var 76,7 %, altså 15,5 %-poeng lavere. For furu var forskjellen i kronetetthet mellom yngre (93,3 %) og eldre (84,8 %) trær ikke så markant (8,5 %-poeng), og eldre furutrær hadde gjennomsnittlig høyere kronetetthet enn eldre grantrær (Figur 9). Sett i forhold til resultatene fra året før var det en reduksjon i kronetettheten for begge aldersgruppene hos både gran og furu.

Deler vi inn trærne i aldersklasser på 20 år, ser vi at kronetettheten faller jevnt med økende alder hos både gran og furu (Figur 9). Dette kommer dels av at økt alder reduserer vitaliteten, men også av økt konkurranse med høyere tetthet (volum/ha) og økt konkurranse om næringsstoffer og lys.

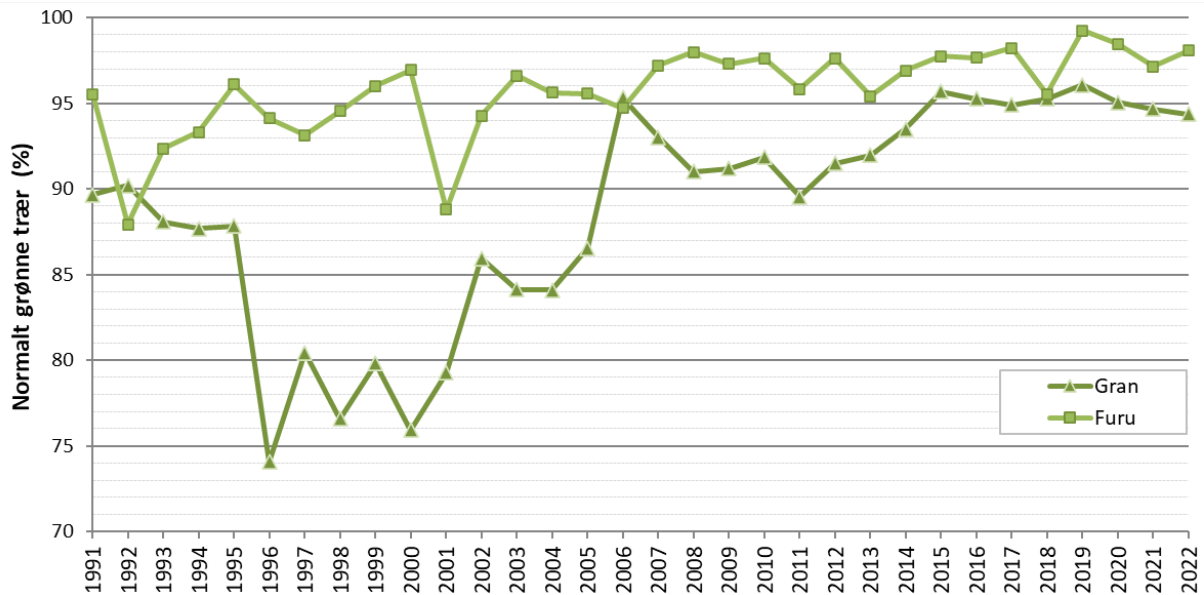
Kronetettheten er likevel meget stabil hos furu med økende alder, og selv de eldste trærne (>160 år) har en gjennomsnittlig kronetetthet på nesten 80 %. Kronetettheten indikerer dermed en generell god helsestatus hos furu, også for de eldste trærne. Hos gran derimot faller kronetettheten jevnt med økende alder til under 70 % hos trær eldre enn 120 år, og de eldste grantrærne (>160 år) hadde 16 %-poeng lavere kronetetthet enn furutrærne i samme aldersklasse i 2022.



Figur 9. Gjennomsnittlig kronetetthet i ulike aldersklasser for gran og furu i 2022.

### 1.3.2 Misfarging

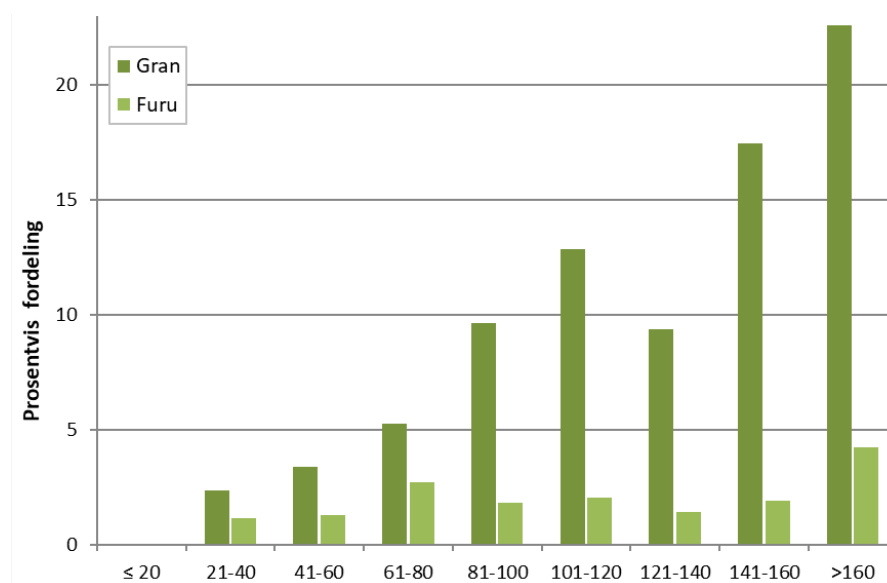
Det var generelt lite misfarging å observere hos både gran og furu i 2022 (Figur 10). Andelen gran- og furutrær med normalt grønn farge (0–10 % misfarging) var henholdsvis 94 og 98 %. Svært få trær hadde sterk misfarging (mer enn 60 %).



Figur 10. Prosentandel normalt grønne trær (0-10 % misfarging) hos gran og furu 1991–2022.

Misfarging har blitt registrert etter samme metode siden 1991. Utviklingen over tid viser at gran hadde lite misfarging i perioden 1991–1995, mens perioden 1996–2001 var preget av stor grad av misfarging (Figur 10). Siden 2006 har det vært lite misfarging hos gran med rundt 90 til over 95 % normalt grønne trær hvert år. Furu har generelt hatt lite misfarging i hele overvåkingsperioden.

Misfarging er vanligst blant grantrær eldre enn 80 år, og i 2022 hadde 23 % av de eldste grantrærne noe misfarging av betydning (Figur 11). Hos furu var det ikke store forskjeller mellom aldersgruppene i andelen trær med misfarging, og selv hos de eldste furutrærne (>160 år) var det bare 4 % som hadde noe misfarging av betydning.



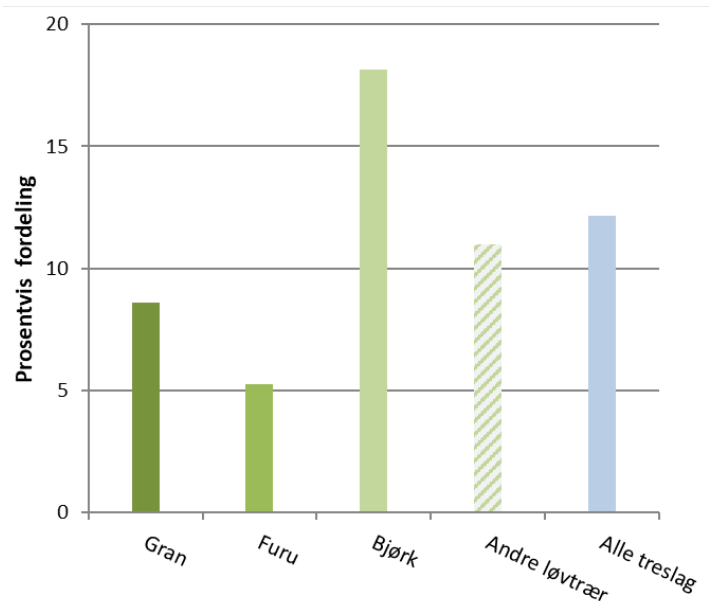
Figur 11. Prosentandel trær med misfarging (>10 % misfarging) fordelt på ulike aldersklasser hos gran og furu i 2022.

### 1.3.3 Skader

#### 1.3.3.1 Skaderegistreringer 2022

Skaderegistreringer ble utført på 2 337 prøveflater (se Figur 1). På 39 % av de undersøkte flatene ble det registrert ett eller flere skadde trær.

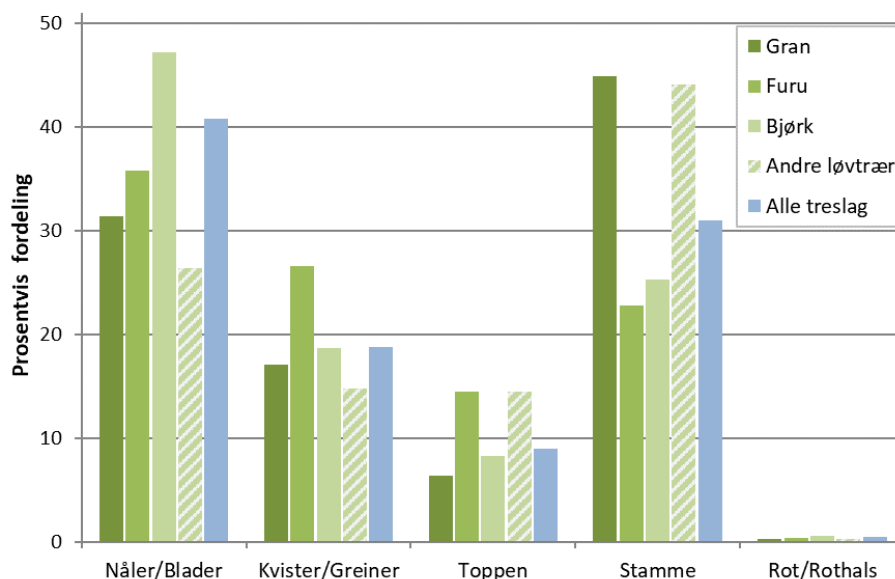
Av alle trær som inngikk i analysen (alle treslag), hadde 12,1 % en eller annen form for skade (Figur 12, se også Figur 17). Gran hadde en skadeandel på 8,6 %, furu 5,3 %, bjørk 18,1 % og andre løvtrær 11 %. For de vanligst forekommende løvtreslagene utenom bjørk, ble det beregnet følgende andeler med skader: gråor 10,6 %, rogn 14,3 %, selje 16 %, osp 6 % og eik 10,1 %.



Figur 12. Skadeandel i prosent pr. treslag i 2022.

#### 1.3.3.2 Skadet del av treet

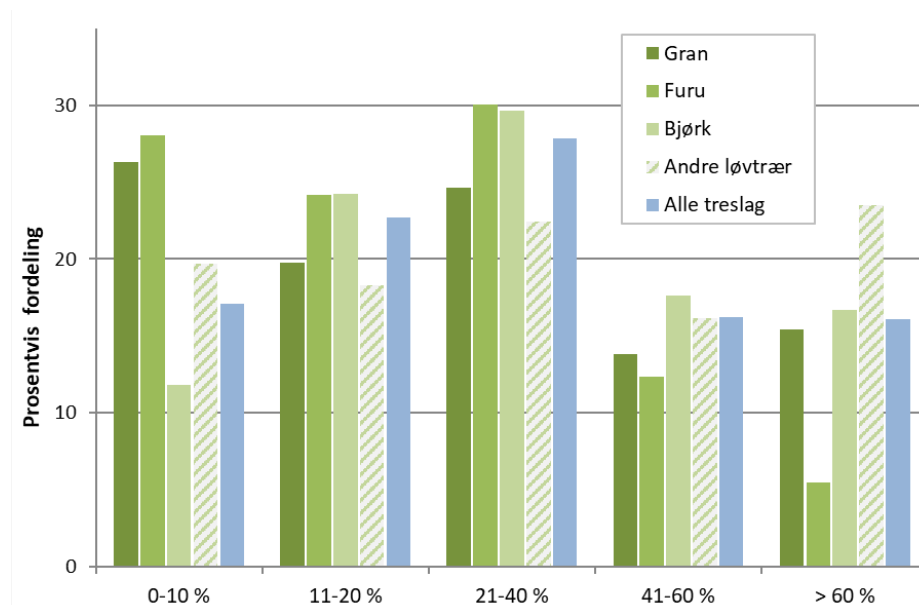
Hos gran var det først og fremst stammen (45 % av skadene) som var skadet (Figur 13), fulgt av skader på nåler (31 %) og på kvister og greiner (17 %). Hos furu var det mest skader på nåler (36 %), etterfulgt av skader på kvister og greiner (27 %) og stamme (23 %). Hos bjørk forekom 47 % av skadene på bladene, 25 % på stammen og 19 % på kvister og greiner. Andre løvtrær hadde mest skader på stammen (44 %), så på blader (26 %) og på kvister og greiner (15 %). Det ble generelt registrert få skader på rot eller rothals.



Figur 13. Prosentvis fordeling av skader på de ulike delene av trærne i 2022.

### 1.3.3.3 Skadeomfang

I gjennomsnitt for alle treslag hadde 40 % av skadene bare et lite omfang i krona ( $\leq 20$  % av krona skadet), 44 % hadde et moderat omfang (21-60 % av krona skadet), mens 16 % av skadene hadde et stort omfang ( $> 60$  % av krona skadet). Hos gran hadde 15 % av skadene et stort omfang, hos furu 6 %, mens det var 17 % hos bjørk og 24 % hos andre løvtrær (Figur 14).



Figur 14. Prosentvis fordeling av skadeomfanget pr. treslag i 2022.

### 1.3.3.4 Skadeårsaker

**Gran:** Av skadene på gran var 41 % forårsaket av abiotiske faktorer med snø (snøbrekk) og vind som de viktigste årsakene (Figur 15). Sopper (vanlig granbarrust) forårsaket 12 % av skadene, vilt og beitedyr 5 %, direkte menneskelig aktivitet 2 % (f.eks. maskin- og kjøreskader ifm. hogst) og insekter (granbarkbillen) under 1 %. Abiotiske skader dominerte særlig på Sør-, Øst- og Vestlandet (Figur 16). På Vestlandet var en stor andel skader forårsaket av hjortedyr. Flere av skadene på gran enn tidligere lot seg identifisere i felt, og med unntak av Midt-Norge sank andelen uidentifiserte skader dermed betraktelig.

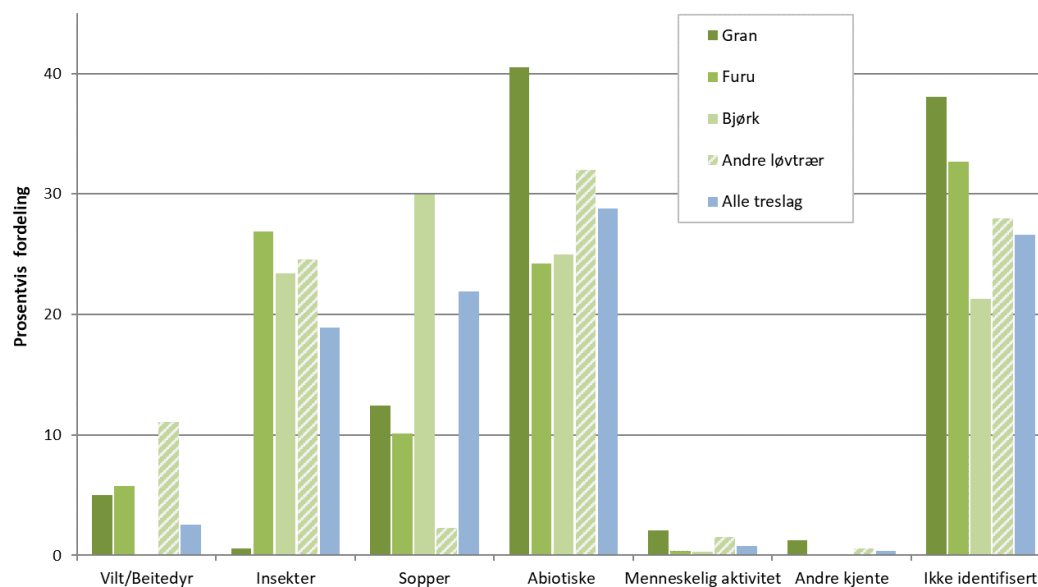
**Furu:** Insekter (furubarveps) sto for 27 % av skadene på furu. Snø og vind var dominerende som skadeårsaker blant de abiotiske faktorene, som i alt sto for 24 % av skadene. Sopp (tyritoppsopp) forårsaket 10 % av skadene og vilt og beitedyr 6 %. Insektangrep dominerte på Østlandet, abiotiske skader på Sørlandet, soppangrep på Vestlandet og i Midt-Norge, mens viltskader var vanligst i Nord-Norge. På Vestlandet og i Midt-Norge var andelen uidentifiserte skader fremdeles svært høy.

**Bjørk:** Sopp (først og fremst bjørkerust) var ansvarlige for 30 % av skadene på bjørk. Angrep av bjørkemålere (og andre insekter) gikk ned sammenlignet med 2021 og utgjorde 23 % av skadene på landsbasis. Skader med abiotiske årsaker utgjorde 25 %, og de aller fleste av disse skyldtes snø (snøbrekk). Abiotiske skader var den dominerende skadeårsaken på bjørk i alle regioner med unntak av Nord-Norge, der angrep av bjørkerust dominerte skadebildet. Bjørkemålerangrep gikk tilbake, særlig i Midt- og Nord-Norge, mens det var en liten økning i fjellbjørkeskogen på Østlandet.

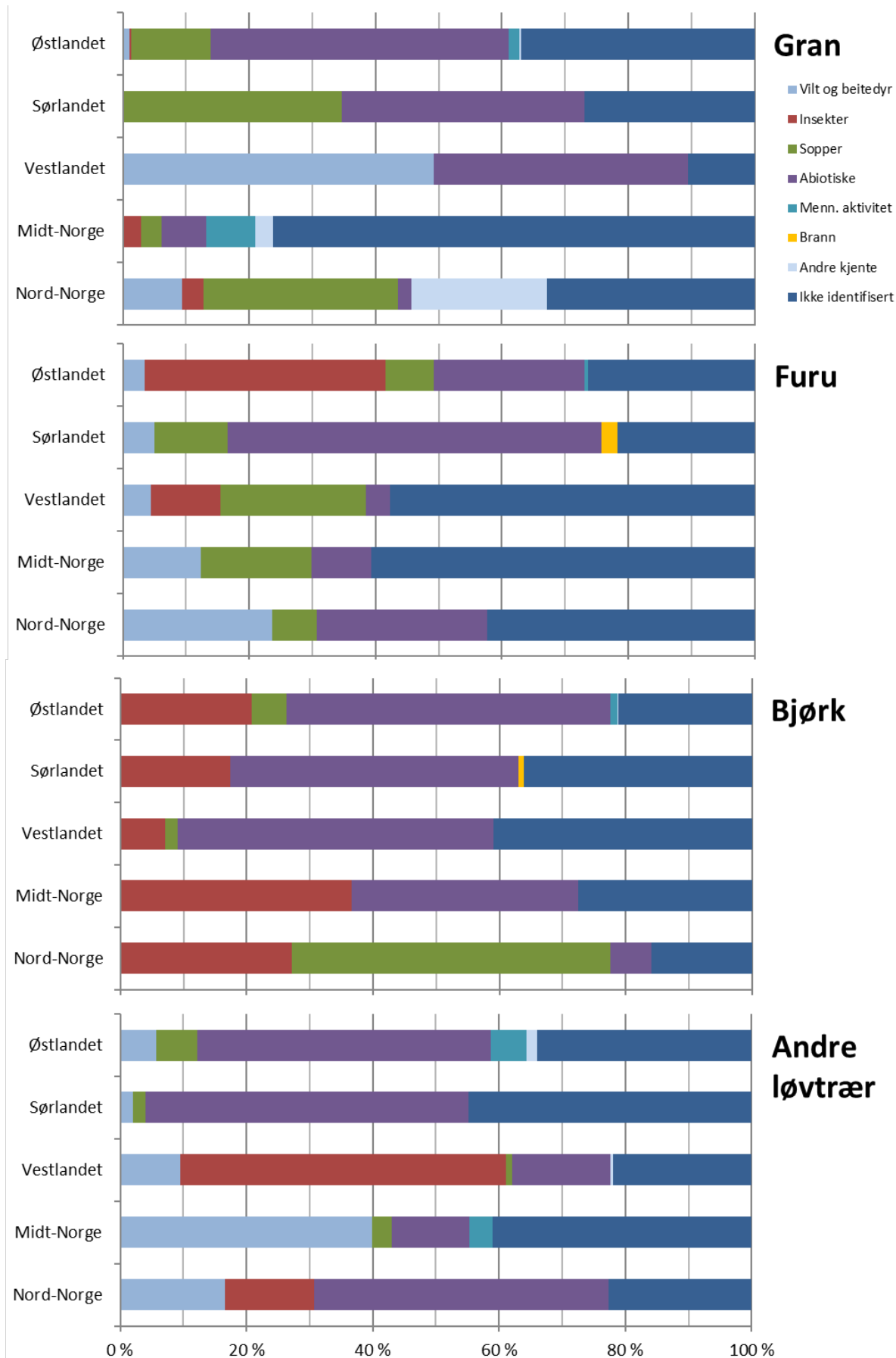
**Andre løvtrær:** Andre løvtrær hadde 32 % skader med abiotiske årsaker med snø som den viktigste enkeltfaktoren. Insekter sto for 25 % av skadene, vilt og beitedyr for 11 % og sopp og menneskelig aktivitet for 2 % hver. Mens abiotiske skader dominerte på Sør- og Østlandet og i Nord-Norge, var insektskader et problem for løvtrærne på Vestlandet og beiteskader i Midt-Norge (Figur 16).

Selje var først og fremst skadet av insekter og av snø. Hos gråor dominerte skader av insekter (målere), snø og vilt, hos rogn skader av snø og vilt, og hos eik snøskader. Det var lite skader på osp i 2022.

For **alle treslag** sett under ett var flest skader forårsaket av abiotiske faktorer (29 %), fulgt av sopp (22 %), insekter (19 %), vilt og beitedyr (2 %) og direkte menneskelig aktivitet (1 %) (Figur 15). For 27 % av skadene kunne årsakene ikke identifiseres i felt. Andelen uidentifiserte skadeårsaker gikk kraftig ned for andre år på rad for alle treslag, og var nå under 40 % for gran og furu. Minst var andelen uidentifiserte skadeårsaker hos bjørk (21 %). En stor del av de uidentifiserte skadene skyldes observasjoner av nokså uspesifikke symptomer, som f.eks. døde eller knekte greiner, kvister og toppskudd, som i mange tilfeller er vanskelig å tilordne en bestemt årsak.



Figur 15. Prosentvis fordeling av grupperte skadeårsaker pr. treslag i 2022.



Figur 16. Prosentvis fordeling av grupperte skadeårsaker pr. treslag og region i 2022.



### 1.3.3.5 Skadeutvikling over tid

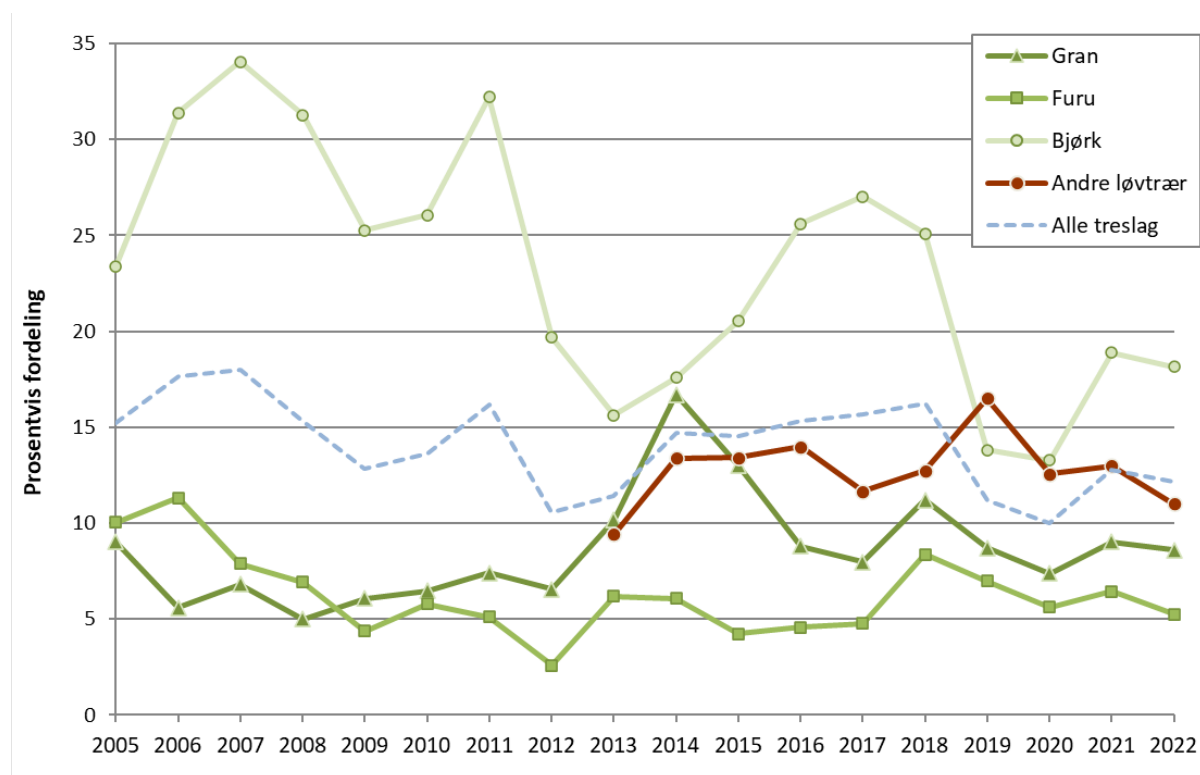
Det var en liten nedgang i andelen skader i 2022 for alle treslag sammenlignet med 2021 (Figur 17).

Gran hadde skadetopper i 2013-2015 pga. massive angrep av granbarrust, og i 2018 (abiotiske faktorer: snø, vind, tørke, samt granbarrust). Skadenivået i 2022 var litt lavere enn året før til tross for en økning i granbarrustangrep og abiotiske skader.

Furu hadde topper i 2006 (furubarveps) og 2018 (abiotiske faktorer: snø, tørke, frost). I 2022 var det en økning i angrep av furubarveps, men en nedgang i skader med abiotiske årsaker.

Bjørk har i de fleste årene siden 2005 hatt et betydelig høyere skadenivå enn gran og furu (Figur 17) med topper i 2007 (målere og andre insekter), 2011 (bjørkerust) og 2017 (målere og bjørkerust). I 2020 var skadenivået på det laveste siden registreringene startet i 2005 med ingen registrerte bjørkerustangrep og bare få målerskader. I 2021 økte målerangrepene igjen i antall, og det så ut til å gå mot en ny skadetopp for bjørk. I 2022 ble det likevel registrert vesentlig færre målerskader enn i 2021, og selv om andelen bjørkerustangrep økte kraftig gikk det samlede skadenivået hos bjørk ned.

Skadenivået hos andre løvtrær var vesentlig lavere i 2022 enn i toppåret 2019 da det ble registrert mange tørke- og insektskader. Det ble registrert færre soppangrep i 2022 enn i 2021.

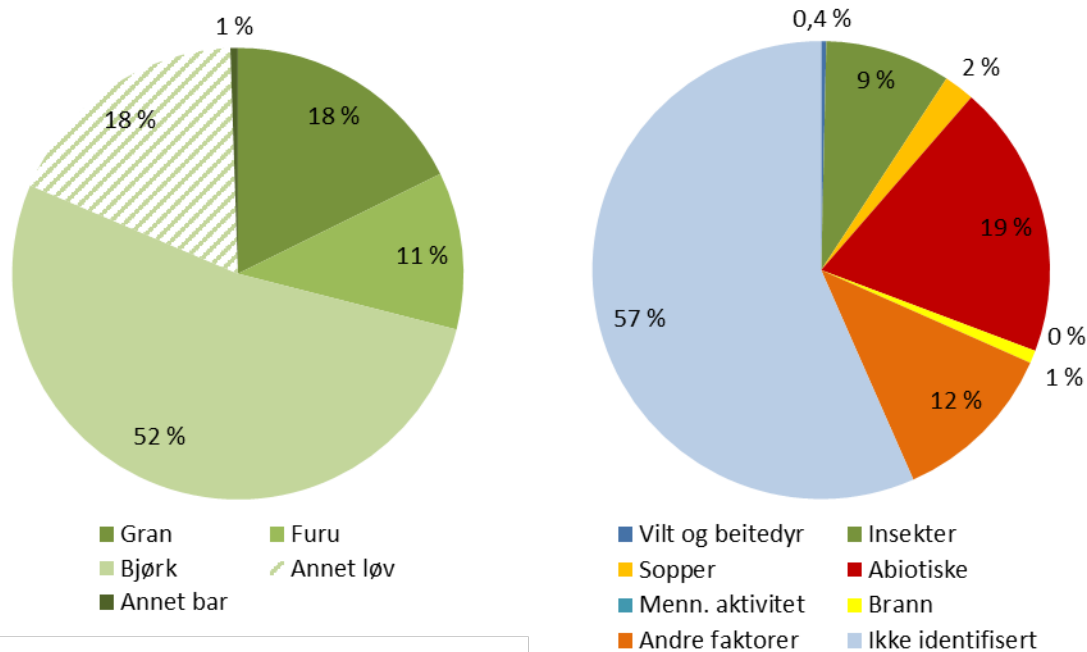


Figur 17. Utvikling i samlet skadenivå hos gran, furu og bjørk 2005–2022 og hos andre løvtrær 2013–2022.

### 1.3.3.6 Døde trær

Av nye døde trær siden forrige registrering på de samme flatene i 2017 var mer enn halvparten bjørketrær (52 %), 18 % var grantrær, 11 % furutrær og 18 % andre løvtrær (for det meste gråor, rogn og selje) (Figur 18, venstre). For mer enn halvparten (56 %) av de døde trærne kunne dødsårsaken ikke fastslås med sikkerhet (Figur 18, høyre). Den viktigste kjente årsaken som førte til at trær døde var abiotiske faktorer (19 %), først og fremst snø, tørke og vind. Årsaksgruppen «andre faktorer» besto nesten utelukkende av undertrykte trær som døde, og utgjorde 12 %. Deretter var det insekter (granbarkbiller og målere, 9 %) som forårsaket trærts død, mens sopper sto for 2 %, og direkte menneskelig aktivitet og brann for 1 % hver.

Granbarkbilleren var den viktigste av de identifiserte enkeltårsakene til at grantrær døde, etterfulgt av tørke og snø. Hos furu var det snøskader som førte til flest døde trær. Hos bjørk var det hovedsakelig snøbrekk og målere som tok livet av trærne. Dødsårsaken hos gruppen andre løvtrær lot seg som oftest ikke identifisere i felt.



Figur 18. Trær på Landsskogtakseringens prøveflater som har dødd siden forrige registrering på de samme flatene i 2017. Prosentvis fordelt på treslag (venstre) og grupperte dødsårsaker (høyre).

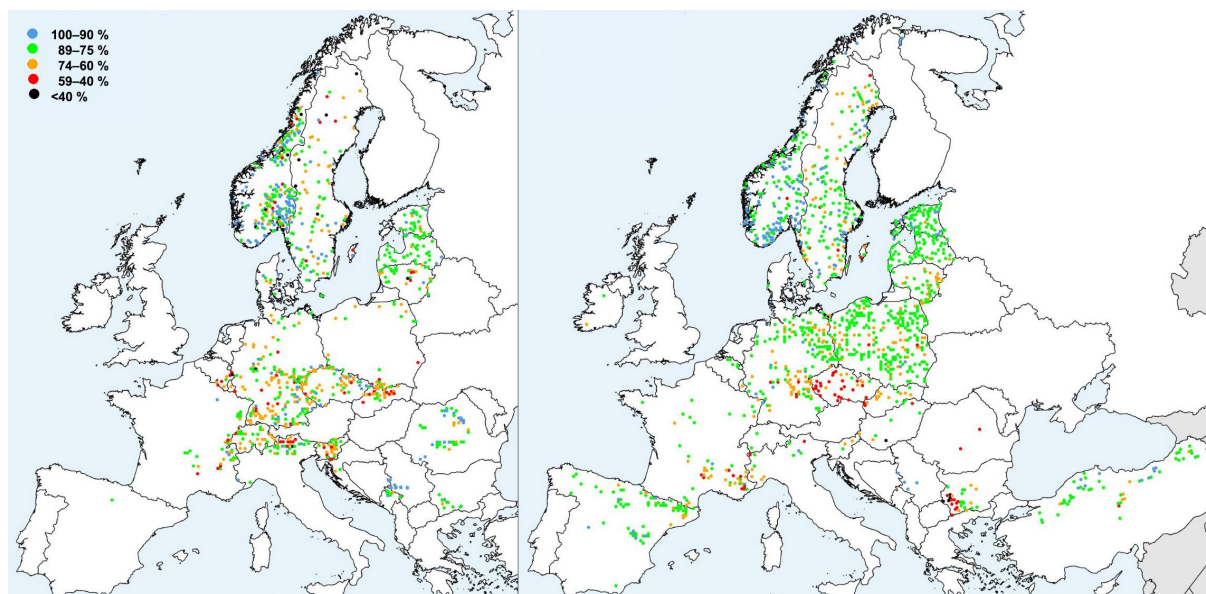
## 1.4 Diskusjon

Utvalget av flater og trær som inngår i overvåkingen varierer fra år til år som følge av Landsskogtakseringens metodikk der hver flate oppsøkes hvert femte år. Dermed kan både antall og alder av overvåkingstrærne variere fra år til år, og det kan i tillegg være variasjoner i antall trær pr. landsdel. Over tid vil likevel trender i utviklingen av kronetetthet bli tydelige i og med at de samme flatene og de samme trærne inngår i overvåkingen hvert 5. år (med unntak av flater og trær som har blitt avvirket, stormfelt o.l.). Metodikken gjør også at noen av de registrerte skadene kan være opptil 5 år gamle. Det er likevel for de fleste skadene mulig å skille mellom årets og eldre skader ved å kombinere årsak med symptomer og skadet del (jf. kapittel 3). Hos løvtrærne vil skader på blader opplagt stamme fra inneværende sesong, det samme gjelder skader som er registrert på årets nåleårgang hos bartrærne.

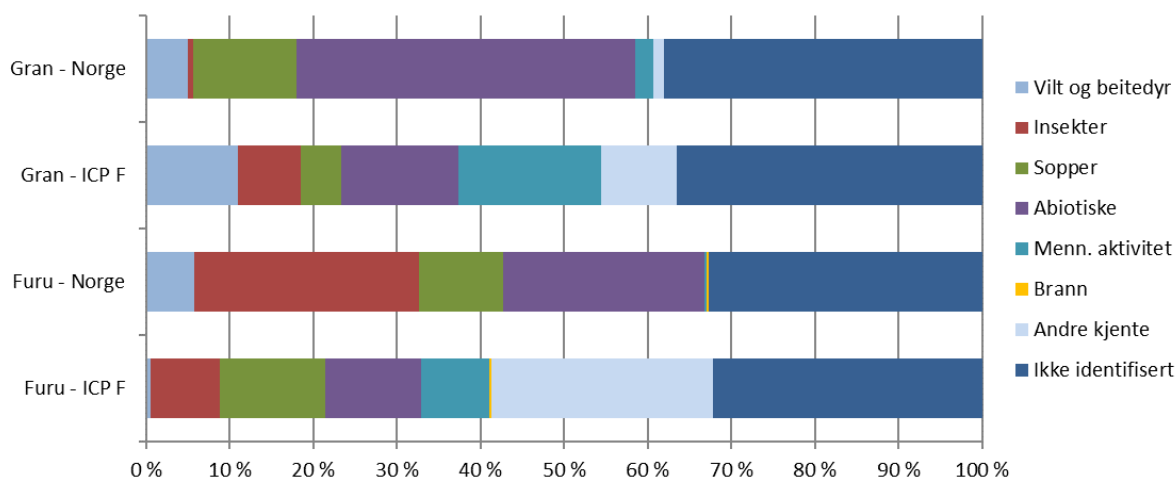
Gran og furu finnes i de fleste europeiske land og utgjorde hhv. 11,1 og 16,6 % av de mer enn 100 000 trærne på ICP Forests' Level I flater i 2022 (Timmermann m.fl. 2023, Figur 19). Grunnet den store geografiske utbredelsen og til dels vide økologiske nisjer, vil disse artene stå overfor svært forskjellige utfordringer mht. klima og skadelige sopp- og insektarter.

Både gran og furu i Norge har høyere gjennomsnittlig kronetetthet sammenlignet med trær på ICP Forests Level I flater i andre land i Europa (hhv. 9,9 og 11,6 %-poeng høyere). Noen regioner i Mellom-Europa har vært rammet av tørke over flere år som har gitt utslag i lav kronetetthet hos gran og furu og generelt svekket helsetilstand hos trærne (Figur 19). Dette gjelder særlig i Tsjekkia, Slovakia og deler av Tyskland. Granskogen i de samme regionene har dessuten vært utsatt for omfattende barkbilleangrep de siste årene, drevet fram av rik tilgang på egnet substrat av tørkesvekkete trær, samt vindfall fra tidligere års stormer. I kombinasjon har disse faktorene ført til en massiv avdøying av gran i Mellom-Europa. I regionen Harz i Tyskland regner man for eksempel med at 70–80 % av granskogen,

tilsvarende et område på rundt 20 000 ha, har blitt drept. Gjenreising av ny skog med andre treslag enn gran vil ta lang tid.



Figur 19. Forekomsten av gran (*Picea abies*, venstre) og furu (*Pinus sylvestris*, høyre) på ICP Forests Level I flater i 2022 (kart etter Timmermann m.fl. 2023). Fargene på symbolene indikerer gjennomsnittlig kronetetthet på hver flate (forklaring øverst til venstre).



Figur 20. Prosentvis fordeling av skadesymptomer på gran (*Picea abies*) og furu (*Pinus sylvestris*) i den landsrepresentative skogovervåkingen i Norge og på ICP Forests Level I flater i 2022 (data for ICP Forests fra Timmermann m.fl. 2023).

Fordelingen av skadeårsaker tyder på at det er forskjeller mellom Norge og andre europeiske land i hvilke skadegjørere som har størst betydning for helsetilstanden hos gran og furu (Figur 20).

Mens 41 % av skadene på gran og 24 % av skadene på furu i Norge skyldtes abiotiske faktorer som snø og vind i 2022, var tilsvarende tall for gran og furu på ICP Forests Level I flater i andre europeiske land bare 14 % og 11 % (Timmermann m.fl. 2023, Figur 20). Andelen insektskader på gran var større på ICP Forests flatene i andre land i Europa enn i Norge, mens andelen sopp-skader på gran var større i Norge. For furu var det motsatt. Andre faktorer som konkurranse mellom trærne (om lys, næring og kronerom) i tette bestand, samt direkte menneskelig aktivitet, hadde langt større betydning for

helsetilstanden til gran og furu i det europeiske Level I nettet enn tilfellet var i Norge. Andelen uidentifiserte skadeårsaker på ICP Forests Level I flater var også høyere for gran enn for andre treslag, og var sammenlignbart med andelen i Norge (Timmermann m.fl. 2023).

Det er gledelig at andelen uidentifiserte skader har gått ned for andre år på rad i Norge. Informasjon om hvilke faktorer som påvirker trærnes helse er svært viktige for å tolke resultatene fra kronebedømmelsen. Opplæring gjennom kurs i skadebestemmelse, ledet av eksperter, vil generelt kunne forbedre kunnskapen om skadegjørere hos feltarbeiderne.

## Litteraturreferanser

- Eichhorn, J., Roskams, P., Potočić, N., Timmermann, V., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D., Seletković, I., Schröck, H.-W., Nevalainen, S., Bussotti, F., Garcia, P., Wulff, S. 2020. Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. Version 2020-3. In: UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 49 p. + annex. ISBN: 978-3-86576-162-0. Last update 06/2023. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>.
- Ferretti, M. 2020. Criterion 2: Maintenance of Forest Ecosystem Health and Vitality. In FOREST EUROPE 2020: State of Europe's Forests 2020. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe.
- Michel, A., Kirchner, T., Prescher, A.K. & Schwärzel, K. (eds.) 2023. Forest condition in Europe: The 2023 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute, *in prep*.
- Timmermann, V., Andreassen, K. & Hysten, G. 2012. Helsetilstanden i norske skoger. Resultater fra den landsrepresentative skogovervåkingen i 2011. Rapport fra Skog og landskap 11/12: VIII, 26 s.
- Timmermann, V., Potočić, N., Ognjenović, M., Kirchner, T. & Hilgers, C. 2023. Tree crown condition in 2022. In: Michel, A., Kirchner, T., Prescher, A.K. & Schwärzel, K. (eds.) 2023. Forest condition in Europe: The 2023 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute, *in prep*.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.) 2022. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde. ISBN: 978-3-86576-162-0. Revised 2020-2022. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>.
- Viken, K.O. 2021 Landsskogtakseringens feltinstruks – 2021. NIBIO BOK 7(5) 2021. ISBN: 978-82-17-02934-2.

## 2 Intensiv skogovervåking

Volkmar Timmermann, Nicholas Clarke (NIBIO), Wenche Aas og Sverre Solberg (NILU)

### 2.1 Innledning

På de intensive skogovervåkingsflatene (ICP Forests Level II) går man mer i dybden med analyser av skogøkologiske forhold, økosystemprosesser og målinger av luftkjemi, som sammen med registrering av kronetilstand bidrar til en bedre forståelse av de enkelte stressfaktorens betydning for skoghelsen. De norske flatene er en del av ICP Forests' Level II nettverk som har totalt ca. 500 flater i mange land i Europa. Det europeiske overvåkingsprogrammet framskaffer viktige data for karbonbudsjetter, om biomangfold, vannkvalitet, næringscykluser og klimaendringens innvirkning på skogen. Våre norske data rapporteres årlig til ICP Forests og inngår dermed i den europeiske skogovervåkingen og rapporteringen (Michel m.fl. 2023), men data fra ICP Forests' langtidsserier brukes først og fremst i mange internasjonale studier<sup>1</sup> og vitenskapelige publikasjoner<sup>2</sup>.

### 2.2 Metoder

#### 2.2.1 Overvåkingsflater

I Norge er tre intensive skogovervåkingsflater i drift (Figur 21). Tabell 4 gir en oversikt over viktige karaktertrekk ved flatene. Flatene i Birkenes og Hurdal har et areal på omkring ett dekar, mens flata i Osen er på rundt tre dekar. Alle flatene er omgitt av en ytre sone hvor enkelte av registreringene foretas. Skogen på flatene er dominert av gran. Innblanding av furu forekommer, og er størst i Osen. Her registreres kronetilstand både hos gran og furu. Overvåkingen startet i Birkenes i 1986, i Osen i 1987 og i Hurdal i 1996.

Tabell 4. Oversikt over de intensive overvåkingsflatene. Hoh = Høyde over havet. Alder = Bestandsalder.

| Flatenavn     | Treslag   | Areal (daa) | Bonitet (H40) | Alder 2021 | Hoh (m) | Tre-antall | Etablering | Vegetasjonstype | Startår |
|---------------|-----------|-------------|---------------|------------|---------|------------|------------|-----------------|---------|
| Birkenes (BI) | Gran      | 1,12        | 12,9          | 136        | 190     | 149        | Naturlig   | Blåbærskog      | 1986    |
| Hurdal (HU)   | Gran      | 1,03        | 17,0          | 94         | 275     | 74         | Naturlig   | Blåbærskog      | 1996    |
| Osen (OS)     | Gran+furu | 3,15        | 12,4          | 168        | 510     | 391        | Naturlig   | Blåbærskog      | 1987    |

#### Birkenes

Overvåkingsflata i Birkenes ligger i blåbærdominert granskog i boreonemoral vegetasjonssone ca. 190 moh. (sørboreal overtar fra drøyt 300 moh. i området) og klart oseanisk vegetasjonsseksjon (Moen 1998). Berggrunnen i området består av granitt, som er dekket av morenejord av vekslende tykkelse. Noen mindre torvmarksområder forekommer rundt bekkene utenfor overvåkingsområdet. Høydeforskjellene i terrenget inntil fem hundre meters avstand fra feltet er på 50–90 m, mens høydeforskjellene innen feltet er ca. 2 m. Vekst- og fuktighetsforhold varierer noe innen feltet.

<sup>1</sup> <http://icp-forests.net/page/project-list>

<sup>2</sup> <http://icp-forests.net/page/scientific-publications>

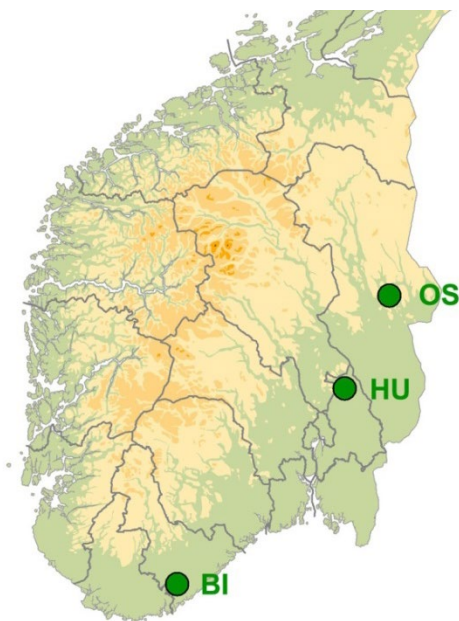
### Hurdal

Overvåkingsfeltet i Hurdal ligger i blåbærdominert granskog ca. 275 moh., og inngår bioklimatisk i overgangsseksjon (OC) og sørboreal sone (SB) (Moen 1998). Berggrunnen, som består av dypbergarten kvartssyenitt, er dekket av morenejord. Noen mindre torvmarksområder forekommer utenfor overvåkingsområdet. Området har over lengre tid vært påvirket av beite fra et mindre antall storfe og sau. Beitetrykket har trolig vært nokså konstant i overvåkingsperioden. Deler av området har fått noe økt lystilgang på bakkenivå det siste tiåret forårsaket av en hogst vest for overvåkingsfeltet.

### Osen

Overvåkingsfeltet i Osen er eksponert mot nord-vest, og ligger ca. 510 moh., ved foten av stigningen opp mot Talsnesberget (659 moh.) og Sissilknollen (727 moh.). Feltet ligger ca. 30 høydemeter over et flatere myrrikt område med slak helning mot nord og vestover mot Osensjøen (438 moh.).

Overvåkingsfeltet ligger i blåbærdominert granskog, og inngår bioklimatisk i overgangsseksjon (OC) og mellomboreal sone (MB) (Moen 1998). Berggrunnen består av sedimentære bergarter fra kambrium-ordovicium, dekket av morenejord. Etter etableringen i 1987 har det blitt utført hogst i området omkring, først i sør (ca. 2005), siden i vest og nord (ca. 2007), men en buffer med trær omkring overvåkingsfeltet antas å ha hindret økt lystilgang på bakkenivå.



Figur 21. Lokalisering av de intensive overvåkingsflatene (Kilde: NIBIO).

## 2.2.2 Måleprogram

Med unntak for luftmålinger har alle flatene et nesten identisk måleprogram. Metodene er iht. ICP Forests' manual (UNECE 2022), som også anvendes i de andre europeiske land. I måleprogrammet inngår vurdering av trærnes kronetilstand, tilvekstmålinger, analyser av kjemisk innhold i jord, luft, nedbør, jordvann og barnåler, samt analyser av skogsvegetasjonen (Tabell 5). Enkelte registreringer utføres årlig eller med flere års mellomrom, mens noen målinger foretas kontinuerlig eller med bare en til to ukers mellomrom.

Tabell 5. Måleprogram og frekvens på de intensive overvåkingsflatene.

| Målinger            | Flater      | Frekvens                                   |
|---------------------|-------------|--|
| Kronetilstand       | Alle flater | Årlig                                      |
| Tilvekst            | Alle flater | Hvert femte år                             |
| Jordkjemi           | Alle flater | Hvert tiende til tjuende år                |
| Barnålkjemi         | Alle flater | Annethvert år                              |
| Nedbør (Fritt fall) | Alle flater | Kontinuerlig (NILU i BI og HU, NIBIO i OS) |
| Nedbør (Kronedrypp) | Alle flater | Kontinuerlig                               |
| Jordvann            | Alle flater | Kontinuerlig i vekstsesongen               |
| Vegetasjon          | Alle flater | Hvert femte år                             |
| Strøfall            | -           | Avsluttet i 2011                           |
| Meteorologi         | BI, HU      | Kontinuerlig (NILU)                        |
| Luftkjemi           | BI, HU      | Kontinuerlig (NILU)                        |
| Fenologi            | -           | Utføres ikke i Norge                       |
| Ozonskader          | -           | Utføres ikke i Norge                       |

#### *Trærnes kronetilstand*

Kronebedømmelse er en subjektiv vurdering av trærnes kronetilstand basert på registreringer av blant annet kronetetthet, kronefarge, skader, blomst- og konglemengde etter ICP Forests' standardmetoder (Eichhorn m.fl. 2020), med særlig vekt på registrering av biotiske og abiotiske skader og deres årsaker. Kronebedømmelse utføres med kikkert på alle gran- og furutrær som ikke er undertrykt, har toppbrekk eller andre betydelige mekaniske skader. Kronetetthet er definert som mengden av levende bar i krona, oppgitt i prosent (0-99 %) av en antatt fulltett krone, der det er tatt hensyn til treets potensial på voksestedet og dets sosiale status (Kraftklasse). Redusert barmasse som følge av påvirkning fra nabotrær, naturlig utskygging eller blomstring skal ikke registreres som redusert kronetetthet. Feltarbeidet i 2022 ble utført 19.–20.9. i Osen og 22.9. i Hurdal. Birkenes ble ikke besøkt i 2022.

#### *Kjemiske komponenter i luft*

Målinger av forurensning i luft og nedbør, atmosfæriske tilførsler, utføres av Norsk institutt for luftforskning (NILU, Aas m.fl. 2023). I 2022 ble svovel- (S) og nitrogen- (N) forbindelser i luft målt på fire stasjoner i fastlands-Norge (Birkenes, Hurdal, Kårvatn og Tustervatn), hvorav to er tilknyttet intensive skogovervåkingsflater (BI, HU). Innholdet av magnesium (Mg), kalsium (Ca), kalium (K), klorid (Cl<sup>-</sup>) og natrium (Na<sup>+</sup>) i luft ble også bestemt. Prøver ble tatt døgnvis.

Konsentrasjonen av bakkenært ozon ble målt med UV-monitor på syv stasjoner på fastlandet i 2022: Birkenes (Aust-Agder), Haukenes (Telemark), Prestebakke (Østfold), Hurdal (Akershus), Sandve (Rogaland), Kårvatn (Møre og Romsdal) og Tustervatn (Nordland).

#### *Kjemiske komponenter i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog*

Innsamling og analyse av frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann skjedde på samme måte i 2022 som i tidligere år. Dette gjør det mulig å se på langtidstrender over de siste 32 årene og å sammenligne mellom årene. Frittfallende nedbør og kronedrypp er samlet inn annenhver uke om vinteren og hver uke om sommeren, mens jordvannet er samlet inn hver uke i den frost- og telefrie delen av året. Frittfallende nedbør er innsamlet i tre innsamlere på ei åpen flate nær skogen omtrent 1,5 m over bakken, mens kronedrypp er samlet inne i skogen i ti innsamlere omtrent 50 cm over bakken. Lysimeter for jordvannprøvetaking er sonder, unntatt platelysimeter ved 15 cm jorddybde på Birkenes. De er plassert slik at de suger jordvann kontinuerlig fra omkring den nedre grensen av humussjiktet (omtrent ved 5 cm jorddybde), og fra både øvre og nedre del av mineraljorda (omtrent ved 15 og 40 cm jorddybde). Det er normalt tre lysimeter på hver dybde, altså ni totalt. Prøvene blir slått sammen til en prøve per sjikt for hver 4-ukers periode og kjemiske analyser blir utført på NIBIOs kjemiske

laboratorium etter metodene beskrevet av Ogner m.fl. (1999). Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner er beregnet for noen elementer og forbindelser i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann, mens pH er beregnet ut fra volumveide årsmiddelerverdier av H<sup>+</sup>-aktivitet. For frittfallende nedbør og kronedrypp, er avsetning, dvs. årlig mengde per hektar, beregnet som konsentrasjon ganget med vannmengde i mm. Ledningsevne er ikke volumveid. Der konsentrasjonen var under deteksjonsgrensen, er den satt lik halve deteksjonsgrensen. Sjøsaltkorrigerede konsentrasjoner av sulfat-S (ikke marint, nmSO<sub>4</sub>-S) er beregnet ut fra klorid (Cl<sup>-</sup>)-konsentrasjoner med formelen: nmSO<sub>4</sub>-S = SO<sub>4</sub>-S - (0,054 \* Cl<sup>-</sup>), der vi antar at klorid har sin opprinnelse kun fra sjøsalt og er upåvirket av økosystemprosesser i skogen, noe som omtrent stemmer for flater med høy kloridavsetning (Svensson m.fl. 2012).

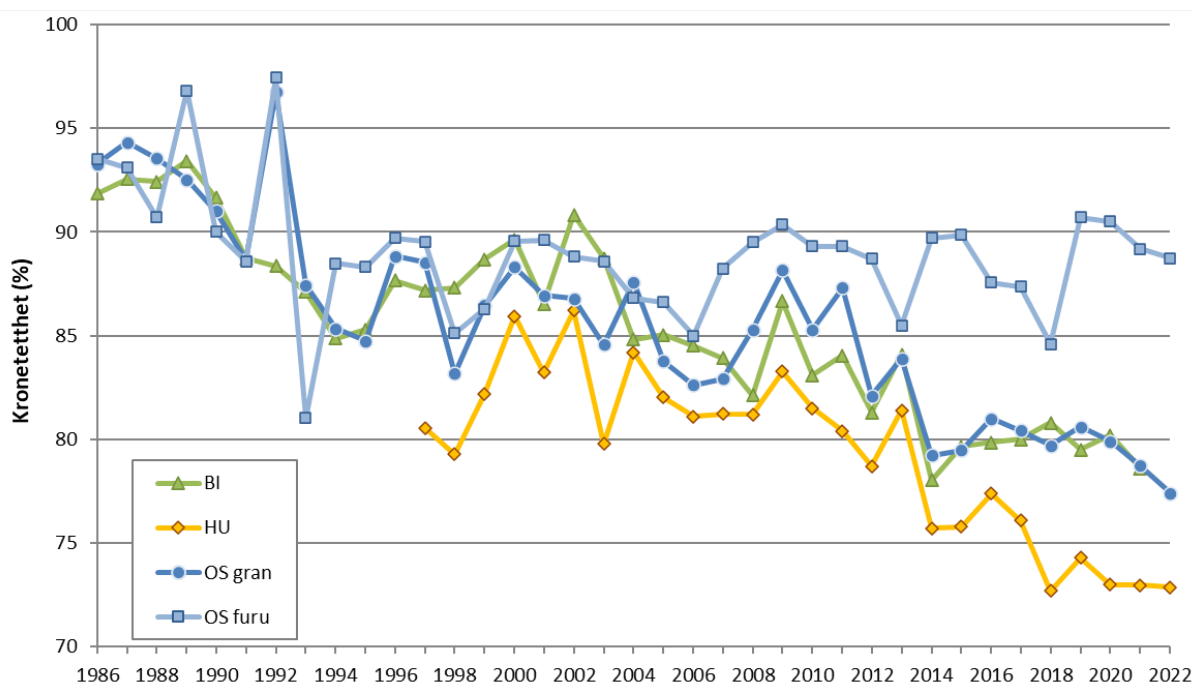
## 2.3 Resultater og diskusjon

### 2.3.1 Trærnes kronetilstand

#### Hurdal

Gjennomsnittlig kronetetthet hos gran i Hurdal var med 72,9 % uforandret lavt i 2022 (Figur 22). Som tidligere hadde flata i Hurdal lavest kronetetthet og mest misfarging av alle overvåkingsflater.

17 grantrær (40 %) hadde en kronetetthet lavere enn 75 % i 2022, hvorav 1 var nesten dødt og 2 er veldig skrantende og forventes å dø innen noen få år. Skuddavdøing ble observert på 10 grantrær, og kan blant annet skyldes honningsoppangrep (toppskranting) eller tørke. 2 trær hadde hull etter svartspett og 25 (58%) hadde misfarging. Det var 3 nye døde grantrær i Hurdal med tegn til barkbilleangrep.



Figur 22. Utvikling i gjennomsnittlig kronetetthet over tid for gran og furu på de intensive overvåkingsflater i Birkenes (BI) og Osen (OS) fra 1986 og i Hurdal (HU) fra 1996. Birkenes ble ikke besøkt i 2022.



## Osen

Gjennomsnittlig kronetetthet hos gran i Osen var på 77,4 % i 2022, en nedgang på 1,3 %-poeng i forhold til 2021 (Figur 22). Kronetettheten hos gran i Osen har fra 2014 til 2020 vært relativt lav (rundt 80 %) men stabilt, og har avtatt de to siste årene.

15 grantrær (29 %) hadde en kronetetthet lavere enn 75 %, og ett av disse hadde skuddavdøing, mens 17 (33 %) hadde misfarging. Det ble ikke registrert nye vind- eller snøskader.

Kronetetthet hos furu i Osen gikk svakt ned med 0,4 %-poeng til 88,7 % i 2022. Ett furutre hadde en død topp pga. angrep av tyritoppsopp, mens bare 2 furutrær var misfarget.

## Diskusjon

Det var store variasjoner i kronetettheten på granflatene i Birkenes, Hurdal og Osen på 1990-tallet, i begynnelsen av 2000-tallet og i perioden etter 2007. På 1990-tallet var det også store variasjoner i kronefarge og generelt mye misfarging på gran i Birkenes og Hurdal, som mest sannsynlig var relatert til hyppige tørkeperioder. Det er en tydelig trend med synkende kronetetthet over tid for gran i Birkenes og Osen som delvis kan tilskrives trærnes økende alder, mens en tilsvarende trend først inntreffer fra 2004 i Hurdal. Flata i Birkenes har vært preget av topp- og snøbrekk, særlig i årene 1988, 2006 og 2018. Når toppbrekket skjer høyt oppe i krona vil trærne som oftest overleve og sette ny topp etter noen år. Enkeltrær på flata i Hurdal er sterkt preget av råteskader med lav kronetetthet og mye misfarging som følge, og flere trær på flata har dødd de seinere årene som følge av slike skader, ofte i kombinasjon med andre faktorer som vindfelling og tørken i 2018 med påfølgende barkbilleangrep. Siden 2018 har den gjennomsnittlige kronetettheten i Hurdal ligget under 75 %, og etter definisjonen i Lorenz m.fl. (2009) må derfor hele bestandet anses som skadet. Ferretti m.fl. (2021) fant en negativ påvirkning på trærnes tilvekst allerede ved en kronetetthet lavere enn 85 %. Kronetettheten for furu i Osen har vært relativt stabil siden midten av 1990-tallet, uten tydelig trend i utviklingen over tid, men med noen variasjoner de siste årene. Tørkesommeren 2018 ser ut til å ha påvirket kronetilstanden hos furu negativt med lav kronetetthet og en del misfarging i 2018. Kronetilstanden har imidlertid vært stabil god etter dette, og det ser ut til at furutrærne har kommet seg igjen.

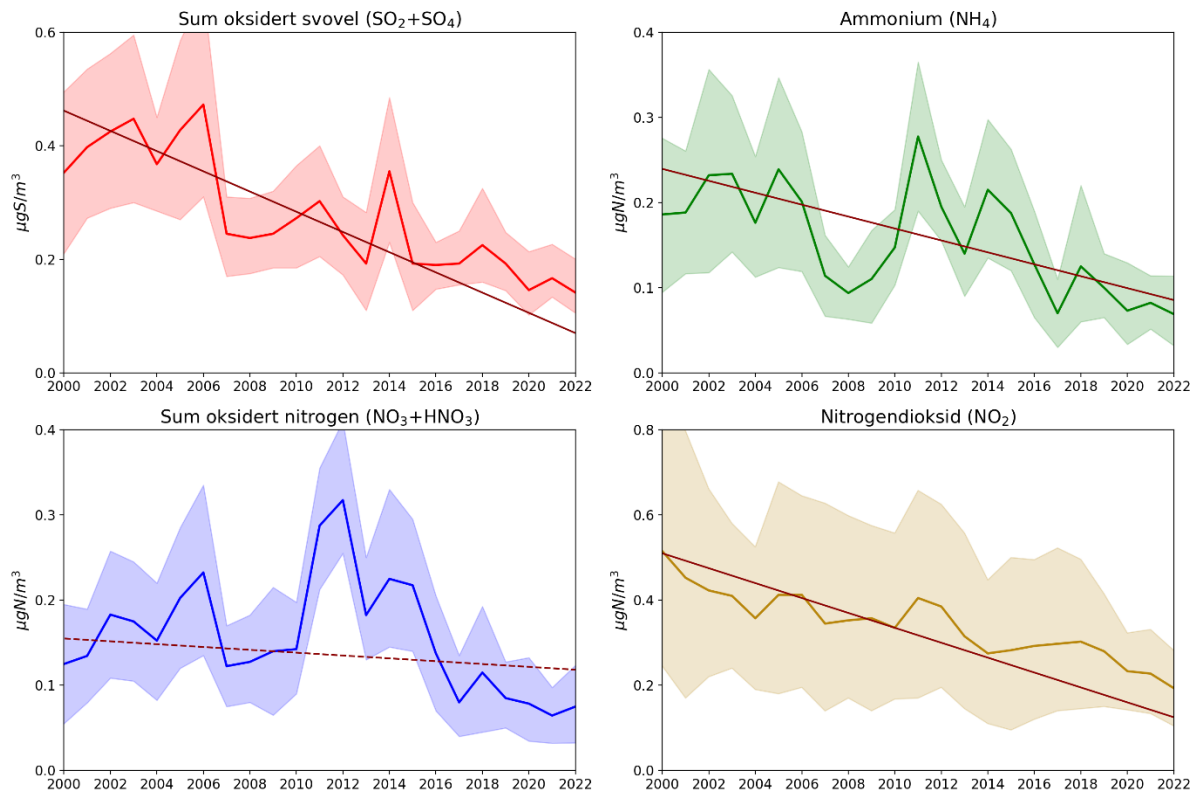
## 2.3.2 Kjemiske komponenter i luft

### Svovel- og nitrogenforbindelser

Observatoriet i Birkenes hadde de høyeste nivåene av de fleste luftkomponentene som ble målt i 2022, utenom for nitrogendioksid ( $\text{NO}_2$ ) som var høyest i Hurdal, og ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ) som var høyest i Kårvatn (Tabell 6). Den totale avsetningen av forurensing fra atmosfæren er summen av våt- og tørravsetning. Tørravsetning beregnes ved å kombinere luftkonsentrasjonen med estimerte avsetningshastigheter, mens våtavsetning er et produkt av nedbørmengde og konsentrasjonen av komponenter i frittfallende nedbør, som diskuteres i kapittel 2.3.3. Våtavsetningen er generelt betydelig høyere enn tørravsetningen i Norge, men hvor mye avhenger av hvor ofte og mye det regner. Bidraget av tørravsetning til den totale avsetningen er for eksempel høyere i Finnmark enn på Vestlandet (Lewis m.fl. 2023).

Tabell 6. Årsmiddelkonsentrasjoner ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) av luftkomponenter på norske bakgrunnsstasjoner i 2022.

| Stasjon    | $\text{SO}_2$<br>$\mu\text{g-S}/\text{m}^3$ | $\text{SO}_4^{2-}$<br>$\mu\text{g-S}/\text{m}^3$ | $\text{NO}_2$<br>$\mu\text{g-N}/\text{m}^3$ | sum $\text{NO}_3^-$<br>$\mu\text{g-N}/\text{m}^3$ | $\text{NO}_3$<br>$\mu\text{g-N}/\text{m}^3$ | sum $\text{NH}_4^+$<br>$\mu\text{g-N}/\text{m}^3$ | $\text{NH}_4^+$<br>$\mu\text{g-N}/\text{m}^3$ | Mg<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Ca<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | K<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Cl<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Na<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|------------|---|--|---|---|---|---|---|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Birkenes   | 0,06  | 0,18   | 0,25  | 0,15  | 0,13  | 0,31  | 0,14  | 0,06                           | 0,05                           | 0,04                          | 0,68                           | 0,52                           |
| Hurdal     | 0,02  | 0,10   | 0,32  | 0,08  | 0,07  | 0,25  | 0,07  | 0,02                           | 0,03                           | 0,03                          | 0,15                           | 0,15                           |
| Kårvatn    | 0,02  | 0,09   | 0,13  | 0,04  | 0,02  | 0,55  | 0,03  | 0,03                           | 0,04                           | 0,03                          | 0,30                           | 0,22                           |
| Tustervatn | 0,02  | 0,08   | 0,08  | 0,03  | 0,02  | 0,41  | 0,04  | 0,03                           | 0,02                           | 0,02                          | 0,35                           | 0,23                           |



**Figur 23.** Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ( $\text{SO}_2+\text{SO}_4$ ), sum nitrat ( $\text{HNO}_3+\text{NO}_3$ ), ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) og nitrogendioksid ( $\text{NO}_2$ ) på fire norske bakgrunnsstasjoner (Birkesnes, Hurdal, Kårvatn, Tustervatn) 1990–2022. Det fargede området indikerer Interkvartilområdet (IQR - *Interquartile range*) rundt gjennomsnittet. Den røde linjen indikerer trenden for perioden (*Sen's slope*). Hel linje viser signifikant trend, stiplet linje ikke-signifikant trend.

Konsentrasjonene av nitrogen- og svovelkomponenter i luft i 2022 var likt eller noe lavere enn i 2021. I et lengre perspektiv har det vært betydelig nedgang i disse konsentrasjonene. Figur 23 viser trender fra 2000 til 2022. Den totale gjennomsnittlige reduksjonen av svovel i luft ( $\text{SO}_2 + \text{SO}_4$ ) siden 1990 er 94 % ( $\pm 3$  %) og 71 % ( $\pm 8$  %) siden 2000. Årsmiddelkonsentrasjonen av ammonium i luft viser en gjennomsnittlig signifikant reduksjon på 61 % ( $\pm 5$  %) fra 2000, mens for sum nitrat i luft var det kun en signifikant reduksjon på Hurdal (60 % fra 2000). Gjennomsnittet for alle stasjoner viser heller ingen signifikant nedgang for sum nitrat (Figur 18). Det har imidlertid vært en tydelig og signifikant nedgang for nitrogendioksid, 68 % ( $\pm 18$  %) siden 1990 og 54 % ( $\pm 11$  %) fra 2000.

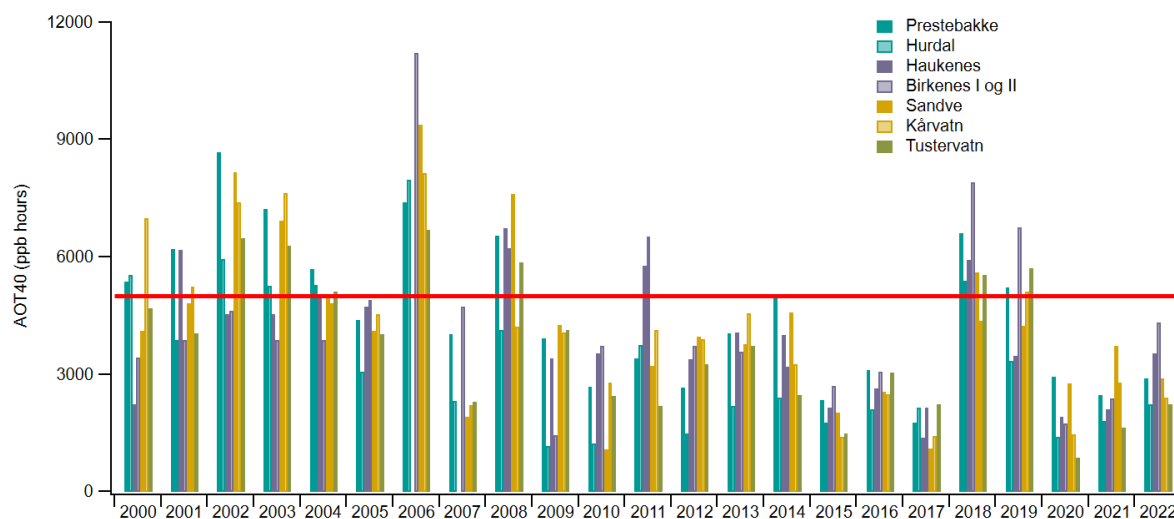
### Ozon

Ozonnivåene er i stor grad styrt av værforholdene og vil dermed variere fra år til år avhengig av meteorologien. Grovt sett kan man si at ozonivået i Norge er en sum av bakgrunnsnivået på den nordlige halvkule og kortvarige episoder (med noen dagers varighet) på toppen av det i sommerhalvåret. Til forskjell fra andre forurensninger utgjør bakgrunnsnivået en stor del av totalnivået for ozon. Ozonepisodene i sommerhalvåret henger gjerne sammen med høytrykk i sør/sørøst med transport av varme luftmasser inn til landet.

UNECE og EU opererer med litt ulike definisjoner av grenseverdier knyttet til vegetasjon. Alle grenseverdiene er basert på en langtidseksponering gjennom vekstsesongen, men definisjonene varierer litt med hensyn på hvilke timer av døgnet som skal regnes med. UNECE opererer også med ulike grenseverdier for skog og annen vegetasjon.

De tradisjonelle grenseverdiene har vært knyttet til AOT40 (Akkumulert Ozonoverskridelse over Terskelverdien 40 ppb), mens UNECE (Working group on effects) i seinere år har anbefalt å gå over fra AOT40 til såkalte POD-verdier (Phytotoxic Ozone Dose), som gir et bedre mål for den faktiske

fluksen av ozon inn i plantene og dermed et bedre mål for skadene. Ulempen med POD-verdier er at disse krever modellberegninger med detaljerte data for lokal meteorologi og vegetasjon som ofte ikke er tilgjengelig på stasjonene. Av den grunn brukes fortsatt AOT40 i stor grad ved rapportering av effekter av ozon på vegetasjon, men det er viktig å være klar over begrensningene ved AOT40 som indikator.



Figur 24. Seksmåneders AOT40-verdi (april–september) for årene 2000–2022. UNECEs grenseverdi på 5000 ppb-timer for skog er markert i figuren. AOT40 = Akkumulert Ozonoverskridelse over Terskelverdien 40 ppb (=80 µg/m<sup>3</sup>).

UNECEs tålegrense «critical level» for skog ligger på 5000 ppb-timer for 6-måneders AOT40 (april-september) og er vist i Figur 24 sammen med de målte AOT40-verdiene på de norske stasjonene i perioden 2000-2022. Figuren viser at det har vært overskridelser av tålegrensen for skog i Norge i rundt halvparten av årene siden 2000. I 2022 var det ingen overskridelser av denne grenseverdien. Høyest var verdien på Birkenes med 4344 ppb-timer.

EUs langtidsmål for beskyttelse av planter, tre-måneders AOT40 < 3000 ppb-timer basert på perioden mai-juli, ble heller ikke overskredet i 2022. Høyest var verdien på Birkenes med 2846 ppb-timer.

Generelt var det noe høye ozonnivåer i Norge i 2022. I juli var det en hetebølge i Europa med rekordhøye temperaturer. Dette forårsaket episoder med høye ozonnivåer i Norge (Aas m.fl. 2023). Den høyeste timesverdien av ozon på 177 µg/m<sup>3</sup> ble målt på Sandve, det høyeste årlige maksimum siden 2006 og nær EUs informasjonsterskel på 180 µg/m<sup>3</sup>.

### Diskusjon

De høyeste nivåene av svovel- og nitrogenforbindelser i luft ble i 2022 målt på Birkenes slik som i tidligere år (Aas m.fl. 2023). Dette skyldes fortsatt langtransportert forurensing fra kontinentet. Den høyeste konsentrasjonen av nitrogendioksid ble målt i Hurdal, noe som trolig skyldes utslipp fra veitrafikken i denne regionen.

UNECEs tålegrense («critical level») for bakkenært ozon for skog ligger på 5000 ppb-timer for 6-måneders AOT40 (april–september), og det har vært overskridelser av denne tålegrensen i Norge i rundt halvparten av årene siden 2000. I 2022 var det ingen overskridelser av denne grenseverdien, men det var høye episoder av ozon i juli forårsaket av en hetebølge i Europa.

### 2.3.3 Kjemiske komponenter i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

#### Nedbør og kronedrypp

Nedbørsmengde (mm), pH, og beregnet avsetning (kg/ha/år) av noen grunnstoffer og forbindelser i frittfallende nedbør og kronedrypp i 2022 er vist i Tabell 7.

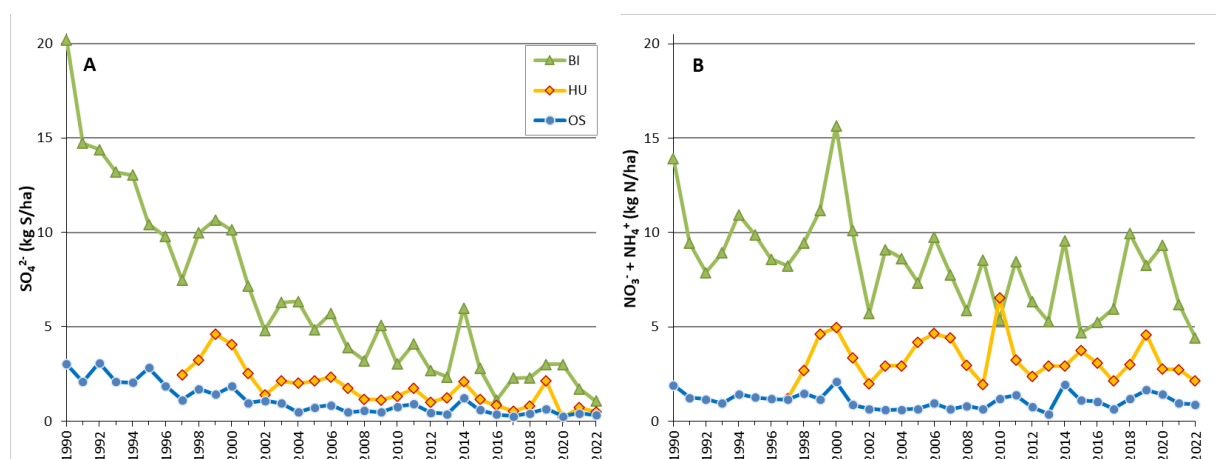
Tabell 7. Nedbørsmengde (mm), pH, og avsetning av kjemiske grunnstoffer og forbindelser (kg/ha/år) i 2022.

Tot-N = total N, nm = ikke-marint, DOC = løst organisk karbon, M = manglende verdi. Data for frittfallende nedbør i BI og HU er fra NILU, øvrige data fra NIBIO.

| Flate                        | mm   | pH   | NH <sub>4</sub> -N | NO <sub>3</sub> -N | Tot-N | SO <sub>4</sub> -S | nmSO <sub>4</sub> -S | Ca   | K     | Mg   | Na    | Cl <sup>-</sup> | DOC  |
|------------------------------|------|------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|----------------------|------|-------|------|-------|-----------------|------|
| <b>Frittfallende nedbør:</b> |      |      |                    |                    |       |                    |                      |      |       |      |       |                 |      |
| BI                           | 1618 | 5,04 | 3,64               | 3,89               | M     | 3,66               | 1,69                 | 2,27 | 1,22  | 2,33 | 21,07 | 36,07           | M    |
| HU                           | 930  | 5,12 | 1,58               | 1,78               | M     | 1,20               | 0,96                 | 0,88 | 0,57  | 0,26 | 2,25  | 3,79            | M    |
| OS                           | 722  | 5,47 | 1,01               | 0,65               | 2,38  | 0,79               | 0,60                 | 0,29 | 0,76  | 0,04 | 1,47  | 4,12            | 6,50 |
| <b>Kronedrypp</b>            |      |      |                    |                    |       |                    |                      |      |       |      |       |                 |      |
| BI                           | 1425 | 5,28 | 2,42               | 2,00               | 6,56  | 3,71               | 1,06                 | 4,56 | 16,39 | 3,49 | 26,14 | 49,88           | 91,2 |
| HU                           | 591  | 5,57 | 1,54               | 0,59               | 3,37  | 0,77               | 0,49                 | 0,95 | 9,76  | 0,42 | 2,47  | 5,32            | 37,2 |
| OS                           | 495  | 5,25 | 0,64               | 0,25               | 1,78  | 0,50               | 0,32                 | 0,89 | 6,33  | 0,33 | 1,57  | 3,32            | 43,1 |

Som i tidligere år er avsetning av forsurende stoffer (uorganisk nitrogen og ikke-marint sulfat) høyere i Birkenes på Sørlandet enn i Hurdal og Osen, grunnet kortere avstand til de forurensningskildene lengre sør i Europa. Figur 25 viser utviklingen over tid i avsetning av ikke-marint SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> og uorganisk nitrogen (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) i kronedrypp på de tre intensive flatene.

Avsetningen av antropogent sulfat fortsatte å være lav på alle tre flater. I Birkenes ser avsetningen av uorganisk nitrogen ut til å være avtakende, mens på de andre flatene har det vært i stort sett uendret, unntatt svingninger mellom årene.



Figur 25. Utviklingen i avsetning av (A) ikke-marint SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> og (B) uorganisk nitrogen (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) i kronedrypp i kg/ha/år.

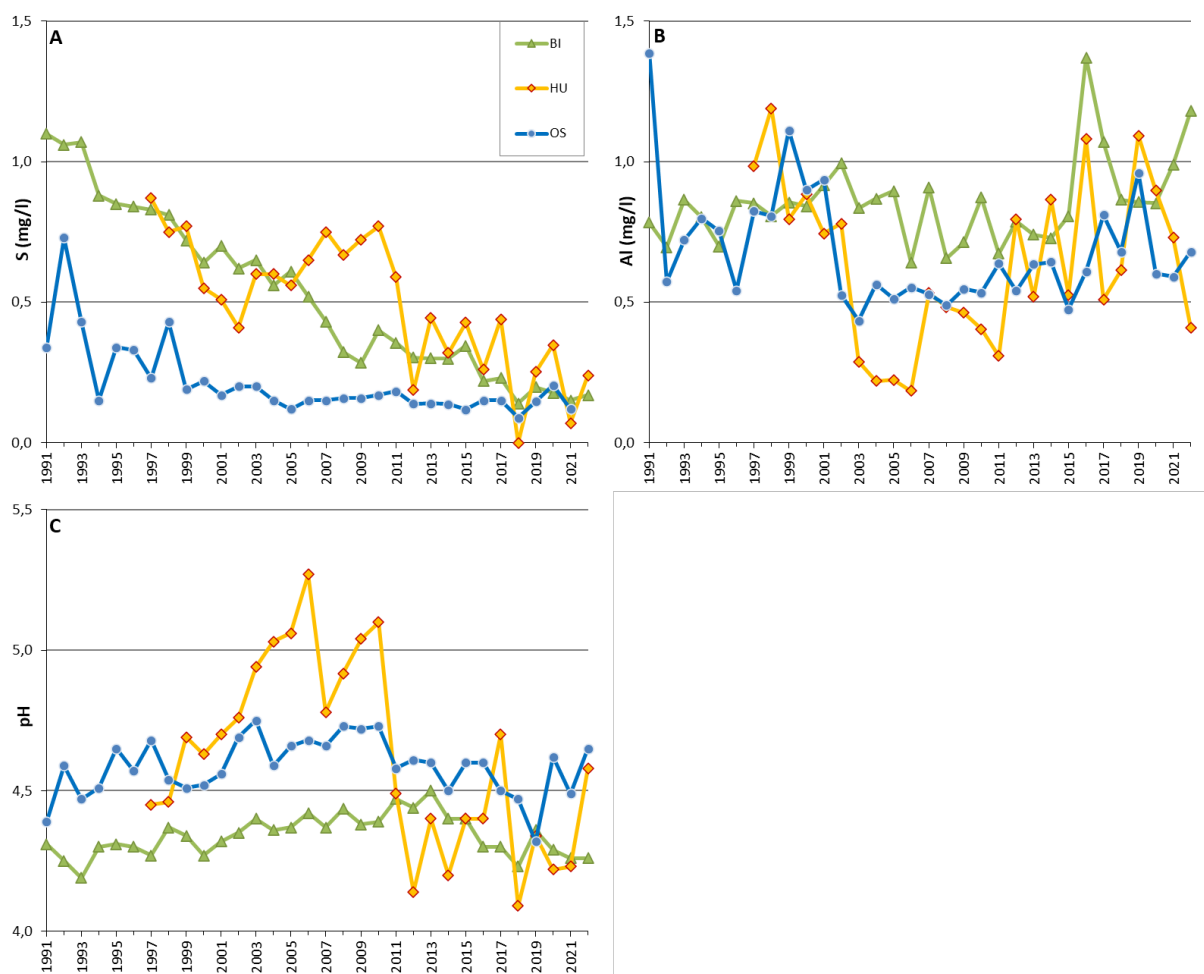
## Jordvann

Tabell 8 viser volumveide årsmiddelkonsentrasjoner av noen kjemiske grunnstoffer og forbindelser, ledningsevne (som ikke er volumveid) og pH i jordvann i 2022. Utviklingen over tid for total Al, ikke-marint SO<sub>4</sub>-S og pH i jordvann ved 15 cm dybde på de tre flatene er vist i Figur 26. Utviklingen fra tidligere år ser ut til å fortsette, med fortsatt reduksjon i konsentrasjoner av antropogent sulfat. Total Al og pH viser ikke til noen tydelige trender, men det ser ut til ha vært en tendens til noe økte aluminiumkonsentrasjoner og redusert pH i de siste årene (Figur 20).

Tabell 8. Volumveide middelkonsentrasjoner (mg/l) av kjemiske grunnstoffer og forbindelser i jordvann i 2022.

Led = ledningsevne (µS/cm, ikke volumveid), Tot = total, nm = ikke marint, DOC = løst organisk karbon, \* = platelysimeter, øvrige lysimeter er sonder, M = manglende verdi. Alle data er fra NIBIO.

| Flate | Sjikt | Led | pH   | Tot-Al | Ca   | Fe   | K    | Mg   | Mn    | Na   | NH <sub>4</sub> -N | NO <sub>3</sub> -N | SO <sub>4</sub> -S | nm SO <sub>4</sub> -S | Cl <sup>-</sup> | DOC  |
|-------|-------|-----|------|--------|------|------|------|------|-------|------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|------|
| BI    | 15*   | 39  | 4,26 | 1,18   | 0,15 | 0,27 | 0,06 | 0,13 | 0,001 | 2,73 | 0,06               | 0,03               | 0,30               | 0,17                  | 2,4             | 31,0 |
| BI    | 40    | 32  | 4,78 | 0,36   | 0,12 | 0,22 | 0,14 | 0,15 | 0,001 | 3,46 | 0,07               | 0,03               | 0,89               | 0,62                  | 5,0             | 4,1  |
| HU    | 5     | 59  | 3,92 | 0,85   | 0,16 | 0,26 | 0,35 | 0,08 | 0,017 | 0,99 | 0,07               | 0,03               | 0,07               | 0,05                  | 0,4             | 47,7 |
| HU    | 15    | 31  | 4,58 | 0,41   | 0,07 | 0,08 | 0,23 | 0,03 | 0,019 | 1,27 | 0,07               | 0,03               | 0,28               | 0,24                  | 0,7             | 15,2 |
| HU    | 40    | 11  | 5,50 | 0,03   | 0,06 | 0,00 | 0,09 | 0,03 | 0,022 | 1,35 | 0,06               | 0,03               | 0,44               | 0,38                  | 1,0             | 0,9  |
| OS    | 15    | M   | 4,65 | 0,68   | 0,29 | 0,77 | 0,69 | 0,29 | 0,013 | 0,46 | 0,15               | M                  | M                  | M                     | M               | 20,2 |
| OS    | 40    | 11  | 4,99 | 0,48   | 0,11 | 0,05 | 0,42 | 0,14 | 0,012 | 0,65 | 0,05               | 0,03               | 0,34               | 0,31                  | 0,6             | 7,8  |



Figur 26. Utviklingen i (A) ikke-marint SO<sub>4</sub>-S (mg/l), (B) total Al (mg/l) og (C) pH i jordvann fra 15 cm-sjiktet.

## Diskusjon

Avsetning av alle stoffer er avhengig ikke kun av konsentrasjonene av disse stoffer, men også av nedbørmengde, noe som forklarer mye av svingninger mellom årene. Avsetning av antropogent sulfat fortsetter å være relativt lav på alle tre flater. Nedgangen i avsetning av ikke-marint sulfat over tid (figur 19) er sett også i andre europeiske land (Waldner m.fl. 2014) og har ledet til en signifikant nedgang i tilsvarende konsentrasjoner i jordvann (Johnson m.fl. 2018, figur 20) og avrenning av spesielt ikke-marint sulfat (Forsius m.fl. 2020). Reduksjonen har i stor grad flatet ut under de siste årene. Avsetning av uorganisk nitrogen ser ut til å ha blitt redusert på Birkenes, men ikke på de andre flatene. Kloridavsetning er dominert av sjøsalter på Birkenes, men på Osen og Hurdal er sjøsaltavsetning lav og andre kilder til klorid (og natrium) kan være viktige (jf. Svensson mfl. 2012). Avsetning av løst organisk karbon i frittfallende nedbør kan bero på tilførsel av biogene flyktige organiske forbindelser («volatile organic compounds») så vel som organiske partikler (Liptzin m.fl. 2022).

I jordvannet har vi sett en tendens til noe økte aluminiumkonsentrasjoner og redusert pH ved 15 cm dybde i de siste årene; denne tendensen var uendret i 2022. Nitratkonsentrasjoner i jordvann under vekstsesongen i 2022 var som i tidligere år lave, som oftest under deteksjonsgrensa.

## Litteraturreferanser

- Eichhorn, J., Roskams, P., Potočić, N., Timmermann, V., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D., Seletković, I., Schröck, H.-W., Nevalainen, S., Bussotti, F., Garcia, P., Wulff, S. 2020. Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. In: UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 49 p. + annex. ISBN: 978-3-86576-162-0. Last update 12/2021. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>.
- Ferretti, M., Bacaro, G., Brunialti, G., Calderisi, M., Croisé, L., Frati, L., & Nicolas, M. 2021. Tree canopy defoliation can reveal growth decline in mid-latitude temperate forests. *Ecological Indicators* 127, 107749. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107749>
- Forsius, M., Posch, M., Holmberg, M., Vuorenmaa, J., Kleemola, S., Augustaitis, A., Beudert, B., Bochenek, W., Clarke, N., de Wit, H., Dirnböck, T., Frey, J., Grandin, U., Hakola, H., Kobler, J., Kram, P., Lindroos, A.-J., Löfgren, S., Pecka, T., Rönnback, P., Skotak, K., Szpikowski, J., Ukonmaanaho, L., Valinia, S., Váňa, M. 2020. Assessing critical load exceedances and ecosystem impacts of anthropogenic nitrogen and sulphur deposition at unmanaged forested catchments in Europe. *Science of the Total Environment*, 753: 141791 (2021) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141791>.
- Johnson, J., Graf Pannatier, E., Carnicelli, S., Cecchini, G., Clarke, N., Cools, N., Hansen, K., Meeseburg, H., Nieminen, T.M., Pihl-Karlsson, G., Titeux, H., Vanguelova, E., Verstraeten, A., Vesterdal, L., Waldner, P., Jonard, M. 2018. The response of soil solution chemistry in European forests to decreasing acid deposition. *Global Change Biology*, DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14156>.
- Lewis R. B., Aas, W., Denby, B., Hjellbrekke A.G., Mu Q., Simpson, D., Ytre-Eide, M. & Fagerli, H. 2023. Deposition of sulfur and nitrogen in Norway 2017-2021. MET report 03/2023.
- Liptzin, D., Boy, J., Campbell, J.L., Clarke, N., Laclauf, J.-P., Godoy, R., Johnson, S.L., Kaiser, K., Likens, G.E., Pihl Karlsson, G., Markewitz, D., Rogora, M., Sebestyen, S.D., Shanley, J.B., Vanguelova, E., Verstraeten, A., Wilcker, W., Worralls, F., McDowell, W.H. 2022. Spatial and Temporal Patterns in Atmospheric Deposition of Dissolved Organic Carbon. *Global Biogeochemical Cycles*, DOI: <https://doi.org/10.1029/2022GB007393>.
- Lorenz, M., Fischer, R., Becher, G., Mues, V., Granke, O., T. Braslavskaya, T., Bobrinsky, A., Clarke, N., Lachmanová, Z., Lukina, N. & Schimming, C. 2009: Forest Condition in Europe. 2009 Technical Report of ICP Forests. Work report of the Institute for World Forestry 2009/1, Hamburg, 85 pp + Annexes.
- Michel, A., Kirchner, T., Prescher, A.K. & Schwärzel, K. (eds.) 2023. Forest condition in Europe: The 2023 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute, *in prep*.
- Moen, A. 1998. Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon. Statens kartverk, Hønefoss.
- Ogner, G., Wickstrøm, T., Remedios, G., Gjelsvik, S., Hensel, G.R., Jacobsen, J.E., Olsen, M., Skretting, E. & Sørli, B. 1999. The chemical analysis program of the Norwegian Forest Research Institute 2000. Norwegian Forest Research Institute. Chemical Laboratories, Ås. ISBN 82-7169-917-2. 23 pp.

- Svensson, T., Lovett, G.M., Likens, G.E. 2012. Is chloride a conservative ion in forest ecosystems? *Biogeochemistry* 107: 125-134, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9538-y>.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.) 2022. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde. ISBN: 978-3-86576-162-0. Revised 2020-2022. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>.
- Waldner, P., Marchetto, A., Thimonier, A., Schmitt, M., Rogora, M., Granke, O., Mues, V., Hansen, K., Pihl Karlsson, G., Žlindra, D., Clarke, N., Verstraeten, A., Lazdins, A., Schimming, C., Iacoban, C., Lindroos, A.-J., Vanguelova, E., Benham, S., Meesenburg, H., Nicolas, M., Kowalska, A., Apuhtin, V., Nappa, U., Lachmanová, Z., Kristoefel, F., Bleeker, A., Ingerslev, M., Vesterdal, L., Molina, J., Fischer, U., Seidling, W., Jonard, M., O’Dea, P., Johnson, J., Fischer, R., Lorenz, M. 2014. Detection of temporal trends in atmospheric deposition of inorganic nitrogen and sulphate to forests in Europe. *Atmospheric Environment* 95: 363-374.
- Aas, W., Eckhardt, S., Solberg, S., Yttri, K.E. 2023. Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway. Annual Report 2022. NILU report 11/2023. Kjeller, NILU.

# 3 Overvåking av bjørkemålere i Troms og Finnmark

Ole Petter Laksforsmo Vindstad (UiT) og Jane Uhd Jepsen (NINA)

## 3.1 Innledning

Utbrudd av bjørkemålere er den viktigste naturlige forstyrrelsesfaktoren i bjørkeskogen i Nord-Norge og i fjellbjørkeskogen lenger sør i landet. Bjørkemålere har sykliske bestandssvingninger, og utbrudd av varierende geografisk omfang og alvorlighetsgrad forekommer omtrent hvert 10. år. Alvorlige utbrudd som pågår over flere år kan føre til høy dødelighet hos bjørk. Utbrudd som berører store arealer forårsakes hovedsakelig av artene fjellbjørkemåler (*Epirrita autumnata*) og brun høstmåler (*Operophtera brumata*), men gul frostmåler (*Agriopis aurantiaria*) kan også oppnå høye tettheter lokalt. Fjellbjørkemåleren er en stedegen art i Nord-Norge, mens brun høstmåler er en sørlig art som gradvis har spredt seg lenger nord og øst i regionen (Jepsen m.fl. 2008). I dag forekommer brun høstmåler i stort sett hele Nord-Norge. Gul frostmåler har også spredt seg nordover i senere år (Jepsen m.fl. 2011), men nordøstgrensen for artens utbredelse per i dag er dårlig kjent. Lokalt i Sør- og Midt-Norge kan arten blek høstmåler (*O. fagata*) oppnå utbruddstettheter, men det finnes hittil ingen sikre observasjoner av denne arten i Troms og Finnmark. Arten kan ikke anses som en alvorlig skadegjører i Norge.

Bestandsovervåking og forskning på bjørkemålere har pågått i Troms siden 1999 i et samarbeid mellom UiT og NINA. Overvåkingen faller i dag inn under skogtundramodulen i Klimaøkologisk Observasjonssystem for Arktisk Tundra (COAT, <https://www.coat.no/>). Etter omfattende utbrudd i Øst-Finnmark på 2000-tallet, ble overvåkingen utvidet til å omfatte skoghelse (fra 2010), og bestandsovervåking av målere (fra 2015) i denne regionen. En utvidet skoghelsekartlegging som også omfattet nord-vestlige, midtre og sørlige deler av Finnmark ble gjennomført i 2020. Fra 2019 har bestandsovervåkingen også omfattet vierkratt i overgangssonene mellom fjellbjørkeskog og lavarktisk tundra på Varangerhalvøya. Dette som følge av at brun høstmåler nylig har etablert seg som utbruddsart i kystnære vierkratt i dette området (Vindstad m.fl. 2022). I tillegg til den feltbaserte overvåkingen gjennomføres det hvert år en satellittbasert utbruddskartlegging for hele Troms og Finnmark.

Under presenterer vi en oppdatert oversikt over bestandsutviklingen hos bjørkemålere i Troms og Finnmark, samt en kort oppsummering av årets innrapporterte skader fra [Skogskader.no](https://www.skogskader.no/). Vi viser til rapporten fra 2017 (Timmermann m.fl. 2018) for utvalgte resultater fra den satellittbaserte utbruddskartlegging og skogskadepartleggingen i Øst-Finnmark, og til rapporten fra 2020 (Timmermann m.fl. 2021) for en oppsummering av skoghelsekartleggingen fra 2020.

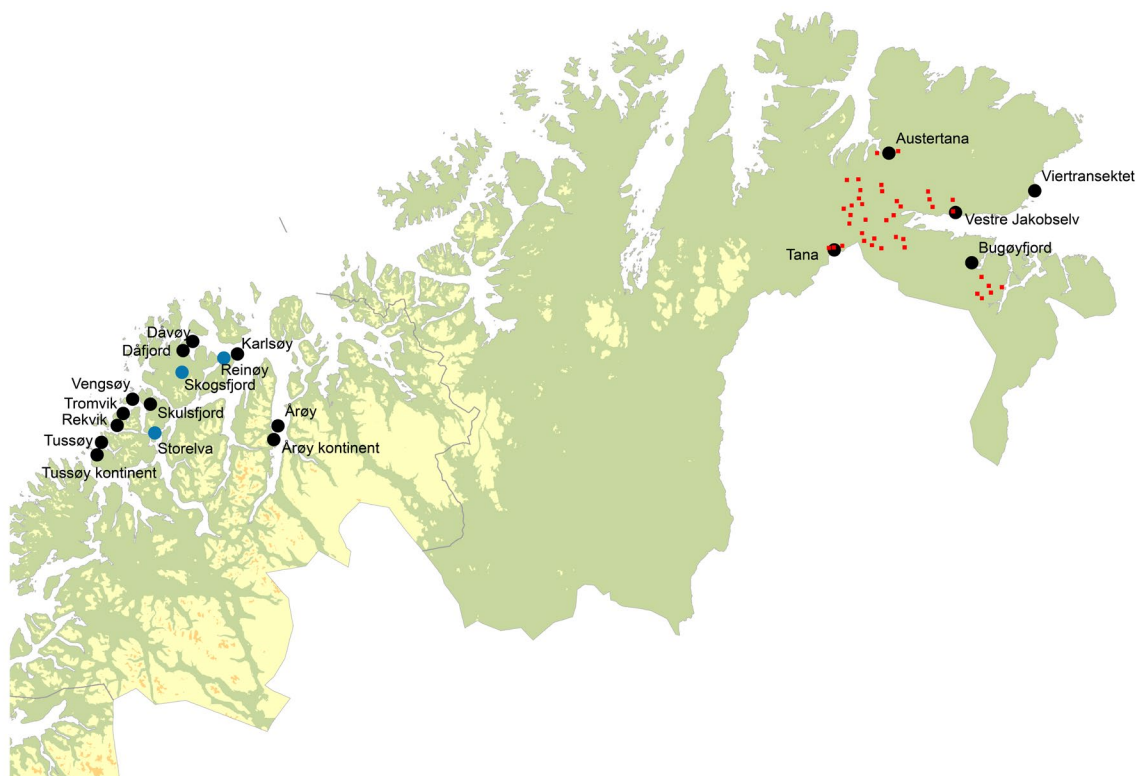
## 3.2 Metoder

### *Bestandsovervåking*

Bestandsovervåkingen for målere i bjørkeskog utføres på 288 stasjoner fordelt på 14 lokaliteter i Troms og 4 lokaliteter i Øst-Finnmark (Figur 27). På tre av lokalitetene i Troms overvåkes bestanden i høydegradienter med 40–44 replikerte stasjoner fordelt på fire høyder fra havnivå til tregrense. På de øvrige lokalitetene overvåkes bestanden langs enkle transekter med 10 replikerte stasjoner, alle på samme høyde, midtveis mellom havnivå og tregrense. Bestandsovervåking på vier i Øst-Finnmark utføres i et transekt på 28 stasjoner som løper nordøstover langs kysten fra Vadsø mot Vardø. Dette representerer en gradient fra fjellbjørkeskog til lavarktisk tundra.



All bestandsovervåking gjennomføres i henhold til samme standardiserte metodikk. Målerlarvene klekker fra egg rundt tidspunktet for bjørkas løvsprett og gjennomgår fem larvestadier før de forpupper seg i bakken. Bestandsovervåkingen tilpasses larvenes fenologi og gjennomføres når flertallet av larvene har nådd fjerde larvestadium, typisk fra midten av juni til begynnelsen av juli. På hver stasjon klippes en gren i armlengde fra hvert av 10 tilfeldig utvalgte trær og grenene bankes enkeltvis i en stor plastkasse, slik alle larver faller ned i kassen. Larvene telles og artsbestemmes og totalt antall larver av hver art noteres (Ims m.fl. 2004).



Figur 27. Beliggenheten til de i alt 19 lokalitetene med bestandsovervåking i bjørkeskog (18 lokaliteter) og på vierkratt (1 lokalitet). Overvåkingen foregår i hhv. enkle transekter (svart) og høydegradienter (blå). Overvåkingsflater for skogskade i Finnmark er markert med små røde symboler (Kilde: NINA/UiT).

## 3.3 Resultater

### 3.3.1 Bestandsovervåking

De fleste overvåkingslokalitetene i Troms har hatt to bestandstopper av bjørkemålere siden bestandsovervåkingen startet i 1999 (Figur 28). Den første av disse inntraff tidlig på 2000-tallet og hadde kun moderate bestandstettheter. Den neste toppen hadde mye høyere tettheter og inntraff i perioden 2012–2016. For regionen som helhet samstemmer dette godt med 10-års intervallet mellom bestandstopper som er typisk for skandinaviske målerbestander. I likhet med andre skandinaviske bestander viser bestandene i Troms også stor grad av geografisk synkronitet, slik at bestandstopperne inntreffer omtrent samtidig på de ulike overvåkingslokalitetene. Det er imidlertid verdt å merke seg at det er betydelig variasjon mellom enkeltlokaliteter både i tidsintervallet mellom bestandstopper og grad av synkronitet med andre lokaliteter. Et annet karakteristisk fenomen som fremkommer av bestandsovervåkingen, er at topper av fjellbjørkemåleren vanligvis inntreffer 1–3 år før topper av de andre artene. Denne tidsforsinkelsen mellom artene var særlig tydelig under den andre bestandstoppen i Troms, og dette resulterte i en samlet bestandstopp på 3–4 år på flere lokaliteter.

Bestandstallene fra Troms domineres av fjellbjørkemåler og brun høstmåler gjennom hele tidsserien. Gul frostmåler ble imidlertid funnet sporadisk fra 2004 og inkludert som en ny art i overvåkingen fra 2006. Arten er siden funnet på alle overvåkingslokaliteter i Troms og oppnådde tettheter som er sammenlignbare med de to andre artene på fire lokaliteter (Storelva, Årøy kontinent, Skulsfjord og Tussøy) under den siste bestandstoppen.

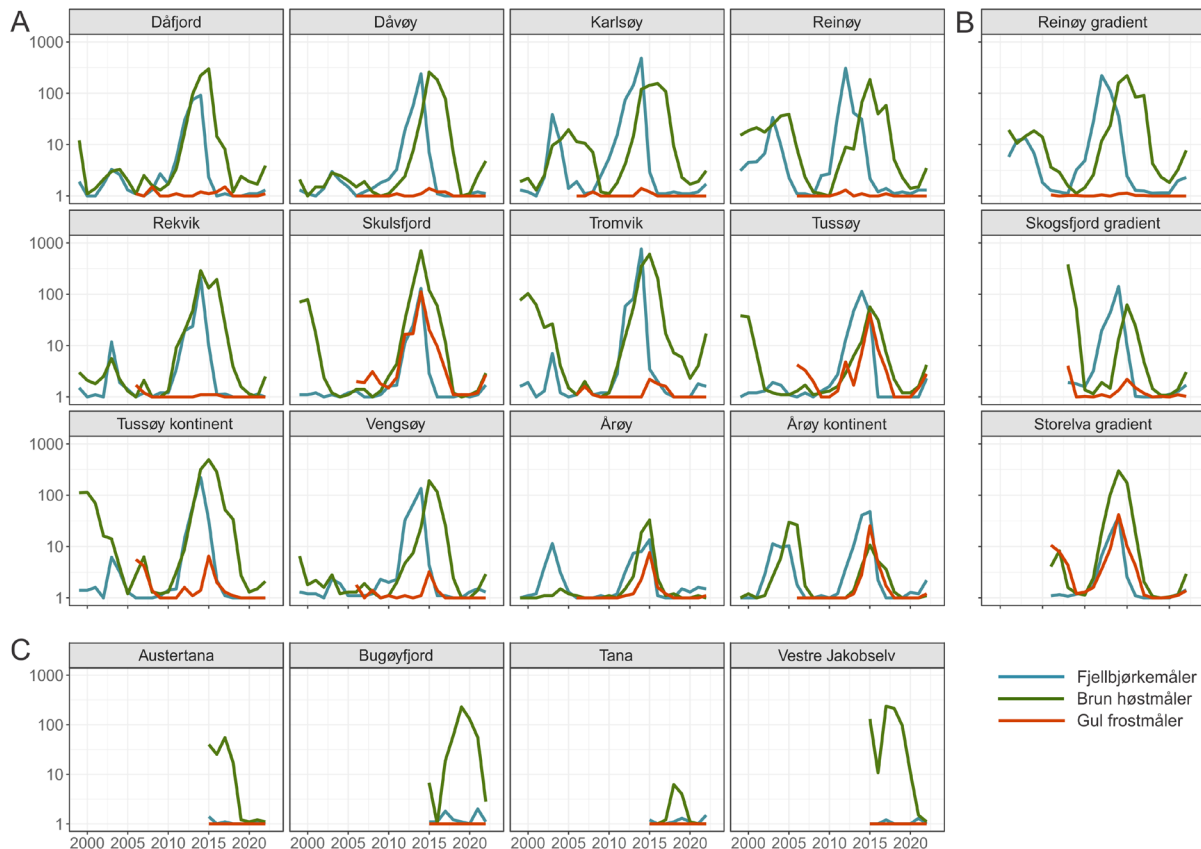
Det seneste utbruddet i Troms hadde gjennomsnittstettheter på opp mot 1000 larver per stasjon (dvs. 100 per gren) på noen lokaliteter. Dette resulterte i betydelig kronetap over flere år på alle lokaliteter unntatt de to østligste (Årøy, Årøy kontinent), og forårsaket stammedød særlig på lokalitetene Reinøy, Rekvik, Karlsøy, Tromvik og Skulsfjord.

Bestandstettheten av målere i Troms var sterkt nedadgående etter 2016, og per 2019 hadde bestandene på de fleste lokalitetene nådd et lavpunkt på under 5 larver per stasjon i gjennomsnitt for alle arter. Disse lave tetthetene vedvarte i 2020 og 2021. Dataene for 2022 tyder imidlertid på at målerbestandene på kysten av Troms nå er i ferd med å ta seg opp igjen. Samtlige overvåkingslokaliteter i Troms (unntatt Årøy) viste tilløp til en økning i gjennomsnittlig larvetetthet fra 2021 til 2022. Det var likevel ingen av målerartene som oppnådde gjennomsnittstettheter på over 10 larver per stasjon i 2022, med unntak av brun høstmåler i Tromvik. Dette tyder på at målerbestandene i Troms befinner seg i en tidlig økningsfase, og at en ny populasjonstopp kan forventes noen år frem i tid. Det er imidlertid verdt å merke seg at økningen i larvetetthet i 2022 primært var drevet av brun høstmåler, mens økningen hos fjellbjørkemåler var mindre og mer variabel mellom lokaliteter. Dette er uventet, fordi brun høstmåler typisk når sin bestandstopp først 1–3 år etter fjellbjørkemåleren. Den videre overvåkingen vil vise om de to artene i årene som kommer når en mer atypisk synkron topp, eller om toppen av fjellbjørkemåler uteblir, slik tilfellet var på en del lokaliteter i Troms tidlig på 2000-tallet.

På de fire overvåkingslokalitetene i bjørkeskog i Øst-Finnmark har fjellbjørkemåleren vært nesten fraværende siden overvåkingen startet i 2015 (Figur 28). Åtte år med vedvarende svært lave tettheter vitner om at arten er inne i en uvanlig lang lavfase i Øst-Finnmark. Dette understøttes også av at den siste dokumenterte toppen av fjellbjørkemåler i regionen inntraff i 2013–14 (i Hana nord for Varangerfjorden; Klemola m.fl. 2016). Ut fra en forventning om et tidsintervall på omtrent 10 år mellom bestandstopper, er det derfor uventet at tettheten av fjellbjørkemåler ikke viser noen tegn til økning i Øst-Finnmark per 2022.

Klemola, Andresson og Ruohomäki (2016) rapporterte også om økende bestandstettheter av brun høstmåler i Hana i perioden 2013–15. Dette samstemmer med relativt høye tettheter av denne arten i 2015–2017 på de to overvåkingslokalitetene Austertana og Vestre Jakobselv, lokalisert hhv. nord og øst for Hana. Per 2022 hadde bestandene av brun høstmåler i både Austertana og Vestre Jakobselv kollapset og gått inn i lavfase av syklus. I Bugøyfjord (sør for Varangerfjorden) viste bestanden av brun høstmåler en kraftig økning i perioden 2017–2019. I 2019 resulterte dette i alvorlig kronetap i overvåkingstransektet og nærliggende områder, og så sent som i 2021 lå gjennomsnittstettheten i Bugøyfjord fortsatt på over 50 larver per stasjon. Først i 2022 hadde bestanden kollapset til en gjennomsnittstetthet på under 5 larver per stasjon. Det ser dermed ut til at bestandstoppen av brun høstmåler i Bugøyfjord er forsinket med 2–3 år sammenlignet med lokalitetene nord for Varangerfjorden. Dette samstemmer med resultatene fra satellittovervåking av forrige utbruddssyklus i Øst-Finnmark (2002–2008), hvor områdene sør for Varangerfjorden var de siste som opplevde alvorlig kronetap (Jepsen m.fl. 2009). For Øst-Finnmark som helhet må vi derfor forvente at bestandene av brun høstmåler nå vil holde seg lave i de nærmeste årene.

Tettheten av høstmålerlarver langs viertransektet i tundraen øst for Vadsø viste også en sterk tilbakegang mellom 2019 og 2022. Dette samstemmer med en regional nedgang i høstmålerbestandene på bjørk.

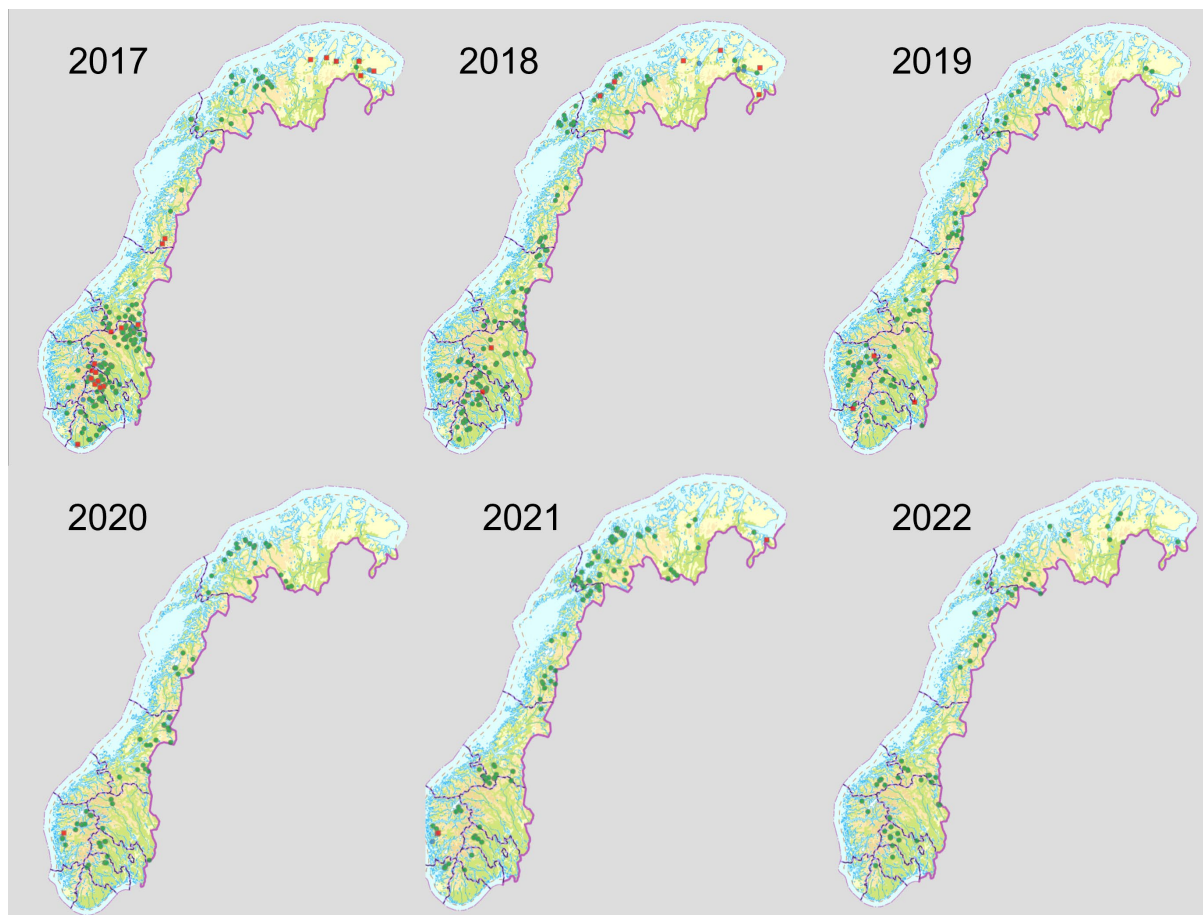


**Figur 28. Bestandsovervåking. A) Gjennomsnittlig antall larver per stasjon (logaritmisk skala) på 12 transekter i Troms, B) på tre høydegradienter i Troms, og C) på fire transekter i Øst-Finnmark. Transektet på Reinøy utgjør en del av høydegradienten på samme lokalitet.**

### 3.3.2 Innrapporterte skader

De fleste skadeobservasjonene for bjørkemålere rapportert til [Skogskader.no](http://Skogskader.no) for perioden 2017–2018 var lokalisert i fjellregionene sør i landet, mens Nord-Norge kun hadde mer sporadiske skaderapporter i denne perioden (Figur 29). Sistnevnte samstemmer med kollapsen i målerbestandene som har blitt fanget opp av bestandsovervåkingen i Troms etter 2016, mens rapportene fra fjellet i sør i denne perioden må antas å representere en bestandstopp lenger sør i landet. Etter 2019 avtok imidlertid antall rapporter betraktelig også i fjellet i sør. Dette tyder på at målerbestandene har vært nedadgående eller lave også i denne delen av landet i de seneste årene. I 2021 var det et betydelig oppsving i antall innrapporterte skader for sørlige deler av Troms og nordlige deler av Nordland. I rapporten for 2021 (Timmermann m.fl. 2023) tolket vi dette som at målerpopulasjonene i disse regionene var i ferd med å bygge seg opp til en ny topp. I 2022 har imidlertid antall innrapporterte skader i de samme områdene vist en tydelig nedgang sammenlignet med 2021. Dette kan tyde på at Sør-Troms og nordlige deler av Nordland denne gang har hatt en bestandstopp av mer begrenset geografisk omfang og varighet.

De fleste observasjonene til [Skogskader.no](http://Skogskader.no) er rapportert av Landsskogtakseringen. Det er viktig å være klar over at disse observasjonene ikke nødvendigvis representerer årets skader, da Landsskogtakseringens felter ikke besøkes årlig og skader som registreres på bestandsnivå kan være akkumulert over flere år. Landsskogtakseringens overvåking av enkelttrær gir et tydeligere bilde av årets situasjon, da man her også registrerer skader på blader, som nødvendigvis må være påført i inneværende år. I tillegg registreres skader på kvist, grener og topp, som kan være akkumulert over flere år.



Figur 29. Den geografiske fordelingen av innrapporterte skader etter målerangrep på [Skogskader.no](https://www.skogskader.no) for årene 2017–2022.

Inntrykket av en begrenset bestandstopp sør i Troms og nord i Nordland i 2021 understøttes av overvåkingen av enkelttrær. I 2021 ble det registrert skader av målere på totalt 460 trær (hvorav 98 % bjørk) for landet som helhet, mens tilsvarende tall for 2022 var 225 trær (hvorav 97 % bjørk, Tabell 9). Nedgangen i 2022 skyldes hovedsakelig at antall trær med skader i Nord-Norge er redusert med over 60 % mellom 2021 og 2022. En reduksjon av dette omfanget må tilskrives en reell nedgang i antall skadde trær, da antall bjørketrær som Landsskogstakseringen observerer innenfor hver landsdel er relativt likt mellom år. Majoriteten av trær med skader i Nord-Norge i 2022 hadde skader på blader, som tyder på det fortsatt var pågående måleraktivitet i noen områder i 2022.

Tabell 9. Antall trær (%) med skader etter målere i 2022 fordelt på landsdel og skadetype på Landsskogstakseringens overvåkingsflater.

|             | Antall trær (%) med skader på blader | Antall trær (%) med skader på kvist, grener og topp | Totalt |
|-------------|--------------------------------------|---|--------|
| Østlandet   | 28 (64 %)                            | 16 (36 %)   | 44     |
| Sørlandet   | 2 (100 %)                            | 0   | 2      |
| Vestlandet  | 16 (70 %)                            | 7 (30 %)  | 23     |
| Midt-Norge  | 27 (84 %)                            | 5 (16 %)  | 32     |
| Nord-Norge  | 82 (66 %)                            | 42 (34 %)   | 124    |
| Hele landet | 155 (69 %)                           | 70 (31 %)   | 225    |

### 3.4 Diskusjon

Fjellbjørkeskogen både i Nord-Norge og fjellregionene i sørlige halvdel av landet opplevde betydelige utbrudd av bjørkemålere i perioden 2012–2018. Bestandsovervåkingen i Troms viser at bestandene her begynte å kollapse rundt 2016, og befant seg i en lavfase i perioden 2018–2021. Innrapporterte skader fra fjellet i sør tyder på at bestandskollapsen her fant sted noe senere enn i Troms, men at målerbestandene var nedadgående eller lave også i sørlige halvdel av landet etter 2019. Det samme ser ut til å gjelde for Finnmark, med unntak av et pågående utbrudd lengst øst i denne regionen i 2021. Per 2022 hadde imidlertid også dette utbruddet kollapset.

De innrapporterte skadene til [Skogskader.no](https://www.skogskader.no) og Landsskogstakseringens overvåking av enkelttrær i 2021 antydte at en ny bestandstopp var under oppbygging i deler av Troms og Nordland. De samme dataene tyder imidlertid på at målerbestandene har gått tilbake igjen i disse regionene i 2022. Samtidig viser larvetidsseriene på kysten i Troms en tydelig økning i målerbestandene mellom 2021 og 2022, selv om larvetetthetene her fortsatt må anses som relativt lave. De tilgjengelige kildene gir dermed ikke et entydig bilde av hvorvidt målerbestandene i Nordland og Troms er i økning eller nedgang, og det må derfor antas å være betydelige regionale forskjeller i bestandenes utvikling.

Det bør også påpekes at fjellbjørkemåleren har vist en atypisk bestandsutvikling på de faste overvåkingslokalitetene i Troms og Øst-Finnmark i senere år. I Øst-Finnmark ser arten ut til å være inne i en uvanlig lang lavfase av populasjonssyklus. Samtidig ser det ut til at fjellbjørkemålerens bestandsvekst i Troms henger etter bestandsveksten hos brun høstmåler, altså en reversering av rekkefølgen som man vanligvis observerer mellom artene når de opptrer sammen. Disse observasjonene understreker at populasjonssykluser hos bjørkemålere er gjenstand for betydelig variabilitet, slik at generelle forventninger om periodisitet (tidsintervall mellom toppe) og synkronitet mellom arter ikke alltid holder stikk. Dette gjør at den årvisse bestandsovervåkingen er desto viktigere.

Utbrudd av bjørkemålere, både i Nord-Norge og i fjellet i sør, har forekommet langt tilbake i tid (Tenow 1972), og er en naturlig del av fjellbjørkeskogens dynamikk. Også historiske utbrudd har forårsaket omfattende dødelighet i bjørkeskogen f.eks. på 1960-tallet, der store arealer av bjørkeskog nord i Finland, Sverige og Norge ble drept av et utbrudd av fjellbjørkemåler (Tenow 1972). Med et mildere klima har imidlertid brun høstmåler og gul frostmåler ekspandert utbruddsområdene sine stadig lenger nordover og østover, og dette har gitt mer artsrike samfunn av utbruddsarter både i Troms og Øst-Finnmark. Dermed må vi også forvente mer skade på skogen.

For å forstå dynamikken til et system som er i endring er det viktig at overvåkingen er både langsiktig og tilpasningsdyktig (adaptiv). De langsiktige larvetidsseriene i Troms og Øst-Finnmark er en av kjerneaktivitetene til skogtundra modulen i COAT. Disse tidsseriene har gjort det mulig for oss å dokumentere etablering og spredning av gul frostmåler i Troms, samt etableringen av brun høstmåler i kratt-tundra lengst øst i Finnmark, og kan også hjelpe oss til å fange opp etableringen av eventuelle andre nye skadearter i fremtiden. Larvetidsseriene gir også et detaljert bilde av kvantitativ variasjon i målertettheten i tid og rom. Seriene er imidlertid arbeidskrevende å samle inn, og de kan dermed opprettholdes bare på et begrenset antall lokaliteter. Innrapporterte skader fra Landsskogstakseringen er et viktig supplement til larvetidsseriene, fordi de innrapporterte skadene har en større romlig dekning. Dette gjør det mulig å fange opp overordnede mønstre i målerdynamikken i områder hvor det ikke utføres larvetellinger. Verdien av dette er tydelig i årets data, hvor innrapporterte skader fra Troms og Nordland tyder på at skadeomfanget i disse regionene samlet sett har gått ned mellom 2021 og 2022, til tross for at dataene fra de faste overvåkingslokalitetene på kysten av Troms viser en økning i larvetetthet mellom 2021 og 2022 innenfor dette mer begrensede geografiske området.

## Litteraturreferanser

- Ims, R.A., N.G. Yoccoz, and S.B. Hagen. 2004. Do sub-Arctic winter moth populations in coastal birch forest exhibit spatially synchronous dynamics? *Journal of Animal Ecology*, 73: 1129-36.
- Jepsen, J.U., L. Kapari, S.B. Hagen, T. Schott, O.P.L. Vindstad, A.C. Nilssen, and R.A. Ims. 2011. Rapid northwards expansion of a forest insect pest attributed to spring phenology matching with sub-Arctic birch. *Global Change Biology*, 17: 2071-83.
- Jepsen, J.U., S.B. Hagen, R.A. Ims, and N.G. Yoccoz. 2008. Climate change and outbreaks of the geometrids *Operophtera brumata* and *Epirrita autumnata* in sub-arctic birch forest: evidence of a recent outbreak range expansion. *Journal of Animal Ecology*, 77: 257-64.
- Jepsen, J.U., S.B. Hagen, S.-R. Karlsen, and R.A. Ims. 2009. Phase-dependent outbreak dynamics of geometrid moth linked to host plant phenology. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276: 4119-28.
- Klemola, T., T. Andresson, and K. Ruohomäki. 2016. No regulatory role for adult predation in cyclic population dynamics of the autumnal moth, *Epirrita autumnata*. *Ecological Entomology*, 41: 582-89.
- Timmermann, V., I. Børja, N. Clarke, R. Eriksen, J. Gohli, G. Hysten, J.U. Jepsen, P. Krokene, H. Lange, H.R. Meissner, N.E. Nagy, J.-F. Nordbakken, S. Solberg, H. Solheim, O.P.L. Vindstad, B. Økland and W. Aas. 2023. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2021. NIBIO rapport 9(39) 2023.
- Timmermann, V., A.M. Beachell, M.B. Brurberg, I. Børja, N. Clarke, I.S. Fløistad, A. Hietala, G. Hysten, J.U. Jepsen, J.-F. Nordbakken, M. Pettersson, S. Solberg, H. Solheim, V. Talgø, O.P.L. Vindstad, B. Økland and W. Aas. 2021. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2020. NIBIO rapport 7(166) 2021.
- Timmermann, V., K. Andreassen, M.B. Brurberg, N. Clarke, M. Herrero, J.U. Jepsen, H. Solheim, G. Strømeng, V. Talgø, O.P.L. Vindstad, G. Wollebæk, B. Økland and W. Aas. 2018. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2017. NIBIO rapport 4(102) 2018.
- Vindstad, O.P.L., J.U. Jepsen, H. Molvig, and R.A. Ims. 2022. A pioneering pest: the winter moth (*Operophtera brumata*) is expanding its outbreak range into Low Arctic shrub tundra. *Arctic Science*, 8: 450-70.

## 4 Barkbilleovervåkingen 2022 – færre biller i hele landet

Paal Krokene, Jostein Gohli og Bjørn Økland (NIBIO)

### 4.1 Bakgrunn

Stor granbarkbille (*Ips typographus*) er den mest ødeleggende skadegjøreren på hogstmoden gran i Europa. De siste årene har granbarkbillen hatt historisk store utbrudd i Tsjekkia, Tyskland, Sverige og flere andre land. Til sammen har billene drept flere hundre millioner kubikkmeter gran etter tørkesommeren 2018. For å sette dette i et historisk perspektiv: sommeren 2019 drepte billene 120 millioner kubikkmeter gran i Sentral-Europa, hele 50 ganger mer enn det årlige gjennomsnittet på 1970-tallet. Selv om Norge fortsatt er forskånet fra store barkbilleproblemer er granbarkbillen definitivt en art vi følger med på også her.

Siden slutten av det siste store barkbilleutbruddet i Norge, fra midten av 1970-tallet til tidlig på 1980-tallet, har norske myndigheter finansiert en nasjonal overvåking av granbarkbillen. Overvåkingen baserer seg på fangst med spesiallagde billefeller og feromoner. Feromoner er duftsignaler billene selv bruker for å lokke til seg andre barkbiller til et egnet grantre, slik at de kan samarbeide om å overmanne treets forsvar. Hvert år fanges biller ved rundt 120 lokaliteter spredd utover de grandominerte delene av Norge, det vil si deler av Østlandet, Sørlandet, Trøndelag og Nordland. Det norske overvåkingsprogrammet for granbarkbillen feiret 40-årsjubileum i 2019 og er trolig det mest omfattende og langvarige i sitt slag i Europa. Formålet med barkbilleovervåkingen er å fange opp når billene øker i antall. Ved økende billepopulasjoner kan skogforvaltningen varsles om at risikoen for skogskader øker. I slike tilfeller kan man vurdere å avvirke bestander med høy risiko for angrep. Om noen år kan forhåpentligvis data fra overvåkingen brukes til å utvikle enda mer presise systemer for å varsle om omfattende barkbilleskader på skogen. Ved hjelp av fangsttall, skogvolum, treslagssammensetning og klimatiske data kan det for eksempel bli mulig å identifisere skogbestand som er ekstra utsatt for barkbilleangrep.

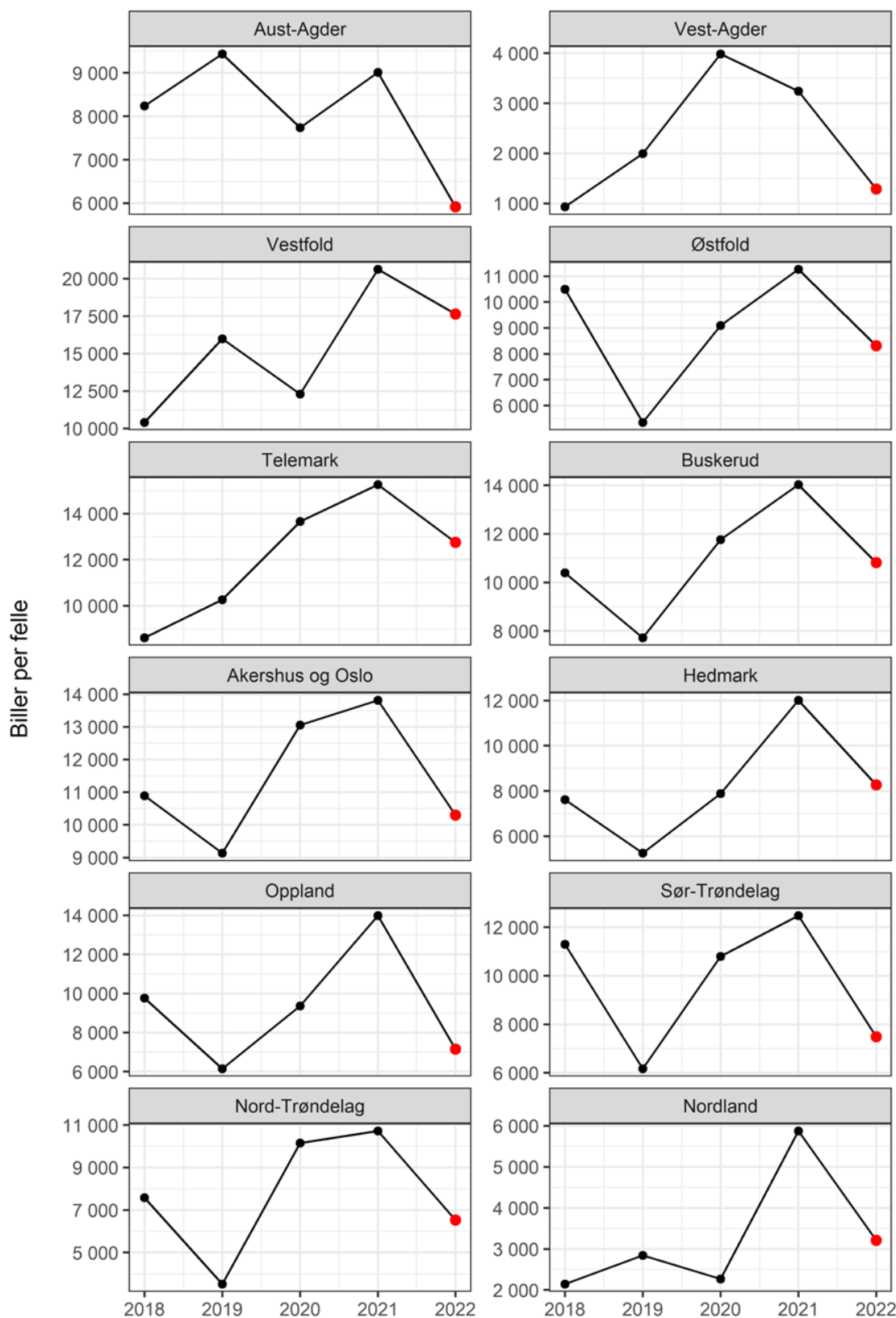
Det som gjør granbarkbillen så problematisk for skogbruket er at arten kan ha selvforsterkende utbrudd. Slike utbrudd kan bygge seg opp etter omfattende stress eller skade på skog, slik som kraftig tørke eller store vindfellinger. Billene får da muligheten til å oppformere seg i skadde eller svekkete trær. Blir de mange nok nøyer de seg ikke lenger med å angripe svekkete trær, men kan også overmanne forsvaret til friske trær. På denne måten utvider billene sitt eget matfat. Et selvforsterkende utbrudd kan fortsette helt til mesteparten av de hogstmodne trærne er drept, eller til den gjenværende skogen gjenvinner sin naturlige motstandskraft. Selvforsterkende utbrudd er nesten umulig å bekjempe, men det er mulig å redusere risikoen for at utbrudd vil oppstå i første omgang.

### 4.2 Synkende fangsttall i 2022-sesongen

Alle fylkene som inngår i barkbilleovervåkingen hadde en nedgang i fellefangstene i 2022 (Økland m.fl. 2022) (Figur 30). Til tross for nedgangen var det fremdeles høye fellefangster noen steder i den boreonemorale vegetasjonssonen som omfatter kystnære kommuner rundt Oslofjorden og langs sørlandskysten. Vestfold hadde særlig høye fangster nord i fylket, med rundt 36 000 biller per felle i Sande, 31 000 i Hof og 29 000 i Re. Til sammenligning var fangstene ved slutten av utbruddet på 1970-tallet i snitt rundt 30 000 biller per felle i de hardest rammede fylkene (Vestfold, Telemark og Aust-Agder). Også enkelte kommuner sør i Buskerud hadde svært høye fellefangster i 2022, slik som Kongsberg med hele 42 500 biller per felle.

I Hedmark og Oppland, som ligger i den boreale vegetasjonssonen, var fangstene relativt beskjedne. Størst fangster hadde Ringeby, Lunner og Jevnaker, med rundt 15 000 biller per felle, mens alle øvrige

kommuner lå godt under dette nivået. Fangstene lenger nord i den boreale sonen, i Trøndelag og Nordland, var lave, med godt under 10 000 biller i snitt per felle. Bare fire kommuner i dette området hadde mer enn 10 000 biller per felle.



Figur 30. Gjennomsnittlige barkbillefangster for årene 2018 til 2022 i fylkene som inngår i barkbilleovervåkingen. Alle fylker hadde en klar nedgang i fangstene fra 2021 til 2022. De fleste fylkene hadde en topp i fangstene i 2021, tre år etter tørkesommeren 2018.



### 4.3 Årsaker til synkende fangster i 2022

En synkronisert nedgang i fangstene fra 2021 til 2022 i samtlige fylker kan tyde på at den kraftige tørken som rammet hele Norge i 2018 (Skaland m.fl. 2019) var den underliggende årsaken til økningen i fangstene i årene 2019–2021 (Figur 30). For det første blir barkbillepopulasjoner gjerne synkroniserte i områder som rammes av store økologiske forstyrrelser, som kraftig tørke eller store vindfellingener. En slik synkronisering gjør at fangstene svinger i takt fra år til år over store områder (Økland & Bjørnstad 2003). For det andre passer det at nedgangen kommer fire år etter tørken i 2018. Detaljerte analyser av data fra barkbilleovervåkingen viser at økninger i billeantall etter økologiske forstyrrelser gjerne har en 3-års forsinkelse (Gohli m.fl. upublisert manuskript). Gitt en slik forsinkelse kunne vi forvente en populasjonstopp i 2021 etter 2018-tørken. Også i andre land har en observert at antall barkbiller bygger seg gradvis opp til en topp 2–3 år etter store vindfellingener eller tørkeepisoder. Etter toppen kommer det gjerne en tydelig nedgang. Dette skjedde for eksempel etter den store vindfellingener i Tatrafjellene i Slovakia i 2004 (Økland m.fl. 2016).

Antall biller vil ikke alltid gå ned det fjerde året etter en forstyrrelse. Hvis billene blir tallrike nok, kan vi få et selvforsterkende utbrudd der billene fortsetter å angripe friske trær i flere år. Selv når billene ikke blir mange nok til å angripe helt friske trær, kan perioder med mye tredreping forlenges av nye tørkeperioder eller vindfellingener som gir påfyll av døde og svekkete grantrær og legger til rette for ny oppformering (Økland & Bjørnstad 2006). Det enorme barkbilleutbruddet i Europa nylig ble utløst av gjentatte økologiske forstyrrelser, etter at Sentral-Europa hadde flere varme og tørre somre på rad etter 2018. Forstyrrelser som gir påfyll av svekkete grantrær vil virke med en forsinkelse før de resulterer i økte barkbillepopulasjoner. Det innebærer for eksempel at det trolig tar 2–3 år før det store vindfallet i 2021 eller tørken sommeren 2022 får maksimal effekt i Sør-Norge.

### 4.4 Vil nye forstyrrelser gi nytt billeoppsving?

Store områder i indre deler av Østlandet hadde omfattende vindfellingener i november 2021 (Landbruksdirektoratet 2021). Rundt 2,3 millioner kubikkmeter skog blåste ned i et bredt belte fra Dalen i Telemark nordøstover til Lillehammer og Valdres. Nesten 80 % av det vindfelte volumet var i hogstklasse 4 og 5, altså trær av en størrelse som er attraktiv for granbarkbiller. Både gran og furu ble rammet, men bare gran er problematisk med tanke på oppformering av stor granbarkbille. Frem til uke 35 i 2022 var det ryddet ut i overkant av 1 million kubikkmeter vindfelt skog ifølge Landbruksdirektoratet. Vi ser foreløpig ikke noen tegn til at vindfellingener har ført til økte fangster i 2022-sesongen i de rammede områdene. Tvert imot – også fylkene som var berørt av vindfellingener hadde en nedgang i fellefangstene i 2022, og fangstene lå ikke på et spesielt høyt nivå.

Selv om store vindfall ofte utløser barkbilleutbrudd er det videre forløpet etter vindfellingener i 2021 usikkert. Oppformering i vindfall tar tid, og eventuelle angrep på stående granskog er tidligst forventet å komme i 2023. De vindfelte trærne vil gjerne ha tørket ut og være ubrukelige for granbarkbiller etter 1–3 år (Økland m.fl. 2016). Hvor lang tid dette tar varierer med lokale forhold, og det er allerede observert at noe av vindfallvirket begynner å bli for tørt for billene. I heldigste fall vil såpass lite vindfall være egnet for granbarkbillene at billene ikke vil oppformere seg tilstrekkelig til å kunne angripe stående gran. På den annen side vil vindfall med rotkontakt holde seg friskt lenge, og også stående skog kan være så svekket av stormen at den kan bli angrepet av billene.

Våren og ettersommeren 2022 var ifølge Meteorologisk institutt svært tørr i deler av Sør-Norge. I noen mindre områder var det ekstremt tørt (Meteorologisk institutt 2022). Tørkestress kan være årsaken til at det på ettersommeren 2022 ble rapportert om svekket eller døende gran flere steder. I mange tilfeller synes det å være snakk om trær som var svekket av tørke uten at de var angrepet av stor granbarkbille. Om tørken i 2022 får noen effekt på granbarkbiller vil trolig først bli synlig om noen år, og da i form av nye økninger i billeantallet frem mot 2025.

## 4.5 Raskere oppformering i et varmere klima?

Granbarkbillens utvikling fra egg til voksent insekt går raskere når det er varmere i været. I Danmark, Sør-Sverige og sørover på kontinentet er det varmt nok til at granbarkbillen kan gjennomføre både to og tre generasjoner hver sommer. Her hos oss har billene til nå i all hovedsak bare kunnet gjennomføre én generasjon i året. Biller som har overvintret i bakken flyr om våren og legger egg i innerbarken på grantrær. Den nye generasjonen utvikler seg i barken gjennom sommeren og er gjerne ferdig utviklet fra begynnelsen av juli i de varmeste delene av landet. De nye voksne billene holder seg under barken på mor-treet en stund, før de etter hvert søker ned i bakken for å overvintre. Etter hvert som klimaendringene gjør Norge varmere og vekstsesongen lengre vil granbarkbillen kunne gjennomføre to generasjoner i året også her.

To generasjoner i året vil gjøre at billene kan oppformere seg mye raskere etter store vindfelling eller tørkeepisoder. Under ideelle forhold kan hver hunnbille som koloniserer et vindfelt tre produsere 15 døtre, slik at R-tallet (reproduksjonstallet) er 15. Hvis alle døtrene formerer seg i en andre generasjon, kan antallet biller altså øke hele 225 ganger i løpet av én sommer ( $15 \times 15 = 225$ ). Dette betyr at det med to billegenerasjoner blir enda viktigere å få ryddet vindfelte trær ut av skogen så raskt som mulig etter en storm. Siden biller med to generasjoner i året har så mye raskere oppformering enn biller med én generasjon vil tidsforsinkelsen i oppformering etter økologiske forstyrrelser trolig bli mye mindre enn tre år i fremtiden. Det vil bidra til å gjøre granbarkbillen til en enda mer problematisk skadegjører utover i dette århundret.

### Nytt temahefte om granbarkbillen

I september 2023 publiserte NIBIO et temahefte som oppsummerer granbarkbillens levevis og betydning i skogen gjennom 10 korte kapitler. Kapitlene beskriver blant annet granbarkbillens livssyklus, hvordan billene kan ta livet av friske grantrær, årsaker til og konsekvenser av barkbilleutbrudd, hvordan klimaendringene kan påvirke granbarkbillen og, til slutt, tiltak for å forebygge barkbilleproblemer. Målgruppen for temaheftet er skogeiere, skogfunksjonærer og alle andre som er interesserte i skog og skogskader. Forhåpentligvis vil økt kunnskap om granbarkbillen gi skogforvaltningen et bedre grunnlag for å gjøre gode valg framover.

Paal Krokene, Jostein Gohli, Bjørn Økland. *Granbarkbillen – levevis, skader og mottiltak*. NIBIO POP 9:20 (2023), 12 sider. <https://hdl.handle.net/11250/3092390>.

## Litteraturreferanser

Landbruksdirektoratet 2021. Stormfelt skog. <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/skogbruk/stormfelt-skog>

Meteorologisk institutt 2022. Månedens vær vs. normalen. Været i Norge - klimatologisk måneds-oversikt. <https://www.met.no/publikasjoner/met-info>

Skaland, R.G., Colleuille, H., Andersen, A.S.H., Mamen, J., Grinde, L., Tajet, H.T.T, Lundstad, E., Sidselrud, L.F., Tunheim, K, Hanssen-Bauer, I., Benestad, R., Heiberg, H. & Hygen, H.O. 2019. Tørkesommeren 2018. MET-Info rapport 14-2019: 79 sider.

Økland, B. & Bjørnstad, O.N. 2006. A resource depletion model of forest insect outbreaks. *Ecology* 87: 283-290.

Økland, B., Nikolov, C., Krokene, P., Vakula, J. 2016. Transition from windfall- to patch-driven outbreak dynamics of the spruce bark beetle *Ips typographus*. *Forest Ecology and Management* 363: 63-73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.007>.

Økland B, Krokene P, Gohli J, Fajardo MB. 2022. Granbarkbillen. Registrering av bestands-størrelsene i 2022. NIBIO Rapport 8(128) 2022. 29 sider.

## 5 Furuvednematode

Jostein Gohli, Ari Hietala, Paal Krokene og Bjørn Økland (NIBIO)

### 5.1 Furuvednematode og furubukk

Furuvednematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) er en fryktet skadegjører med stort skadepotensiale på mange furuarter. Arten stammer opprinnelig fra Nord-Amerika, men har spredt seg til både Europa og Asia. Som mange introduserte skadegjørere er furuvednematoden relativt harmløs på treslag med gjensidig tilpasning i sitt opprinnelige utbredelsesområde, men kan gjøre stor skade i områder hvor den introduseres og kommer i kontakt med evolusjonært naive furuarter (Wingfield m.fl. 1982). Nematoden utvikler seg raskt, spiser levende celler i veden og sprer seg gjennom treets ledningsvev. Introduksjon av luftbobler i ledningsvevet der vanntransporten foregår (Kuroda m.fl. 1988) gjør at treet visner og dør.

Furuvednematoden kommer seg fra tre til tre ved å «haike» med biller i slekten furubukker (*Monochamus*). Larvene til *Monochamus*-biller lever i barken og veden til døde eller svært svekkede gran- og furutrær, mens de voksne billene har næringsgnag på ferske skudd. Furuvednematoden går inn i trakéene på voksne biller før disse forlater puppekammeret og infiserer nye trær mens de har næringsgnag (Pimentel 2022). I Nord-Amerika er det arten *M. carolinensis* som er vektor for furuvednematoden. I Asia og Europa er det henholdsvis *M. alternatus* og *M. galloprovincialis* som fungerer som hovedvektorer. Sistnevnte art, som mangler offisielt norsk navn, opptrer i Norge, men er kun funnet i Østfold. Furubukk (*M. sutor*; Figur 31) er derimot vanlig i hele Norge der det finnes barskog og er en mulig vektor. Det er ikke dokumentert at denne arten kan bære furuvednematode, men gitt at flere *Monochamus*-arter er effektive vektorer for nematoden er det sannsynlig. Furubukk er dessuten vektor for nematoden *Bursaphelenchus kolymensis*, en harmløs slektning av furuvednematoden (Schroeder & Magnusson 1992).



Figur 31. Furubukk (*Monochamus sutor*) forekommer i hele Norge der det finnes barskog. Bildet viser en hann, med karakteristiske lange antenner. *Monochamus*-arter kan være bærere av furuvednematode. Foto: Lars S. Dalen/NIBIO.

### 5.2 Status i Europa

I 1984 oppdaget man i Finland furuvednematode i to flislaster importert fra USA og Canada (Rautapää 1986). Flislastene ble stanset og destruert, og videre import av flis fra Nord-Amerika (og fra Japan, hvor nematoden ble introdusert i 1905; Mamiya 1988) ble forbudt. Året etter (1985) satte den Europeiske organisasjonen for plantebeskyttelse (EPPO) furuvednematode på listen over karantenskadegjørere – det vil si organismer som vil være vanskelige å bekjempe etter etablering og som har

stort skadepotensiale. Til tross for mye oppmerksomhet rundt problemet og tiltak for å redusere risikoen for introduksjon ble furuvednematoden i 1999 oppdaget i Portugal (tidspunktet for introduksjon er mistenkt å være flere år tidligere). Fra 2008 og utover har furuvednematoden også blitt oppdaget noen steder i Spania (Kim m.fl. 2020).

Etter at man mislyktes med å utrydde furuvednematoden i det opprinnelige utbruddsområdet sør for Lisboa, forsøkte man å avgrense utbruddet ved å fjerne nær én million bartrær i en 20-km buffersone rundt området. Dette stoppet dessverre ikke arten fra å spre seg. Den har siden dukket opp i nordlige deler av Portugal, og finnes nå i hele landet. Furuvednematoden har forårsaket betydelig skade på furuskog i Portugal (García-Pereda 2022).

### 5.3 Introduksjon i Norge

Furuvednematode er regulert som karanteneskadegjører også i Norge. Det innebærer blant annet at det vil bli satt i gang bekjemping og andre tiltak for å hindre videre spredning av arten dersom den skulle bli funnet her. Dersom furuvednematoden skulle bli introdusert i Norge ville det i tillegg til å forårsake direkte skade på levende skog legge begrensninger på eksport av norsk bartrevirke.

Sannsynligheten for at furuvednematode vil komme til Norge er høy, gitt nematodens evne til å spre seg ved hjelp av handelsvarer. Nematoden kan leve i de fleste former for bartrevirke, og pakke-materialer av tre er en potensiell spredningsvei (Sundheim m.fl. 2008). Import av bartrevirke til Norge fra utenfor Europa er strengt regulert (LMD 2000), men importstatistikk viser at slikt virke likevel forekommer ved import (Økland m.fl. 2019). For å kunne etablere seg etter en introduksjon er furuvednematoden avhengig av furubukker som bærer den til nye trær. Den eneste europeiske *Monochamus*-arten som er dokumentert å kunne bære nematoden er *M. galloprovincialis*, som i Norge kun er kjent fra Østfold, mens den svært vanlige furubukken finnes i hele landet og trolig også kan fungere som vektor. Skadepotensialet for furuvednematoden i Norge anses å være begrenset i dagens klima, ifølge en risikovurdering publisert i 2010 (Sundheim m.fl. 2010). Det er en viss usikkerhet knyttet til dette, da nematoden ikke er etablert i områder med klimatiske forhold som ligner våre. Det er også mulig at skadepotensialet vil være vesentlig høyere i et varmere klima i fremtiden.

Furuvednematoden vil sannsynligvis først oppdages en god stund etter at den har etablert seg i Norge (Økland m.fl. 2010), slik tilfellet var i Portugal. Dette medfører en lav sannsynlighet for å lykkes med å utrydde nematoden, eller å forhindre videre spredning innad i Norge. Gitt at skadepotensialet er forventet å være begrenset, vil eventuelle forsøk på å utrydde eller begrense furuvednematoden innebære langt større økonomiske kostnader enn å leve med den (Bergseng m.fl. 2012).

### 5.4 Overvåking i Norge

I Norge har furuvednematode blitt overvåket årlig siden 2000 (med opphold i 2007, 2014 og 2020; Hietala m.fl. 2023). Prøvetakingen består av innsamling av flis fra hogstavfall med gnag av furubukklarver. Prøvene blir dyrket ved 25 °C i to uker før eventuelle nematoder blir vasket ut med vann og identifisert i mikroskop. Alle de 8924 flisprøvene som har blitt samlet inn siden starten av overvåkingen i 2000 har vært negative for furuvednematode.

I 2021 ble en ny overvåkingsmetode introdusert i programmet, hvor levende biller blir fanget ved hjelp av lokkestoffer og testet for furuvednematode. I både 2021 og 2022 ble 54 biller samlet inn og undersøkt ved utdriving av nematoder og identifisering i mikroskop. Av totalt 108 biller tilhørte 11 arten *M. galloprovincialis* (som er påvist å kunne spre furuvednematode) mens de resterende 97 var furubukk. Ingen av de innsamlede billene bar med seg furuvednematoden.

I overvåkingsprogrammet arbeides det nå med etablering av en molekylær metode for å påvise furuvednematode. Molekylær diagnostikk vil ha noen fordeler sammenlignet med tradisjonelle

metoder, spesielt ved at en raskere og mer kostnadseffektivt kan analysere et stort antall prøver. En svakhet er at alle molekylære tester innebærer en risiko for falske positive resultater. Derfor må alle positive molekylære prøver i tillegg analyseres morfologisk for verifisering.

En grunnleggende utfordring for et hvert overvåkingsprogram er at det er umulig å påvise fraværet av en organisme – med mindre en tester samtlige furutrær og furubukker i Norge. Begrenset innsats i forhold til det store antallet trær tilsier at sannsynligheten for deteksjon i den årlige overvåkingen er lav. Det er mulig å beregne en påvisnings-sannsynlighet basert på prøveinnsatsen, men dette er forbundet med stor usikkerhet. Kort sagt kan man aldri konkludere sikkert med at furuvednematode er fraværende i Norge, spesielt ikke siden nematoden i vårt klima forventes å gi milde eller ingen symptomer i furu (Sundheim m.fl. 2010). Det er ikke dermed sagt at en overvåking er verdiløs – én flisprøve eller én bille vil være nok for påvisning. Og selv om konsekvensene av furuvednematoden foreløpig forventes å være små i Norge har vi et ansvar for å forhindre videre spredning til områder hvor skadepotensialet er større.

## Litteraturreferanser

- Bergseng, E., et al. 2012. Combining ecological and economic modelling in analysing a pest invasion contingency plan – The case of pine wood nematode in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2012. 27(4): p. 337-349.
- García-Pereda, I. 2022. MPs, insects and trees: The pine wood nematode in the Portuguese parliament. *SHS Web of Conferences*, 2022. 136: p. 03003.
- Hietala, A.M., et al. 2023. Overvåking- og kartleggingsprogram for furuvednematode og *Monochamus* 2022. NIBIO Rapport 9(74) 2023.
- Kim, B.-N., et al. 2020. A short review of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 2020. 12(4): p. 297-304.
- Kuroda, K., et al. 1988. Effects of cavitation on the development of pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. *Japanese Journal of Phytopathology*, 1988. 54(5): p. 606-615.
- Landbruks- og matdepartementet (LMD). 2000. Forskrift om planter og tiltak mot planteskadegjørere. 2000 [cited 2023; Available from: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2000-12-01-1333> ].
- Mamiya, Y. 1988. History of pine wilt disease in Japan. *Journal of Nematology*, 1988. 20(2): p. 219-26.
- Pimentel, C. 2022. CABI Compendium: *Bursaphelenchus xylophilus* (pinewood nematode). 2022 [cited 2023; Available from: <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.10448> ].
- Rautapää, J. 1986. Experiences with *Bursaphelenchus xylophilus* in Finland. *EPPO Bulletin*, 1986. 16(3): p. 453-456.
- Schroeder, L.M. and C. Magnusson. 1992. Transmission of *Bursaphelenchus mucronatus* (Nematoda) to branches and bolts of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* by the cerambycid beetle *Monochamus sutor*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1992. 7(1-4): p. 107-112.
- Sundheim, L., et al. 2008. Pest risk assessment of the pine wood nematode (PWN) *Bursaphelenchus xylophilus* in Norway -Part 1. 2008, VKM.
- Sundheim, L., et al. 2010. Pest risk assessment of the pine wood nematode (PWN) *Bursaphelenchus xylophilus* in Norway – Part 2. 2010, VKM.
- Wingfield, M.J., et al. 1982. The pine wood nematode: a comparison of the situation in the United States and Japan. *Canadian Journal of Forest Research*, 1982. 12(1): p. 71-75.
- Økland, B., et al. 2010. Is Eradication of the Pinewood Nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) Likely? An Evaluation of Current Contingency Plans. *Risk Analysis*, 2010. 30(9): p. 1424-1439.
- Økland, B., et al. 2019. Risiko for import av fremmede arter og brudd på tømmerforordningen – trendanalyse av importstatistikk for tømmer og treprodukter. NIBIO Rapport 5(69) 2019.

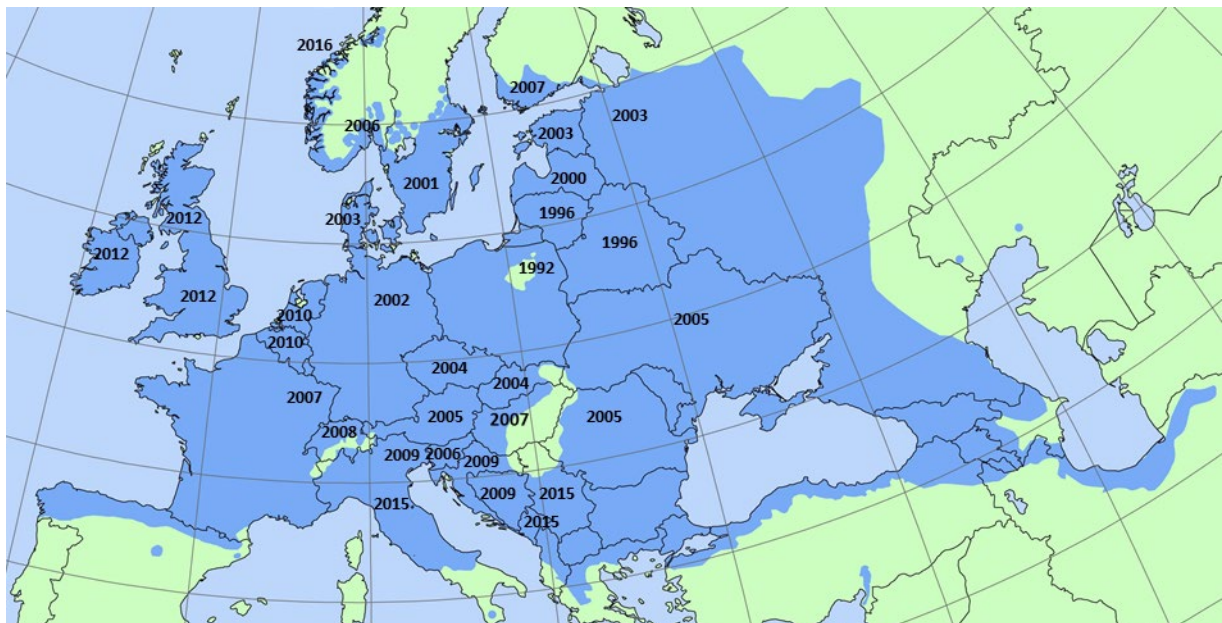
## 6 Askeskuddsyke

Volkmar Timmermann, Halvor Solheim, Isabella Børja, Nina E. Nagy, Mari Mette Tollefsrud, Thomas Solvin, Harald Haga Lislegård og Hans Nyeggen (NIBIO)

### 6.1 Innledning

Askeskuddsyke ble først oppdaget i Polen tidlig på 1990-tallet. Sykdommen spredte seg etter hvert til nabolandene. Siden årsaken var ukjent, ble det ikke satt i gang kontrolltiltak som for eksempel begrensning av handel med askeplanter for å forhindre spredningen over landegrensene. Først i 2006 ble årsaken funnet, en sopp som fikk det vitenskapelige navnet *Chalara fraxinea*. Da først kom den inn på forskjellige lands karantener over sopper det er forbudt å innføre. Senere har soppen fått navnet *Hymenoscyphus fraxineus*, på norsk askeskuddbeger.

Soppens små begre utvikles på fjorårets askebladstilk i skogbunnen. Sporene, som spres i sommermånedene, infiserer bladene på asketrærne i løpet av vekstsesongen, og soppen vokser derfra videre til greinene og til stammen. Infeksjonen forårsaker nekroser i bladene og bladstilkene, og seinere (i vinterhvilen) i greinene og stammen med bladvisning og skudd- og greinavdøing som følge (Solheim m.fl. 2017). Gjentatte angrep over flere år vil til slutt kunne drepe hele treet, ofte i samspill med andre faktorer som råte.



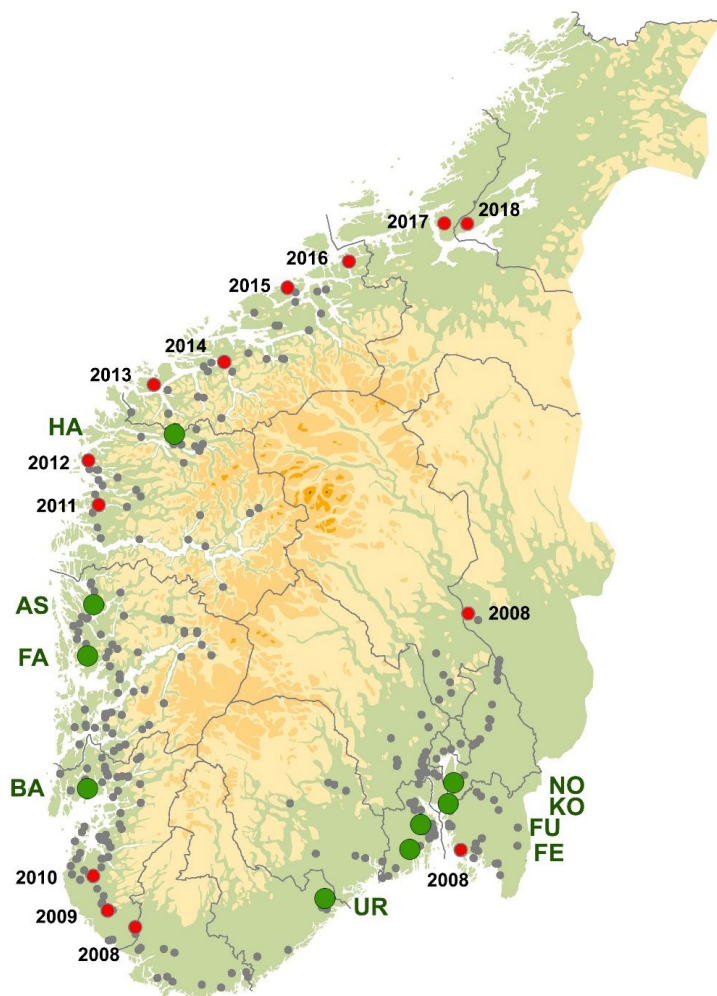
Figur 32. Området merket med blått er utbredelsen til ask (*Fraxinus excelsior*) i Europa (Kilde: EUFORGEN). Årstall indikerer når askeskuddsyke ankom de forskjellige land (Solheim & Hietala 2017a, b).

Askeskuddbeger er vanlig i Øst-Asia på bl.a. mandsjuriaask (*Fraxinus mandshurica*) og andre stedegne arter av ask, og forårsaker kun bladflekkskader på disse (Drenkhan m.fl. 2016). Soppen ble innført til Europa med pryddplanter av mandsjuriaask og har spredd seg med rekordfart gjennom Europa (Figur 32, Timmermann m.fl. 2011, McKinney m.fl. 2014, Solheim & Hietala 2017a, b), godt hjulpet av import og handel med infiserte askeplanter, selv om soppen også kan spre seg naturlig over store avstander med sine sporer. Den oppfører seg annerledes i møte med en ny vert og har blitt en trussel mot den europeiske aska (*F. excelsior*). Som følge av høy dødelighet forårsaket av askeskuddsyken, er ask nå rødlistet i mange land. I Norge ble ask oppført som sterkt truet (EN) i 2021 (Solstad m.fl. 2021). Tilbakegangen av ask og påfølgende treslagsskifte har store implikasjoner for det europeiske skogbruket, men også for biomangfoldet (Jordal & Bratli 2011, Mitchell m.fl. 2016, Thomas

2016, Hultberg m.fl. 2020, Łubek m.fl. 2020). I dag er det kun noen få regioner igjen i Europa som ennå ikke er berørt av denne sykdommen.

I Norge ble askeskuddsyke påvist første gang i 2008 (Talgø m.fl. 2009). Da ble den funnet i en planteskole som hadde importert askeplanter fra Sverige. Eierne hadde registrert en begynnende visning allerede året før, så sykdommen må ha vært der allerede i 2006 (Solheim 2009). I 2008 ble det også funnet eldre nekroser som underbygget dette. Allerede samme år ble askeskuddsyke observert over store deler av Øst- og Sørlandet. Mellom det nordligste funnet i Ringsaker og det vestligste ved Moi i Rogaland var det en avstand på rundt 360 km i luftlinje (Figur 33). At sykdommen var spredd over så store avstander allerede i 2008, kan tyde på at det hadde blitt plantet ut angrepne askeplanter fra planteskoler. Sykdommen ble da også påvist i alle planteskoler som ble undersøkt på Østlandet i 2008.

Fra 2009 til 2018 har vi fulgt spredningen av askeskuddsyke nordover på Vestlandet til Trøndelag gjennom befaringer og undersøkelser. Siden 2009 har vi registrert kronetilstand og skader på enkeltrær og i bestand på faste overvåkingsflater på Østlandet, og siden 2012 på tilsvarende flater på Vestlandet, for å dokumentere sykdomsutviklingen. Oppfølging av småplanter av ask har ikke vært del av registreringene på overvåkingsflatene, men vi har lagt merke til at det ikke skjer noe naturlig foryngelse i askeskogene rundt våre overvåkingsflater. Vi har riktignok observert rikelig oppslag av ett- til toårige småplanter av ask noen steder, men har ikke observert at noen av disse har vokst seg større. I 2019 startet vi derfor et eget overvåkingsopplegg for å dokumentere askas naturlige foryngelse og dens suksess (overlevelse).



Figur 33. Lokalisering av overvåkingsflater for askeskuddsyke (grønne punkter) og verifiserte funn av askeskuddsyke (grå punkter). Spredningen på Vestlandet og i Trøndelag er markert med røde punkter og årstall (Kilde: NIBIO).

Studier fra andre deler av Europa har vist at arvelig toleranse mot sykdommen er til stede hos en liten del av asketrærne (Kjær m.fl. 2012, McKinney m.fl. 2014). Estimering av arvbarhet viser at mellom 30-50 % av variasjonen i toleranse mot askeskuddsykdommen kan skyldes genetiske komponenter (Plumb m.fl. 2020). Selv om denne arvelige komponenten kun er til stede i en liten del av populasjonen, bør det likevel ved hjelp av seleksjon være mulig å få fram mer tolerante asketrær. Foredling for motstandsdyktighet mot askeskuddsyken er derfor trukket frem som et av virkemidlene for å redusere videre tap av askepopulasjonen (f.eks. Liziniewicz m.fl. 2022).

Som et ledd i genressursarbeidet for ask, startet vi derfor i 2015 innsamling av frømaterialer fra friske trær. I tillegg fikk vi også frømaterialer fra Litauen som var høstet fra friske mortrær som da hadde vært utsatt for askeskuddsyken lenger enn askepopulasjonen i Norge. Plantene ble dyrket opp og plantet ut i to forsøk på Østlandet og et på Vestlandet i 2018. Hovedmålet med prosjektet «Genressurser i ask» er å identifisere individer/genotyper av ask som tolererer askeskuddsyken, samt undersøke sammenhengen mellom sykdomstoleranse hos mor og avkom og variasjon i fenologi innen og mellom familier og provenienser. Resultatene fra forsøkene vil gi viktig kunnskap som er nødvendig for å utforme en bevaringsstrategi for genetiske ressurser i ask. Samtidig utgjør forsøkene starten på et foredlingsprogram for ask i Norge.

## 6.2 Spredning og utbredelse i Norge

Fra 2009 har vi fulgt spredningen av askeskuddsyke nordover på Vestlandet fra det vestligste funnet i 2008 som ble gjort ved Moi i Rogaland (Figur 33). De to første årene registrerte vi en spredning på 25–30 km per år. Det nordligste funnet i 2011 ble registrert i Askvoll kommune i Sogn og Fjordane. De første funnene av askeskuddsyke i Møre og Romsdal ble gjort i 2013. Allerede i 2016 ble det nordligste funnet av askeskuddsyke gjort i Våg i Aure kommune helt nord i fylket, bare få kilometer fra grensa til Sør-Trøndelag. Fra det nordligste funnet i 2015 i Averøy kommune til det nordligste funnet i 2016 var det 53 km i luftlinje. I 2017 ble askeskuddsyke for første gang påvist i Trøndelag (Timmermann m.fl. 2018), nærmere bestemt ved Reins kloster på Fosen-halvøya, 75 km i luftlinje nordøst for fronten i 2016. I 2018 ble askeskuddsyke funnet i Hindrum naturreservat i Indre Fosen kommune (Timmermann m.fl. 2019) (Figur 33), som ofte omtales som verdens nordligste askeskog. Det finnes spredte forekomster av ask også lenger nord som kan forventes å bli infiserte innen få år hvis spredningen fortsetter med samme fart.

Siden 2008 har askeskuddsyke spredt seg jevnt og trutt nordover på Vestlandet (Solheim & Hietala 2017a, b). I perioden fra 2008 til 2018 har den registrerte spredningen variert fra 25 km til 78 km per år. I gjennomsnitt har askeskuddsyken spredt seg 51 km per år (Timmermann m.fl. 2019). Etter 2018 har det ikke lenger blitt utført systematiske registreringer for å følge videre spredning av askeskuddsyke i Trøndelag siden askeskuddsyken allerede har spredt seg gjennom mesteparten av askas naturlige utbredelsesområde i Norge, fra Østlandet opp til Trøndelag.

Askeskuddbeger er et eksempel på en invaderende art som har etablert og spredt seg rekordraskt i Europa og forårsaket store skader og høy dødelighet på den europeiske aska. Vi har sett det samme i Norge og dokumentert en svært rask spredning langs kysten på Vestlandet. Som følge av de omfattende skadene og den høye dødeligheten i hele det naturlige utbredelsesområdet for ask i Norge, har askas status på den norske rødlista gått fra å ikke være oppført i 2006, til nær truet (NT) i 2010, sårbar (VU) i 2015 og sterkt truet (EN) i 2021 (Solstad m.fl. 2021).



## 6.3 Overvåking på permanente flater

### 6.3.1 Metoder

Det er 9 permanente overvåkingsflater for askeskuddsyke i Norge, 4 på Østlandet, 1 på Sørlandet og 4 på Vestlandet (Figur 33, Tabell 10, Timmermann m.fl. 2013). På flater med tydelige aldersklasser ble det valgt ut 50 trær, mens på flater med en mer ensartet alderssammensetning ble det valgt ut 40 trær (Tabell 10).

Tabell 10. Overvåkingsflater for askeskuddsyke. Hoh: Høyde over havet.

| Flate ID | Flatenavn | Kommune    | Treantall | Hoh (m) | Opprettelse |
|----------|-----------|------------|-----------|---------|-------------|
| NO       | Norderås  | Ås         | 50        | 100     | 2009        |
| KO       | Kolås     | Vestby     | 50        | 40      | 2009        |
| FU       | Fjugstad  | Horten     | 50        | 40      | 2009        |
| FE       | Fevang    | Sandefjord | 40        | 100     | 2009        |
| UR       | Urfjell   | Risør      | 40        | 100     | 2010        |
| BA       | Baustad   | Tysvær     | 50        | 20      | 2012        |
| AS       | Askvik    | Alver      | 40        | 15      | 2012        |
| HA       | Hammar    | Stryn      | 40        | 110     | 2012        |
| FA       | Fana      | Bergen     | 37        | 25      | 2016/17     |

Kroneskader på ask registreres som utglisning (reduksjon i kronetetthet) og deles inn i grupperte skadeklasser: Friske trær (0-10 % utglisning), svakt skadde (11-25 % utglisning), moderat skadde (26-50 % utglisning), sterkt skadde (>50 % utglisning) og døde trær. Registreringene, som også omfatter andre helseparametere som misfarging, døde greiner og toppe, skuddavdøing, vannris og frøsetting, utføres en gang per år for hvert tre mellom slutten av juni og midten av august.

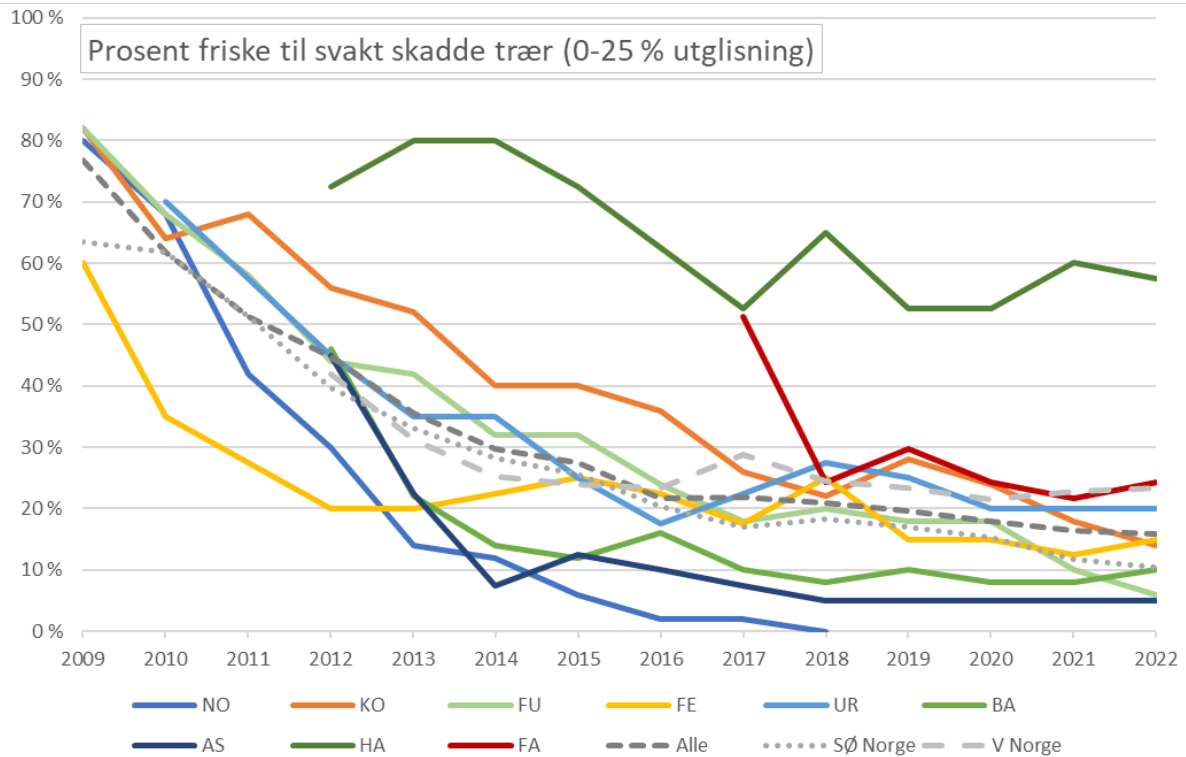
### 6.3.2 Resultater

For resultater med trær gruppert i diameter/aldersklasser, se tidligere rapporter (f.eks. Timmermann m.fl. 2023).

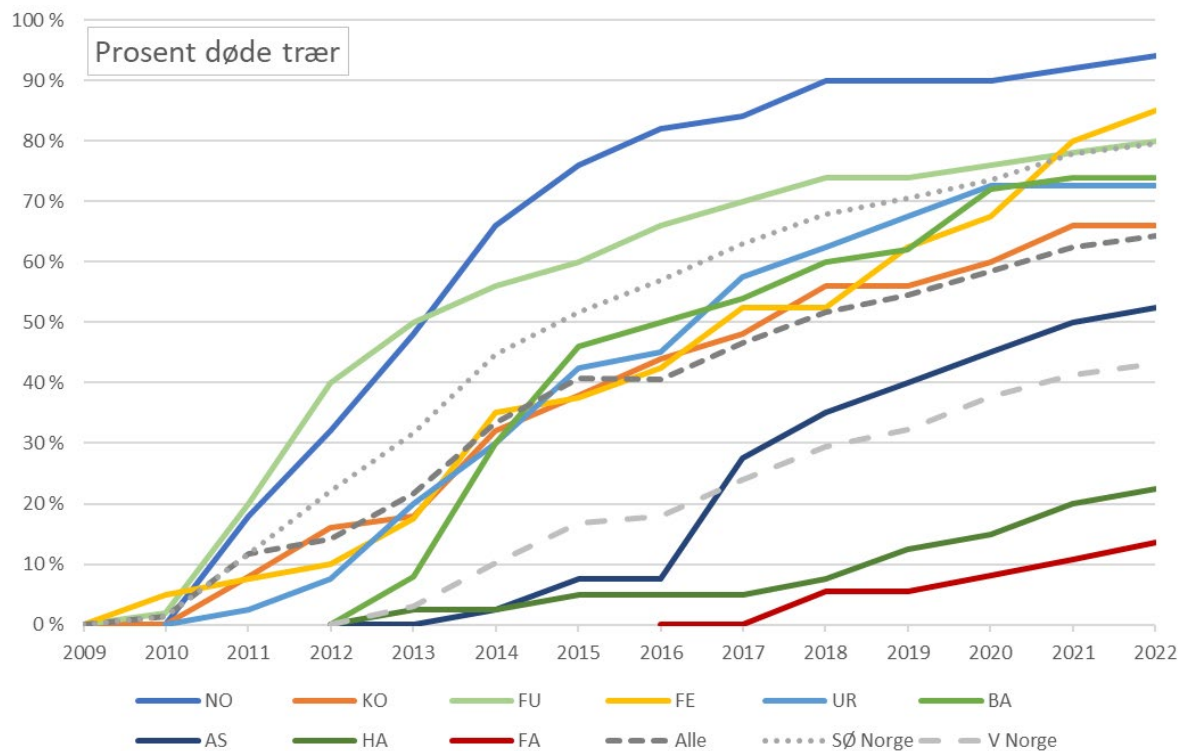
#### *Sør- og Østlandet*

Mens 63 % av de totalt 230 asketrærne (alle diameterklasser sett under ett) på de fem overvåkingsflatene på Sør- og Østlandet var friske eller bare svakt skadde i 2009, var denne andelen redusert til 10 % i 2022 (Figur 34). Etter ca. 16 år med askeskuddsyke til stede var 80 % av trærne på overvåkingsflatene døde (Figur 35), og ytterlige 8 % var sterkt skadde eller døende i 2022.

Høyest var mortaliteten på flata i **Norderås** med 94 % i 2022 (Figur 35). Bare 3 av de store, dominante trærne var da fortsatt i live, men sterkt skadde. **Kolås** hadde lavest mortalitet av flatene i Sørøst-Norge, men også her var to tredjedeler (66 %) av trærne døde i 2022, mens 14 % av trærne var friske eller svakt skadde (Figur 34). I **Fjugstad** var det få friske trær igjen (6 %), og 80 % var døde i 2022. I **Fevang** var 85 % av alle trær døde i 2022, mens de resterende 15 % faktisk var friske eller bare svakt skadde. Flata i **Urfjell** hadde den høyeste andelen friske eller svakt skadde trær (20 %), men også en høy andel døde trær i 2022 (73 %).



**Figur 34.** Prosentandel friske til svakt skadde (0–25 % kroneutglisning) asketrær på overvåkingsflatene. SØ Norge: NO, KO, FU, FE og UR 2009–2022 (UR fra 2010), V Norge: BA, AS, HA og FA 2012–2022 (FA fra 2016).



**Figur 35.** Prosentandel døde asketrær på overvåkingsflatene. SØ Norge: NO, KO, FU, FE og UR 2009–2022 (UR fra 2010), V Norge: BA, AS, HA og FA 2012–2022 (FA fra 2016).

## Vestlandet

Utviklingen for trærne på Vestlandet (alle diameterklasser sett under ett) viser samme trend som på Sør- og Østlandet, selv om kronetilstanden har forbedret seg noe hos trærne de siste to årene. Mens 40 % av de totalt 130 asketrærne på de tre overvåkingsflatene på Vestlandet var friske eller svakt skadde i 2012, var denne andelen redusert til 22 % i 2022 (Figur 34). Andelen døde trær i det samlede datasettet fra Vestlandet økte til 41 % i 2022 (Figur 35), i tillegg var 20 % av trærne sterkt skadde eller døende.

De fleste døde og sterkt skadde trærne ble registrert på den sørligste flata, **Baustad** i Rogaland med den lengste sykdomshistorien (jf. Figur 33), hvor 74 % av alle trærne var døde (Figur 35) og 6 % sterkt skadde i 2022. Andelen friske eller svakt skadde trær var på 10 % (Figur 34). På flata i **Askvik** var 53 % av alle trær døde i 2022, og ytterlige 25 % hadde sterke kroneskader. Bare 2 av trærne var fortsatt friske (5 %). På overvåkingsflata i **Fana**, som ble opprettet flere år etter de andre, var 51 % av trærne friske eller bare svakt skadde ved den første befaringen med kronebedømmelse i 2017, mens denne andelen hadde sunket til 24 % i 2022. Andelen sterkt skadde trær ble nesten doblet fra 22 % i 2017 til 43 % i 2022, og 14 % av trærne var døde. Flata i **Hammar** med den korteste sykdomshistorien hadde i 2022 den høyeste andelen friske eller svakt skadde trær med 58 % og relativt lav dødelighet. Likevel har andelen døde trær økt jevnt de siste fire årene til 23 % i 2022. Ytterlige 15 % av trærne hadde sterke kroneskader.

### 6.3.3 Diskusjon

Våre data fra overvåkingen av askeskuddsyke har vist at sykdomsutviklingen skjer fort i bestand og på enkelttrær, også i områder som bare har hatt sykdommen i noen få år, eller som er relativt isolerte fra andre askeforekomster (Timmermann m.fl. 2017). Skadeomfanget øker fra år til år både på Sør- og Østlandet og på Vestlandet, trær i alle aldersklasser angripes og dødeligheten er høy. Særlig de minste trærne (foryngelsen) er utsatt, men også de mellomstore framtidstrærne er truet. Store, dominante trær kan leve lenge med sykdommen, men etter gjentatte, kraftige angrep vil også disse svekkes og dø.

Det finnes fortsatt noen få friske trær igjen på noen av overvåkingsflatene, selv etter mange år med askeskuddsyke til stede. Dette kan tyde på at det fins forskjeller i motstandsdyktighet mot sykdommen hos ask som kan være genetisk betinget (McKinney m.fl. 2014, Timmermann & Tollefsrud 2017). Disse friske individene vil være svært verdifulle for genressursforvaltningen og utviklingen av motstandsdyktig materiale.

Svekkete trær er mer utsatt for andre skadegjørere, spesielt honningsopp (Lenz m.fl. 2016). De fleste døde trær på overvåkingsflatene på Østlandet viste tegn til honningsoppråte. Råteangrepne trær er også mer utsatt for vindfelling. Sterk vind i 2018 og 2019 veltet flere store asketrær på overvåkingsflatene i Fjugstad, Fevang og Urffjell. De fleste av disse hadde råte i røtter og stammebasis med typiske symptomer på honningsopp, men var lite preget av synlige kroneskader. Ettersom honningsopp anses for å være en sekundær skadegjører som angriper svekkete trær (Solheim & Børja 2012), kan disse observasjonene tyde på at askeskuddsyke også kan angripe trærne på en annen måte enn gjennom bladene og greinene, nemlig gjennom barken ved stammebasis.

Basale nekroser ble først beskrevet fra Belgia i 2016 (Chandelier m.fl. 2016). Infeksjonen oppstår ved at askeskuddebegerens sporer trenger inn i rothalsen gjennom barkporer (lenticeller, Nemesio-Gorritz m.fl. 2019). Infeksjonen fører til en nekrose som sprer seg inn mot treets kjerne som en kile. I det angrepne området blir vanntransporten stoppet, og treet blir svekket slik at honningsopp lettere kan angripe det. Lindgren (2017) fant at 71 (53 %) av 134 undersøkte asketrær på 6 lokaliteter rundt Oslofjorden hadde nekroser i rothalsen forårsaket av askeskuddebeger. De fleste av disse var også angrepet av honningsopp. Noen få trær hadde rothalsinfeksjoner uten at det var tegn på angrep av askeskuddsyke i krona. Dette underbygger teorien om at basale infeksjoner er primære og skjer uavhengig av infeksjoner i krona.

I tillegg til honningsopp fant vi i Fjugstad hyppige forekomst av sekksporesoppen kullskorpe (*Kretzschmaria deusta*). Dette er en typisk skadegjører på røttene av forskjellige løvtrær. Infeksjon skjer ved sår på stammebasis, og soppen kan spre seg til nabotrær gjennom rotsammenvoksninger. Kullskorpe danner flerårige fruktlegermer som ser ut som svarte skorper ved stammebasis (Figur 36). Angrepne trær har nedbrutt rotsystem, og selv om de ser friske ut er det stor risiko for at de kan velte.



Figur 36. Råtesopp kullskorpe (*Kretzschmaria deusta*) på stammebasis av smittede asketrær. Soppen danner svarte, flerårige, skorpelignende fruktlegermer ved stammebasis (øverst). På våren dannes det også det ukjønnede stadiet som grågrønne flekker (nederst). Foto: Isabella Børja.

## 6.4 Overvåking av askas naturlige foryngelse og dens overlevelse

### 6.4.1 Metoder

Forsøket med småplanter av ask for å dokumentere askas naturlige foryngelse og dens overlevelse ble etablert i 2019 i askeskoger på to lokaliteter: Norderås i Ås kommune og Fjugstad natur- og genressursreservat i Horten kommune. På begge lokalitetene består grunnforholdene av marine avsetninger og leirjord. Askeskogen i Fjugstad naturreservat er med sine 267 dekar den største i Skandinavia. Bestanden på Norderås er på ca. 34 dekar og dermed betydelig mindre enn Fjugstad. På begge lokalitetene er askeskogen sterkt preget av angrep av askeskuddsyke som har resultert i mange døde og sterkt skadde asketrær. Våre permanente flater for den langsiktige overvåkingen av askeskuddsyke (se delkapittel 6.3) befinner seg i noen hundre meters avstand fra forsøksrutene på begge steder.

På hver lokalitet ble det i 2019 opprettet 2–3 ruter à 9 m<sup>2</sup> (6 x 1,5 m) med 50–60 meters avstand over en antatt jordfuktighetsgradient; en rute på et fuktig sted, en på et tørrere sted. Alle levende småplanter av ask innafor hver rute ble merket med unike ID-numre på plaststrimler som ble tredd rundt stammen (Figur 37 og Figur 38). Klimaloggere (TMS-sensorer), som måler lufttemperatur og signalstyrken for jordfuktighet hvert 15. minutt, ble installert i rutene. Basert på de nærmere 3000 målingene per måned per logger, beregnes det månedlige gjennomsnitt for signalstyrken for jordfuktighet i hver rute.

På Norderås (NO) ble tre ruter med totalt 566 planter oppmerket: 220 planter i rute 1 (NO1), 234 i rute 2 (NO2) og 112 i rute 3 (NO3, antatt fuktig). TMS-sensorer ble utplassert i rute 1 og 3. I Fjugstad (FU) ble to ruter med totalt 240 planter oppmerket: 60 planter i rute 1 (FU1, antatt fuktig) og 180 i rute 2 (FU2). TMS-sensorer ble utplassert i begge rutene.

Følgende variabler ble registrert i felt for alle merkede askeplanter:

- Alder (kun i oppstartsåret; aldersgruppe 1 = 0-1 år gamle planter, 2 = 2-3 år gamle, 3 = eldre enn 3 år).
- Høyde (årlig; målt i cm med tommestokk fra bakken til toppskudd).
- Helsetilstand (årlig; skadeklasse 0 = ingen skader, 1 = 1-10 % skader, 2 = 10-50 % skader, 3 = mer enn 50 % skader, 4 = døde planter). Skadeklasse 0 og 1 kombinert gir andelen friske planter.
- Andre skader (årlig; f.eks. beiteskader og nekroser).

Plantenes helsetilstand, skader og avdøying ble registrert 28.7.2022 på Norderås og 27.7.2022 i Fjugstad. TMS-sensorene ble avlest i forbindelse med feltarbeidet.

De fleste nummerlappene har holdt seg på plass siden oppstarten i 2019. Noen få planter har mistet nummerlappene i løpet av prosjektperioden, andre ble ikke gjenfunnet, sannsynligvis fordi de ble spist eller tråkket ned av rådyr. Disse plantene er utelatt fra beregningene. Av de 240 plantene som ble merket i Fjugstad i 2019, er 45 (19 %) tatt ut av datasettet i 2022, og av de opprinnelig 566 plantene på Norderås er 45 (8 %) tatt ut. Antall planter som ble vurdert i 2022 er gitt i Tabell 11.

Tabell 11. Antall planter i hver rute som ble vurdert i Fjugstad (FU) og Norderås (NO) i 2022.

|                | FU1 | FU2 | NO1 | NO2 | NO3 | Sum |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Aldersgruppe 1 | 31  | 128 | 196 | 170 | 71  | 596 |
| Aldersgruppe 2 | 6   | 6   | 11  | 25  | 11  | 59  |
| Aldersgruppe 3 | 14  | 10  | 3   | 10  | 20  | 57  |
| Sum            | 51  | 144 | 210 | 205 | 102 | 712 |



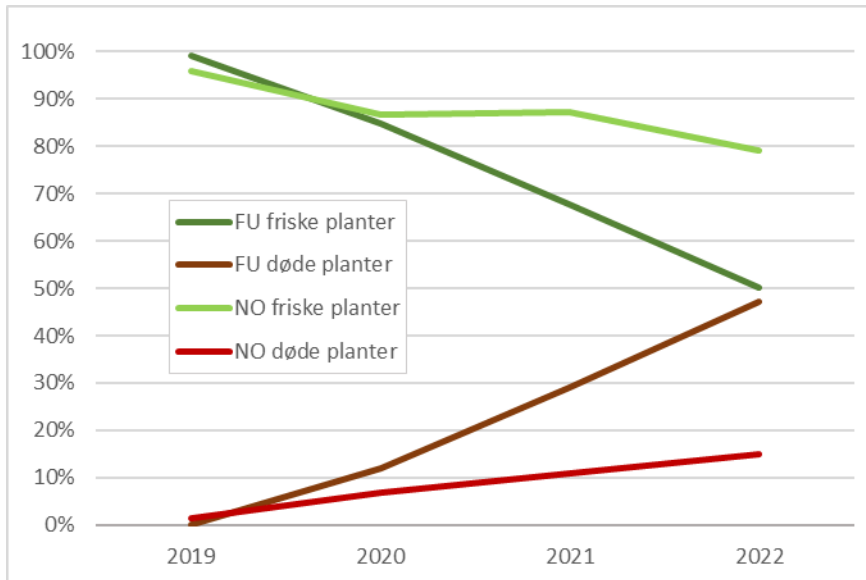
Figur 37. Feltopprettelse på Norderås i 2019. Rute NO1, NO2 og NO3 (fra venstre). Alle planter i hver rute (innafor den røde tråden) ble merket med gule nummerlapper. Foto: Isabella Børja.



Figur 38. Feltopprettelse i Fjugstad i 2019. Rute FU1 til venstre og rute FU 2 til høyre. Alle planter i hver rute (innafor den røde eller hvite tråden) ble merket med gule nummerlapper. Klimaloggeren kan skimtes i nederste venstre hjørne i FU1. Foto: Isabella Børja.

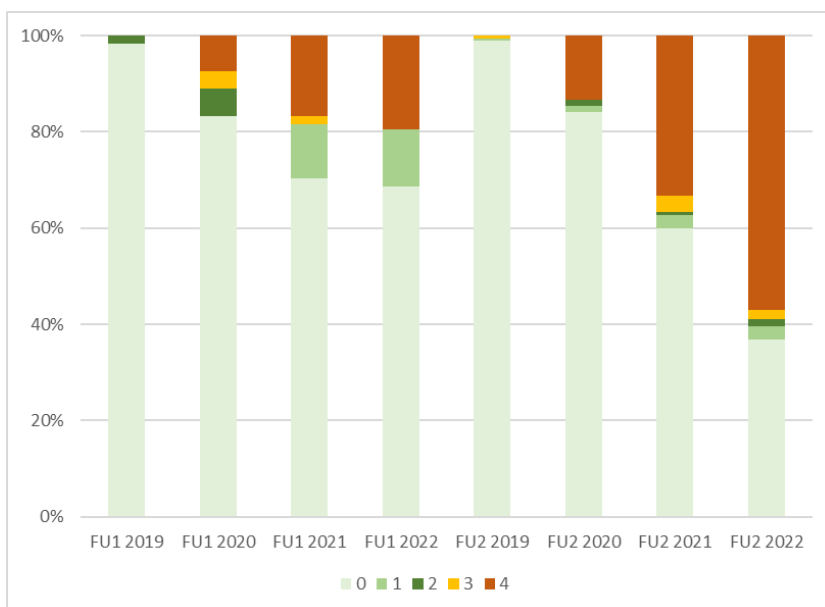
## 6.4.2 Resultater og diskusjon

Resultatene etter tre år med overvåking av småplantene viser høy mortalitet i Fjugstad, der nesten halvparten (47 %) av alle planter i de to rutene var døde i 2022, mens avdøingen var lavere i rutene på Norderås (15 %) (Figur 39). Andelen friske småplanter (skadeklasse 0 og 1, 0–10 % skader) er redusert fra 99 % til 50 % i Fjugstad og fra 96 % til 79 % på Norderås fra 2019 til 2022.



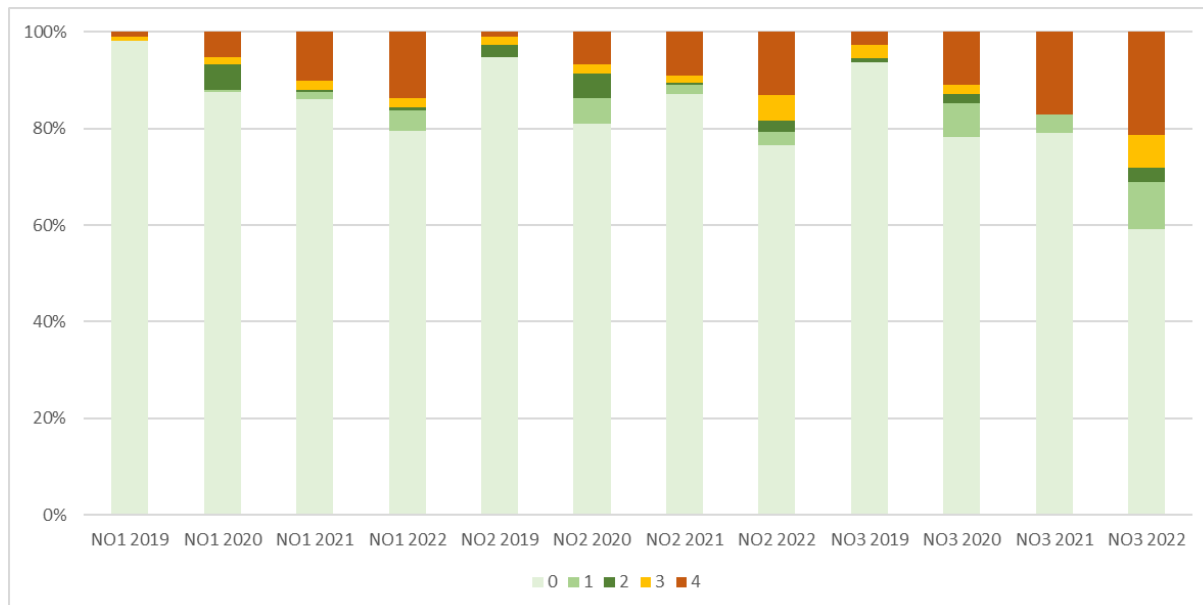
Figur 39. Prosentandel friske (skadeklasse 0 og 1) og døde askeplanter 2019–2022 i Fjugstad (FU) og Norderås (NO).

Helsetilstanden og mortaliteten for askeplantene varierte mellom rutene på hver lokalitet (Figur 40 og Figur 41). Det er særlig rute FU2 i Fjugstad som skiller seg ut. Mortaliteten var som tidligere høyest i denne ruta (57 % i 2022), nesten tre ganger så høy som i FU1 og NO3 (begge rundt 20 %) og fire ganger høyere enn i NO1 og NO2 (begge rundt 13 %). Mens mortaliteten økte med 24 %-poeng blant plantene i ruta FU2 fra 2021 til 2022, var det bare en svak økning på 3 %-poeng i ruta FU1 (Figur 40). Andelen friske planter i ruta FU2 sank tilsvarende med 23 %-poeng til bare 40 % i 2022.



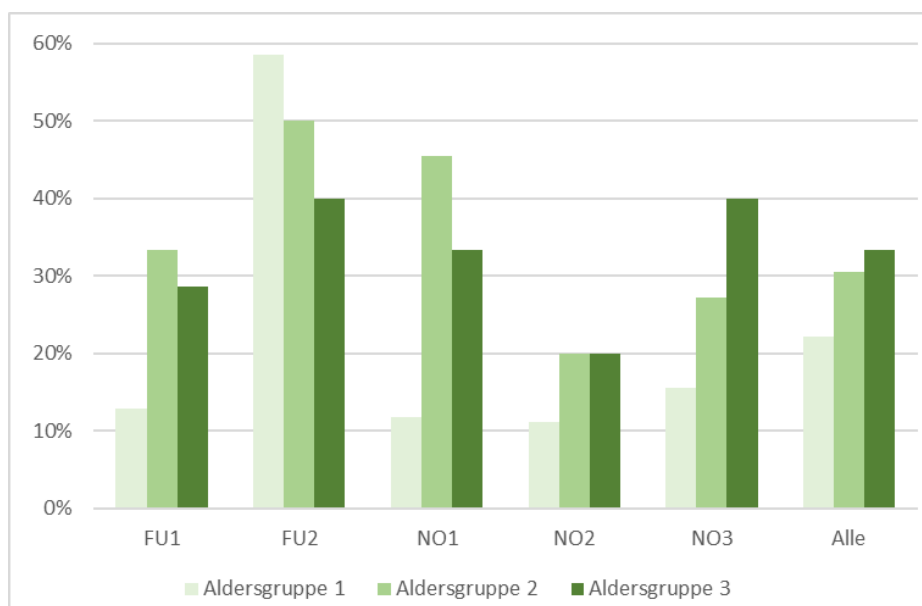
Figur 40. Utvikling i helsetilstanden 2019–2022 i Fjugstad (FU), prosentvis fordeling på skadeklassene (0-4) for hver av rutene. Prosentandelen i skadeklasse 4 (døde planter) i 2022 er lik mortalitetsraten.

Mortaliteten på Norderås økte bare svakt med 4 %-poeng i hver av de tre rutene, sammenlignet med 2021 (Figur 41). På denne lokaliteten skiller ruta NO3 seg ut med den høyeste mortaliteten gjennom alle år og den laveste andelen helt uskadde planter (skadeklasse 0), som hadde sunket med 20 %-poeng til 59 % i 2022.



**Figur 41. Utvikling i helsetilstanden 2019–2022 på Norderås (NO), prosentvis fordeling på skadeklassene (0-4) for hver av rutene. Prosentandelen i skadeklasse 4 (døde planter) i 2022 er lik mortalitetsraten.**

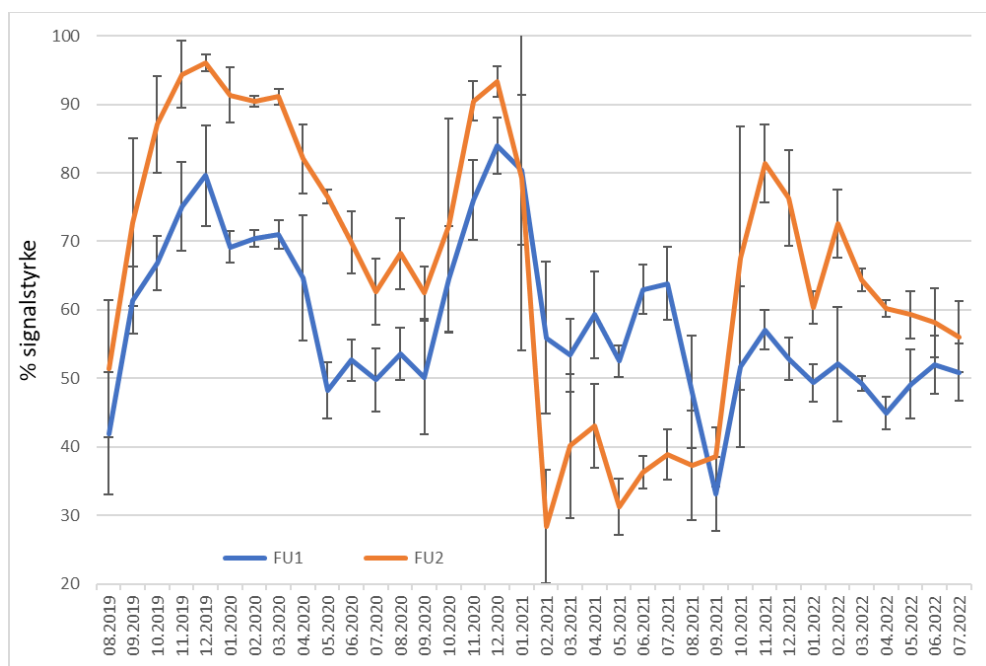
Mortalitetsraten var lavest blant de yngste plantene i rutene på begge lokalitetene (11–15 %, Figur 42), med unntak av FU2. I rute FU2 var hele 59 % av de yngste plantene døde i 2022. Det kan se ut som om det er en trend med en økning i mortalitet med økende alder, men det er vesentlig færre planter i aldersgruppene 2 og 3 enn i gruppe 1 (jf. Tabell 11), slik at datagrunnlaget for de eldre plantene er svakere.



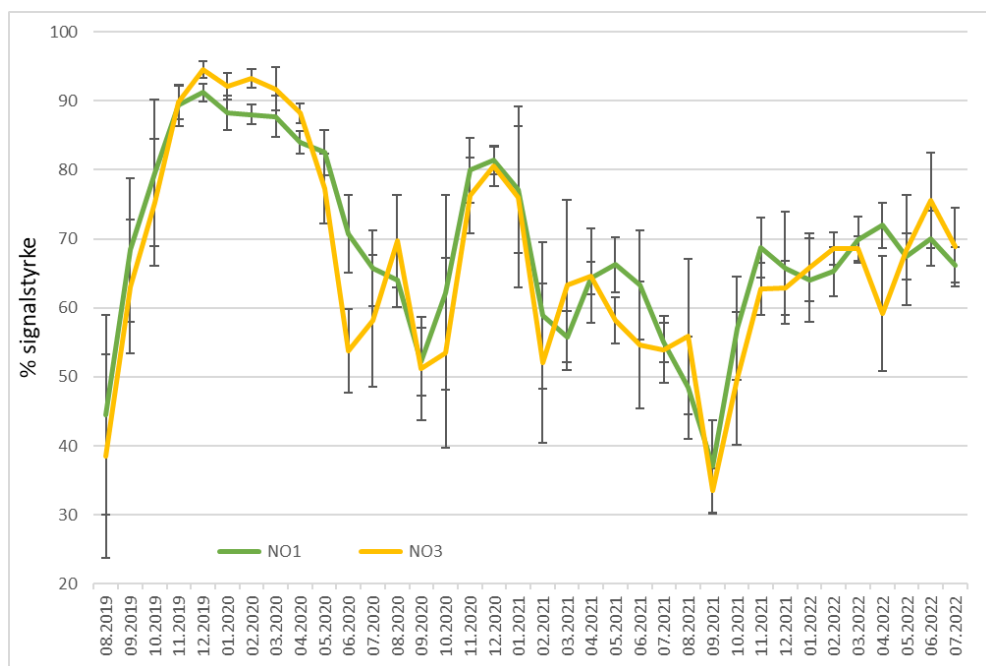
**Figur 42. Mortalitet fordelt på aldersklasser i hver av rutene i Fjugstad (FU) og Norderås (NO) i 2022.**



Analysen av dataene fra klimaloggerne ble gjennomført i 2022 for å få et bedre inntrykk av forsøksrutenes voksestedsbetingelser og de klimatiske forholdene på hver lokalitet. Grafene i Figur 43 og Figur 44 viser signalstyrken og ikke den absolutte jordfuktigheten. De gjenspeiler likevel dynamikken gjennom sesongen og de relative fuktighetsforholdene mellom rutene. Omregningen av signalstyrken til absolutte jordfuktighetsverdier hadde krevd en undersøkelse av jordtype og fuktighetsrespons på hvert sted for å kalibrere sensordataene. En direkte sammenligning av jordfuktigheten mellom de to lokalitetene kunne derfor ikke gjøres, men tatt i betraktning at begge områder har sammenlignbare grunnforhold, gir datasettet allikevel en god indikasjon på forskjeller mellom lokalitetene.



Figur 43. Jordfuktighet oppgitt i prosent av signalstyrke i rutene FU1 og FU2 (Fjugstad). Månedlige gjennomsnittsverdier med standardavvik for perioden august 2019 til juli 2022.



Figur 44. Jordfuktighet oppgitt i prosent av signalstyrke i rutene NO1 og NO3 (Norderås). Månedlige gjennomsnittsverdier med standardavvik for perioden august 2019 til juli 2022.

Det er en del forskjeller i relativ jordfuktighet mellom rutene FU1 og FU2 i Fjugstad, der rute FU1 framstår tørrere enn FU2 gjennom store deler av 2019, 2020 og 2022 (Figur 43). Gjennom vekstsesongen 2021 er det motsatt og FU2 er da markert tørrere enn FU1. De relative verdiene viser også at FU1 er tørrere enn de tre andre rutene fra oktober 2019 til august 2020 og i første halvdel av 2022, mens FU2 er tørrest av alle ruter fra februar til august 2021. Klimaloggeren i ruta FU2 viser en markant nedgang i signalstyrke fra januar til februar 2021 og en nesten like kraftig oppgang fra september til oktober samme år. Det kan ikke utelukkes at disse svingningene skyldes mekanisk påvirkning av loggeren gjennom f.eks. rådyr eller telehiv.

På Norderås er det få forskjeller mellom rutene (Figur 44). Bare i juni 2020, mai 2021 og april 2022 er NO3 markant tørrere enn NO1.

Antakelsen om fuktighetsgradienten mellom rutene på hver lokalitet ved opprettelsen av forsøket ble bare delvis bekreftet av klimaloggerne for Fjugstad i 2021 (men ikke i 2019/20 og 2022), og ikke i noen særlig grad for Norderås.

Det er derfor nærliggende å anta at forskjellen i avdøing mellom rutene først og fremst skyldes forskjeller i bunnvegetasjon, som også kan forklare ulik beitepress. FU1 og NO3 hadde begge en mortalitetsrate på rundt 20 % i 2022. Begge kjennetegnes av høy bunnvegetasjon. NO1 og NO2 hadde rundt 13 % avdøing hver og har mindre bunnvegetasjon. Tett og høy bunnvegetasjon kan tenkes å ha en negativ innvirkning på etableringen av småplanter av ask og dermed bidra til økt mortalitet. Konkurransen om lys og næringsstoffer vil påvirke etableringen negativt – samtidig som et godt dekke med bunnvegetasjon vil holde bedre på fuktigheten og forhindre fordampning fra jorda. Det er lite bunnvegetasjon i ruta FU2, samtidig som denne hadde den høyeste avdøingen av alle ruter (57 %) og høyest mortalitet blant de yngste plantene. Forklaringen kan være at lav bunnvegetasjon gjør askeplantene mer tilgjengelig for beiting, i tillegg til mer sårbare for tråkkskader, som også påpekes av Turczański m.fl. (2021). Ruta FU2 var for eksempel sterkt preget av tråkkskader fra rådyr. Det var få tegn til skader av rådyr i rutene på Norderås, så beitepresset er nok vesentlig større i Fjugstad enn på Norderås pga. en stor bestand av rådyr i området.

Grunnforholdene vil mest sannsynlig også påvirke askas naturlige regenerasjon. Turczański m.fl. (2021) fant at tettheten av naturlig foryngelse av ask kan bli påvirket av grunnvannsnivået og jordsmonnet. I sin studie fra Polen fant de bl.a. færre skadde askeplanter på steder med lavt grunnvannsnivå og sur jord. Men siden rutene i vårt forsøk ikke ligger veldig langt fra hverandre på hver lokalitet, er det nærliggende å anta at jordsmonnet er nokså likt. Grunnvannsforholdene og jordfuktigheten kan derimot variere ganske kraftig over korte avstander.

Det ble observert få planter med nekroser (døde vevspartier på stamme eller greiner) i 2022, siden de fleste plantene som hadde nekroser i 2021 var døde i 2022. Nekroser stopper vanntransporten i planten, noe som fører til topp- og skuddavdøing og etter hvert til avdøing av hele planten, og er et tydelig tegn på angrep av askeskuddsyke.

Våre årlige registreringer i Fjugstad og Norderås av småplantenes overlevelse under naturlige forhold og uten menneskelig påvirkning vil være en verdifull referanse og bidra med informasjon inn i andre prosjekter og til genressursforvaltningen.

Erfaringen fra den langsiktige overvåkingen av ask i Fjugstad og Norderås, med høy dødelighet blant de minste asketrærne i løpet av få år, gjør at vi frykter tilsvarende høy avdøing blant foryngelsen i Fjugstad og Norderås om få år.

## 6.5 Genressurser i ask

### 6.5.1 Metoder

Det ble i 2015 samlet inn frø fra til sammen 42 trær fra åtte norske lokaliteter/provenienser: Norderås (NO) i Akershus; Fjugstad (FU) og Fevang (FE) i Vestfold, Urfjell (UR) i Aust-Agder, Baustad (BA) i Rogaland, Askvik (AS) i Hordaland og Hindrum i Nord-Trøndelag. Seks av disse lokalitetene er overvåkingsflatene (jf. Figur 33) der vi samlet frø fra de friskeste trærne. Vi tok også frø fra trær i nærheten av overvåkingsflatene som var friske. I tillegg har vi fått frø fra 15 mortrær fra Litauen. Frøene spirte våren 2017, en familie spirte svært dårlig og vi fikk planter fra 56 familier, til sammen ca. 5000 planter.

Plantene ble plantet ut i tre forsøk sommeren 2018, to på Østlandet (Hoxmark i Ås kommune og Hobøl i Indre Østfold kommune) og et på Vestlandet (Fana i Bergen kommune). I hvert forsøk ble det plantet 30 gjentak, med en plante fra hver av de 56 familiene. Hver familie ble i hvert forsøk representert med ca. 90 planter. Det ble satt opp gjerde rundt forsøkene (Figur 45).

For å undersøke genetiske forskjeller mellom og innen familier og provenienser har vi registrert følgende: fenologi, i dette tilfellet bladutvikling som ble registrert 18.-20. mai 2022 på en skala fra 0–5 (Figur 47A), helsetilstand (kroneskade) delt i fem klasser som for overvåking av naturlig foryngelse, nekroser, gulning (registrert 2 uke i september 2022) på en skala fra 1–5 på og høyde. Andre skader som beiting, skader fra jordrotte, eller frost er også registrert.

Arvbarhet ( $h^2$ ) er et uttrykk for hvor stor del av variasjonen i en egenskap i en gitt populasjon som skyldes arvelige genetiske effekter, og kan anta verdier mellom 0 og 1. Høy arvbarhet innebærer stor grad av likhet mellom beslektede individer for den gitte egenskapen i den gitte populasjonen, og tilsier at potensialet for foredling av egenskapen er større enn ved lav arvbarhet (se for eksempel Falconer & Mackay 1996).



Figur 45. Forsøket med utplantet ask på Hoxmark. Foto: Mari Mette Tollefsrud.

Vi har gjort foreløpige beregninger på arvbarhet for fenologi (bladutvikling på våren) og helsetilstand (kroneskade). Variasjon mellom familier er et uttrykk for den additive genetiske variansen. Arvbarhet uttrykker forholdet mellom additiv genetisk varians og total varians. For å regne ut arvbarhet ble egenskapene (fenologi og kroneskade) normal-score transformert innen gjentak. Forsøksfeltene ble analysert hver for seg. Modellen inneholder en fast effekt av proveniens og en tilfeldig effekt av mor. Dette gir en varianskomponent for mor ( $\sigma^2_{\text{mor}}$ ) og en varianskomponent for residualvariens ( $\sigma^2_{\text{res}}$ ). Ved antatt halvsøskenlektenskap for individer med samme mor blir den additive

variansen  $V_a=4*\sigma_{2\_mor}$ . Den totale fenotypiske variansen  $V_p=\sigma_{2\_mor}+\sigma_{2\_res}$ . Arvbarhetet  $h^2=V_a/V_p$ , altså  $4*\sigma_{2\_mor}/(\sigma_{2\_mor}+\sigma_{2\_res})$ .

## 6.5.2 Resultater

Fra 2018 til 2022 har vi fulgt utviklingen av askeskuddsyke i de tre forsøkene vi plantet i 2018. Sykdomstrykket har bygget seg opp og vi finner genetiske forskjeller i kroneskade som følge av askeskuddsyken mellom familier. Vi finner også genetiske forskjeller i tidspunkt for bladutvikling mellom provenienser.

### *Avgang på grunn av andre årsaker enn askeskuddsyke*

Det er svært stor forskjell mellom forsøkene når det gjelder avgang som følge av andre årsaker enn askeskuddsyke. Det er høyest avgang i forsøket på Fana ved Bergen (41 %), dette skyldes kapasitetsproblemer ved utplanting. En del av plantene måtte mellomlagres over sommeren og ble da utsatt for lite lys og tørke noe som førte til dårlig plantekvalitet før utplanting. Dårlig plantekvalitet førte til høy avgang det første året. Forsøket i Hobøl ligger på gammel beitemark der jordrotte gir en større avgang (20 %) sammenlignet med Hoxmark (17 %), der forsøket ligger på gammel skogsmark.

### *Utvikling av askeskuddsyke i forsøkene og variasjon mellom familier*

Forsøkene har kun vært utsatt for naturlig infeksjon, det tar trolig tid før infeksjonstrykket bygger seg opp. Fra 2020–2022 økte kroneskadene forårsaket av askeskuddsyken i alle tre forsøkene (Tabell 12). I 2022 var det færre planter helt uten skader (kroneskade 0) sammenlignet med 2020. Det er særlig på Hoxmark og i Hobøl at det har blitt færre planter uten kroneskade. Andelen planter som enten er døde (kategori 4) eller har alvorlig skade (kategori 3) var fremdeles relativt lav i alle forsøkene i 2022, men andelen døde planter var høyest på Fana.

**Tabell 12. Utviklingen av helsetilstand/kroneskade i de tre forsøkene Hoxmark, Hobøl og Fana fra 2020–2022 angitt i prosent planter i de forskjellige kategoriene. Kroneskadekategoriene: 0: ingen kroneskade, det vil si helt frisk, 1: 1–10 % kroneskade, 2: 11–50 % kroneskade, 3: > 50 % kroneskade, 4: død som følge av askeskuddsyke.**

| Kroneskade   | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    |
|--------------|------|------|------|------|------|
| Hoxmark 2020 | 76,9 | 12,8 | 6,2  | 3,4  | 0,7  |
| Hoxmark 2021 | 76,8 | 10,4 | 4,2  | 6,9  | 1,7  |
| Hoxmark 2022 | 46,8 | 33,4 | 9,3  | 5,8  | 4,7  |
| Hobøl 2020   | 54,4 | 18,1 | 10,3 | 14,7 | 2,5  |
| Hobøl 2021   | 51,1 | 16,1 | 14,1 | 15,7 | 3    |
| Hobøl 2022   | 29,6 | 25,6 | 16,5 | 20   | 8,3  |
| Fana 2020    | 63,6 | 2,9  | 13,9 | 15,8 | 3,8  |
| Fana 2021    | 63,3 | 2    | 13,5 | 8,4  | 12,8 |
| Fana 2022    | 57,7 | 7,3  | 6,6  | 6,4  | 22   |

Det er signifikante forskjeller i helsetilstand (både kroneskade og nekroser) mellom familier og provenienser i alle tre forsøkene. En foreløpig variansanalyse viser samtidig at det er samspill mellom familie og forsøk. De forskjellige familiene rangerer ulikt i de tre forsøkene (Figur 46). Det ser likevel ut til at Litauen er den proveniensen med lavest dødelighet og minst skader. Litauen har f.eks. signifikant lavere dødelighet enn Hindrum som har størst dødelighet. Fjugstad har også signifikant lavere dødelighet enn Hindrum. Baustad er også en proveniens som ser ut til å klare seg bra. Foreløpig er det ingen store forskjeller mellom familiene, men dette kan endre seg når det blir enda mer sykdom i forsøkene.

Vi finner arvbarhet for helsetilstand/kroneskade i alle tre forsøkene selv om verdiene er forholdsvis lave. Det er også forskjeller i arvbarhet i de forskjellige forsøkene, noe som kan skyldes forskjeller i

miljø og infeksjonstrykk som påvirker hvor mye sykdom det er i forsøkene og som gjør at variasjonen i helsetilstand kommer til uttrykk. I Fana er arvbarheten 0,34, i Hobøl 0,19 og på Hoxmark 0,11.

#### *Variasjon i fenologi*

Det er signifikante forskjeller i fenologi (tidspunkt for planteutvikling) både for provenienser og familier på de tre forsøksfeltene. I Figur 47 har vi plottet bladutviklingen i 2022 for de forskjellige proveniensene. I de tre forsøkene er det proveniensen fra Hindrum i Trøndelag som er seinest ute. Det ser også ut til at proveniensene fra Vestlandet, Askvik og Baustad, er seinere ute med bladskytingen sammenlignet med proveniensene fra Østlandet (Fjugstad, Fevang, Urfjell og Ås). Litauen har omtrent samme tidspunkt for bladskyting som Ås. Dette er viktige resultater med tanke på hvordan materialene kan flyttes på.

Vi har også regnet på arvbarhet når det gjelder fenologi (tidspunkt for bladutviklingen, jf. Figur 47). Arvbarheten for fenologi er høyere enn for kroneskade. På Hoxmark og Hobøl er arvbarheten hhv. 0,61 og 0,7, mens på Fana er den 0,34. Her ser vi også at det er ganske store forskjeller i arvbarhet mellom forsøkene på Østlandet (Hoxmark og Hobøl) og på Vestlandet (Fana).

#### *Variasjon i høyde*

På Hoxmark, der plantene i forsøket vokser best, finner vi også signifikante forskjeller i høydevekst mellom provenienser og familier. I Hobøl og Fana er det ingen signifikante forskjeller i høydevekst mellom provenienser eller familier. Urfjell er den proveniensen som er høyest i alle tre forsøkene. Ellers vokser også Baustad og Fjugstad godt. Hindrum, som er den nordligste proveniensen, er den proveniensen som vokser dårligst i alle tre forsøkene (Tabell 13). Høyde er målt opp til der treet har friske skudd. Det er korrelasjon mellom høyde og kroneskade i alle tre forsøkene. Mer skada planter har redusert vekst. Korrelasjonen er størst på Hobøl ( $R=0,43$ ,  $p<0,001$ ) og minst på Fana ( $R=0,18$ ,  $p<0,001$ ).

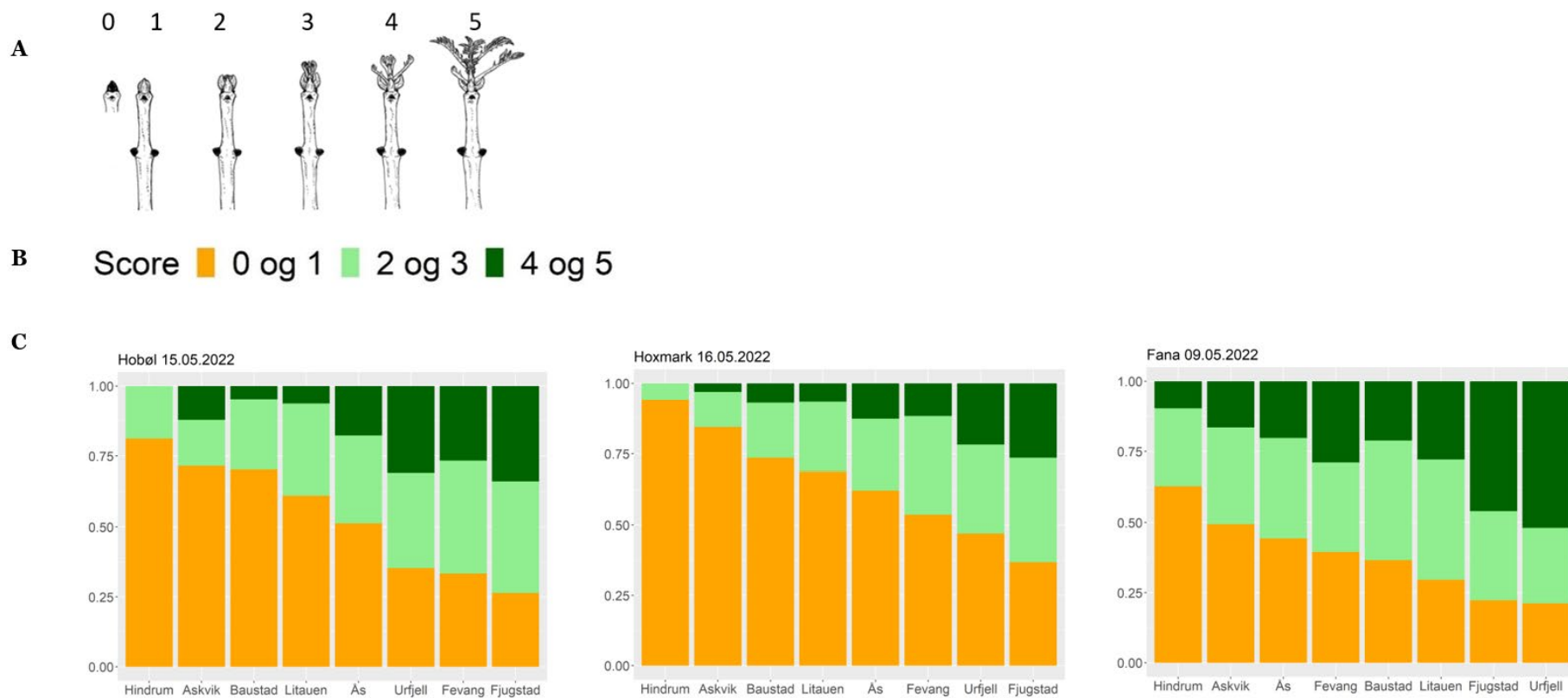
Tabell 13. Gjennomsnittlig høyde i cm i de forskjellige forsøkene målt høsten 2022.

| Provensiens  | Hoxmark     | Hobøl     | Fana        |
|--------------|-------------|-----------|-------------|
| Askvik       | 97,7        | 92,1      | 91,4        |
| Baustad      | 99,7        | 91,8      | 88,5        |
| Fevang       | 84,7        | 77,2      | 82          |
| Fjugstad     | 106,8       | 86,8      | 89,3        |
| Hindrum      | 82,6        | 75,6      | 66,6        |
| Litauen      | 82,9        | 80,9      | 76,8        |
| Urfjell      | 109         | 92,3      | 92,3        |
| Ås           | 87,3        | 75,4      | 74          |
| Gjennomsnitt | <b>93,8</b> | <b>84</b> | <b>82,6</b> |

Vi har også undersøkt om det er noen sammenheng mellom tidspunkt for bladutvikling og kroneskade, og tidspunkt for gulning og kroneskade. Vi har foreløpig ikke funnet noen sammenhenger mellom disse parameterne.



Figur 46. Prosentvis fordeling av skadeklasser på familiene i forsøkene i Hobøl, Hoxmark og Fana. Familiene er representert med hver sin søyle der grønt illustrerer  $\leq 10\%$  kroneskade (kategori 0 og 1), gult  $>10\%$  kroneskade (kategori 2 og 3) og rødt er døde planter pga. askeskuddsyke (kategori 4).



Figur 47. Bladutviklingsstadier. A. Stadiene av bladutvikling som vi har skåret: 0: dvale, svart knopp, 1: dvalen i ferd med å brytes, knopp grønn, 2: tydelig brytning, knoppen i ferd med å åpne seg, 3: tydelig brytning, bladene så vidt på vei ut, 4: bladene har begynt å strekke seg ut, tydelig bladutvikling, 5: bladene helt ute, men ikke utvokst. B. Skalaen for bladutvikling er vist med forskjellige farger i histogrammene i C: her har vi slått sammen stadiet 0 og 1, vist i oransje, 2 og 3 vist i lysegrønt, 4 og 5 vist i mørkegrønt. C. Bladutviklingsstadiene hos de forskjellige proveniensene vist prosentvis for de forskjellige forsøkene.

### 6.5.3 Diskusjon

Det er foreløpig en stor andel friske trær i forsøkene. Trolig tar det litt tid før sykdomstrykket bygger seg opp i feltet. Men holder trærne seg friske er det stor sannsynlighet for at det vil vare over tid. I en frøplantasje i Sverige var de ti friskeste klonene i 2006 fremdeles de friskeste etter 15 år med infeksjon, mens de som var syke hadde dødd (Liziniwicz m.fl. 2022). Avhengig av hvor stor del av variasjonen i sykdomstoleranse som kan forklares utfra genetikken, vil man forvente en høyere andel friske trær i forsøkene siden frøene ble høstet fra friske trær. Til sammenligning er det ca. 10% av trærne på de permanente overvåkingsflatene som fortsatt er friske.

Vi finner signifikante forskjeller i askeskuddsyke mellom familiene, men det er ikke de samme familiene som klarer seg best i de ulike miljøene. At det er et samspill mellom familie og forsøk blir også bekreftet fra variansanalysen. Arvbarhet for helsetilstand/kroneskade er relativt lav (fra 0,11–0,34) sammenlignet med publiserte verdier fra andre forsøk (0,3–0,5; Kjær m.fl. 2012, Plumb m.fl. 2020). Det er viktig å følge opp forsøkene over tid for å få en bedre forståelse av hvor stor den arvelige komponenten er, og hvilken rolle miljøet spiller inn i de forskjellige forsøkene.

Det varierer som sagt hvilke familier som klarer seg best i de forskjellige forsøkene, men det ser ut til at noen av familiene fra Litauen og Fjugstad har minst skader så langt. Trolig er materialene fra Litauen sterkere selektert enn materialene fra Norge, siden askeskuddsyken hadde vært der lengre da frøene ble sanket.

Det er signifikante forskjeller i tidspunkt for bladutvikling mellom provenienser og arvbarheten er forholdsvis høy (0,38–0,70). Proveniensene fra Sørlandet, Østlandet og Litauen er litt tidligere ute med bladutviklingen enn proveniensene fra Trøndelag og Vestlandet. Dette betyr at plantematerialer av ask ikke bør flyttes fra Sør-Norge eller Vestlandet til Trøndelag, de vil trolig være svært utsatt for vårfrost. Materialene fra Litauen ser ut til å kunne passe bra inn i Sør-Norge klimamessig. En viss forsiktighet bør utøves hvis man flytter materialer fra Sør- og Østlandet til Vestlandet, spesielt på frostsatte områder.

Det blir viktig å følge forsøkene framover i tid for å se om det blir større variasjon i sykdomstoleranse mellom familier og for å kunne identifisere individer som holder seg friske, og samtidig få verdier på arvbarhet basert på et mer fullstendig bilde av sykdom i forsøkene. Det langsiktige målet med forsøkene er å etablere frøbestand bestående av friske individer.

### Litteraturreferanser

- Chandelier, A., Gerarts, F., San Martin, G., Herman, M. & Delahaye, L. 2016. Temporal evolution of collar lesions associated with ash dieback and the occurrence of *Armillaria* in Belgian forests. *Forest Pathology*, 46(4), 289-297.
- Coker, L. R., Rozsypálek, J., Edwards, A., Harwood, T. P., Butfoy, L., Buggs, R. J. A. 2019. Estimating mortality rates of European ash (*Fraxinus excelsior*) under the ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) epidemic. *Plants People Planet* 1(1): 48-58. <https://doi.org/10.1002/ppp3.11>
- Drenkhan, R., Solheim, H., Bogachevac, A., Riit, T., Adamsona, K., Drenkhan, T., Maatena, T. & Hietala, A.M. 2016. *Hymenoscyphus fraxineus* is a leaf pathogen of *Fraxinus* species in the Russian Far East. *Pl. Pathol* 66, 490-500. doi: <https://doi.org/10.1111/ppa.12588>.
- Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics* (Pearson: Harlow, England).
- Hultberg, T., Sandström, J., Felton, A., Öhmand, K., Rönnberg, J., Witzell, J. & Cleary, M. 2020. Ash dieback risks an extinction cascade. *Biological Conservation* 244: 9.
- Jordal, J.B. & Bratli, H. 2011. Styvingstrær og høstingsskog i Norge med vekt på alm, ask og lind. Utbredelse, artsmangfold og supplerende kartlegging i 2011. Rapport J.B. Jordal nr. 4-2012. 114 s.
- Kjær, E.D., McKinney, L.V., Nielsen, L.R., Hansen, N., Hansen, J. K. 2012. Adaptive potential of ash (*Fraxinus excelsior*) populations against the novel emerging pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Evolutionary Applications* 5(3): 219-228. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2011.00222.x>



- Lenz, H.D., Bartha, B., Straßer, L. & Lemme, H. 2016. Development of Ash Dieback in South-Eastern Germany and the Increasing Occurrence of Secondary Pathogens. *Forests* 7(2), 41; doi: <https://doi.org/10.3390/f7020041>.
- Lindgren, V.S. 2017. Rothalsinfeksjoner av askeskuddbeger *Hymenoscyphus fraxineus* i asketrær *Fraxinus excelsior* i Norge. Høgskolen i Innlandet, Avdeling Evenstad. Bachelor i utmarksforvaltning. 30 s.
- Liziniwicz, M., Tolio, B. & Cleary, M. 2022. Monitoring of long-term tolerance of European ash to *Hymenoscyphus fraxineus* in clonal seed orchards in Sweden. *Forest Pathology* 52, (5). DOI: <https://doi.org/10.1111/efp.12773>.
- Lubek, A., Kukwa, M., Czortek, P. & Jaroszewicz, B. 2020. Impact of *Fraxinus excelsior* dieback on biota of ash-associated lichen epiphytes at the landscape and community level. *Biodivers Conserv* 29, 431–450. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01890-w>
- McKinney, L.V., Nielsen, L.R., Collinge, D.B., Thomsen, I.M., Hansen, J.K. & Kjær, E.D. 2014. The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long-term solution. *Plant pathology* 63: 485–499.
- Mitchell, R. J., Hewison, R.L., Hester, A.J., Broome, A. & Kirby, K.J. 2016. Potential impacts of the loss of *Fraxinus excelsior* (Oleaceae) due to ash dieback on woodland vegetation in Great Britain. *New Journal of Botany* 6(1): 2-15.
- Nemesio-Gorriz M, McGuinness B, Grant J, Dowd L, Douglas GC 2019. Lenticel infection in *Fraxinus excelsior* shoots in the context of ash dieback. *iForest* 12:160–165. <https://doi.org/10.3832/ifer2897-012>.
- Plumb, W. J., Coker, T. L. R., Stocks, J. J., Woodcock, P., Quine, C. P., Nemesio-Gorriz, M., Douglas, G. C., Kelly, L. J., & Buggs, R. J. A. (2020). The viability of a breeding programme for ash in the british isles in the face of ash dieback. *Plants People Planet*, 2(1), 29–40. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10060>
- Solheim, H. & Børja, I. 2012. Klimavinnerne. Honningsopp - den smarte opportunist. *Norsk Skogbruk* 58(3): 30.
- Solheim, H. & Hietala, A.M. 2017a. Spread of Ash Dieback in Norway. *Baltic Forestry* 23(1): 144-149.
- Solheim, H. & Hietala, A.M. 2017b. Spredning av askeskuddsjuke i Europa og Norge. *NIBIO POP* 3(4).
- Solheim, H. 2009. Bekymringsfull økning i askeskuddsjuka: Trær ser ut til å dø. *Skogeieren* 96 (7-8): 24-25.
- Solheim, H., Børja, I., Nagy, N.E., Timmermann, V. & Hietala, A.M. 2017. Askeskuddsjuke, årsak og biologi. *NIBIO POP* 3(2).
- Solstad H., Elven R., Arnesen G., Eidesen PB., Gaarder G., Hegre H., Høitomt T., Mjelde M. og Pedersen O. 2021. Karplanter: Vurdering av ask *Fraxinus excelsior* for Norge. Rødlista for arter 2021. Artsdatabanken. <https://www.artsdatabanken.no/lister/rodlisteforarter/2021/23570>
- Talgø, V., Sletten, A., Brurberg, M.B., Solheim, H. & Stensvand, A. 2009: *Chalara fraxinea* isolated from diseased ash in Norway. *Plant Disease* 93: 548.
- Thomas, P.A. 2016. Biological Flora of the British Isles: *Fraxinus excelsior*. *J Ecol*, 104: 1158–1209. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12566>
- Timmermann, V. & Tollefsrud, M.M. 2017. Resultater fra overvåking av askeskuddsjuke – de unge faller fra, de gamle takler det bedre. *NIBIO POP* 3(3).
- Timmermann V., Andreassen K., Brurberg M.B., Clarke N., Herrero M.L., Jepsen J.U., Vindstad O.P.L., Solheim H., Strømeng G.M., Talgø V., Wollebæk G., Økland B., Aas W. 2018. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2017. *NIBIO Rapport* 4(102) 2018. 84pp.
- Timmermann, V., Andreassen, K., Brurberg, M.B., Børja, I., Clarke, N., Flø, D., Jepsen, J.U., Kvamme, T., Nordbakken, J.-F., Nygaard, P.H., Pettersson, M., Solberg, S., Solheim, H., Talgø, V., Vindstad, O.P.L., Wollebæk, G., Økland, B., Aas, W. 2019. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2018. *NIBIO Rapport* 5(98) 2019: 81 s.
- Timmermann, V.; Børja, I.; Clarke, N.; Eriksen, R.; Gohli, J.; Hysten, G.; Jepsen, J.U.; Krokene, P.; Lange, H.; Meissner, H.; Nagy, N.E.; Nordbakken, J.-F.; Solberg, S.; Solheim, H.; Vindstad, O.P.L.; Økland, B.; Aas, W. 2023. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2021. *NIBIO Rapport* 9(39): 76 s. <https://hdl.handle.net/11250/3057207>
- Timmermann, V., Børja, I., Hietala, A.M., Kirisits, T. & Solheim, H. 2011. Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway. *EPPO Bulletin* 41: 14–20.
- Timmermann, V., Nagy, N.E., Hietala, A.M., Børja, I. & Solheim, H. 2017. Progression of Ash Dieback in Norway Related to Tree Age, Disease History and Regional Aspects. *Baltic Forestry* 23(1): 150-158.
- Timmermann, V., Solheim, H., Clarke, N., Aas, W. & Andreassen, K. 2013. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2012. *Rapport fra Skog og landskap* 12/13: 32 s.
- Turczański, K., Dyderski, MK. & Rutkowski, P. 2021. Ash dieback, soil and deer browsing influence natural regeneration of European ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Science of The Total Environment* 752: 141787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141787>

# 7 Andre spesielle skogskader i 2022

Isabella Børja <sup>(1,2)</sup> og Halvor Solheim <sup>(1)</sup> (<sup>(1)</sup> NIBIO, <sup>(2)</sup> NMBU)

## 7.1 Innledning

I mer enn 150 år har vi registrert forskjellige forhold relatert til skoger i Norge, også skogskader. Med den teknologiske utviklingen har det blitt mye lettere å samle og systematisere informasjon om skogskader, og vi har etter hvert opprettet en interaktiv skogskadedatabase, [Skogskader.no](https://skogskader.no). Alle som er interessert i skog og skogskader kan rapportere og bruke databasen, men det er de årlige rapportene fra Landsskogtakseringen som står for mesteparten av innrapporteringer.

## 7.2 Metoder

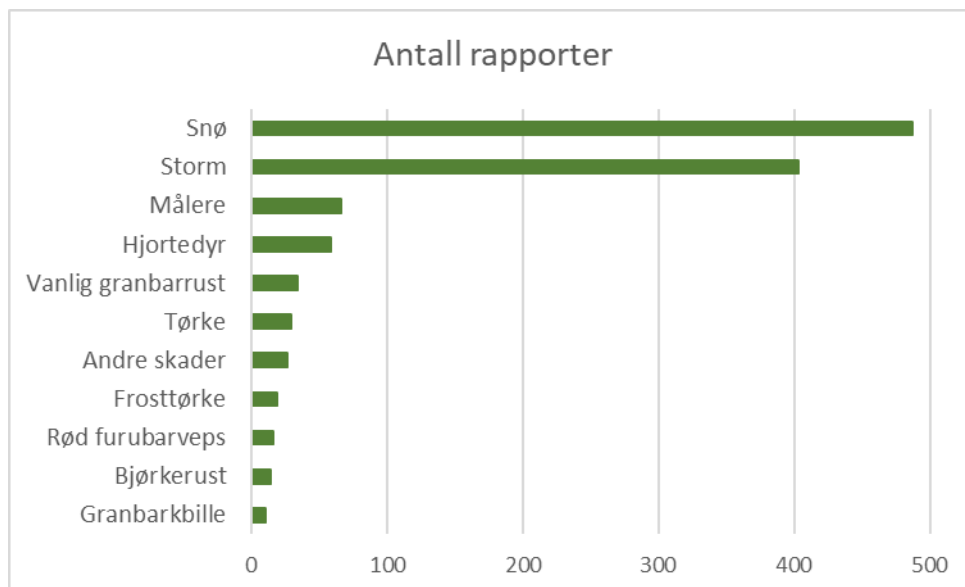
Vår skogskadedatabase [Skogskader.no](https://skogskader.no) er et internettbasert rapporterings- og arkiveringssystem for skogskadeobservasjoner og er sentral i å samle inn informasjon om skader i skog fra hele Norge. Databasen bygger på brevarkivet ved tidligere Norsk institutt for skogforskning (nå en del av NIBIO) med skaderapporter tilbake til 1960-tallet. I dag inneholder databasen flere tusen innsendte rapporter samt digitaliserte rapporter fra skadearkivet. Her samles det skadeobservasjoner som stammer fra befaringer, undersøkelser og bestemmelser av innsendte prøver, fra Landsskogtakseringens skogovervåking, bestandsregistreringer og relevante forskningsprosjekter. Innsending av skaderapporter kan gjøres av alle naturinteresserte privatpersoner, skogeiere, skogbrukssjefer og Statsforvalterens landbruksavdelinger. NIBIO har det faglige ansvaret og utfører kvalitetssikring av alle innsendte rapporter.

Rapporter i skogskadedatabasen kommer hovedsakelig fra tre kilder; 1) fra den årlige overvåkingen i Landsskogtakseringen på faste flater, 2) ved at personell knyttet til Landsskog gjør registreringer utenom de faste flatene og 3) at andre personer med interesse i skogskader legger observerte skader inn i [Skogskader.no](https://skogskader.no). På de faste Landsskogtakseringsflatene skjer registreringer hvert 5. år så enkelte skader kan være opp til 5 år gamle ved registreringen. Antall skader fra Landsskogtakseringen kan være noe underrapportert fordi feltarbeiderne er på et sted bare en gang i løpet av vekstsesongen og derfor ikke fanger opp skadetilfeller som dukker opp på et annet tidspunkt.

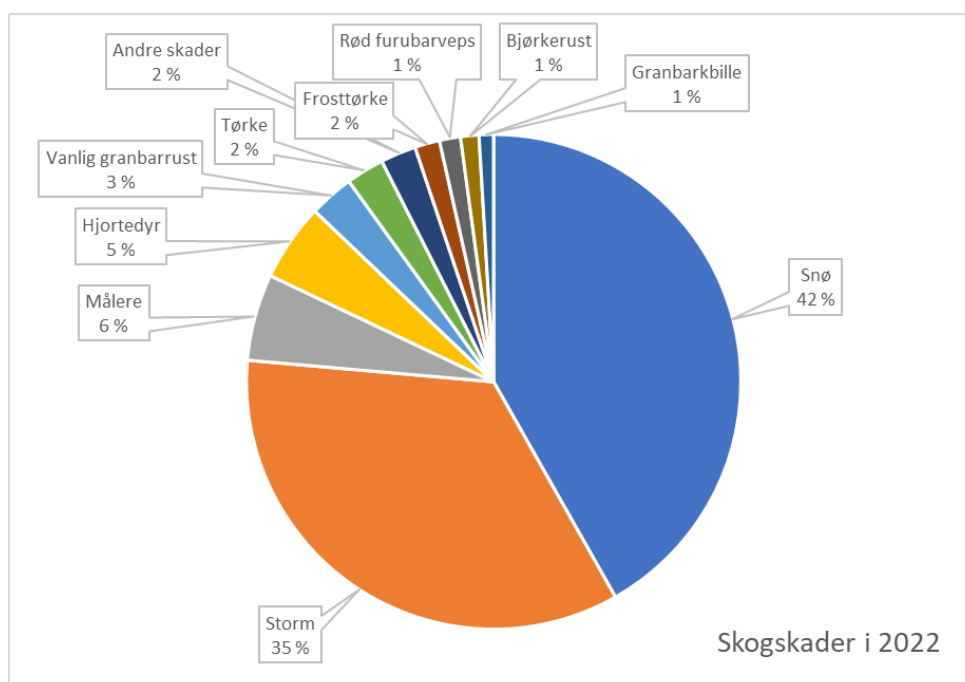
## 7.3 Resultater og diskusjon

I alt ble det lagt inn 1165 rapporter om skogskader i skogskadedatabasen i løpet av 2022. De hyppigst rapporterte skader gjennom 2022 var: Snø (487 tilfeller, 42 %), storm (403 tilfeller, 35 %), målere (66 tilfeller, 6 %), hjortedyr (59 tilfeller, 5 %), vanlig granbarrust (34 tilfeller, 3 %), tørke (29 tilfeller, 2 %), frosttørke (19 tilfeller, 2%), rød furubarveps (16 tilfeller, 1 %), bjørkerust (14 tilfeller, 1%), granbarkbiller (11 tilfeller, 1 %) (Figur 48 og Figur 49). Andre skader utgjorde til sammen 27 tilfeller (4 %).

I kategorien «andre skader» er det gruppert mindre hyppige skader med færre enn 10 forekomster i løpet av 2022. Til denne kategorien hører rapporter av frost og jordras med 5 tilfeller hver. Resten av «andre skader», med 13 forskjellige skadekategorier, hadde bare ett eller to tilfeller hver.



Figur 48. Oversikt over de hyppigste skadene i 2022. «Andre skader» er en samlegruppe for rapporter med færre enn 10 skadetilfeller.



Figur 49. Oversikt over de hyppigste skogskadene registrert i løpet av 2022 uttrykt som prosent av totalt antall innrapporterte skader. Gruppen «andre skader» er prosent av skader med færre enn 10 rapporter i hver skadegruppe.

**Snø** ble innrapportert 487 ganger fra 183 kommuner. Skaden var jevnt fordelt over hele Norge. Ved snøskader er det ofte snøbrekk som er årsak til store skogskader. Ved massive snøfall, der bløt snø legger seg tungt i kronene, kan påfølgende frysing og vind føre til stammebrekk. Toppen av trærne er mest utsatt, men trær kan også knekke lenger nede. Sårene som oppstår etter snøbrekk er ofte inngangsporten for skadelige sopper, og toppråtesoppen (*Stereum sanguinolentum*) er den vanligste. Snøbrekk forekommer i varierende grad, og det er gjerne i visse høydelag at skaden inntreffer. Snøskader er et problem i mange skoger. I særlig utsatte deler av landet oppstår det årlig snøbrekk-skader og store verdier går tapt.

**Storm** ble innrapportert 403 ganger fra over 188 kommuner. Stormer som klassifiseres som ekstremvær opptrer gjerne en til noen få ganger i løpet av året. Oftest opptrer de om høsten eller rundt nyttårstider. Stormen Gyda herjet 12.-13. januar 2022, særlig i Trøndelag og Møre og Romsdal. Gyda var en atmosfærisk elv med vindkast opp til 40 m/s, ekstremt mye regn og førte til 10 000 meldte naturskader. Skogforsikringsselskapet Skogbrand har også registrert mange stormskader i 2022, de fleste i Viken fylke. Fra midten av januar til midten av februar har de mottatt 145 skademeldinger og erstatningsutbetalingene ble på ca. 7,4 millioner kroner.

**Målere** ble rapportert 66 ganger fra 40 kommuner (se kapittel 3 for en utførlig rapport).

**Hjort- eller hjortedyrskader** ble rapportert 59 ganger fra 51 kommuner jevnt fordelt over hele landet. Det er rapportert feie- eller beiteskader på de fleste treslag. Som regel er hjortedyr skadene beskjedne, men kan bli omfattende i kalde vintre når dyrene gnager bark og beiter skudd.

**Vanlig granbarrust** (*Chrysomyxa abietis*) hadde 34 innmeldte skader fra 17 kommuner. Vanlig granbarrust forekommer over hele landet og er lett å se når den opptrer i store mengder. Årets grannåler smittes om våren før det beskyttende vokslaget på nålene er ferdig utviklet. Gjennom sommeren og høsten blir nålene gule, men først på senhøsten dannes det anlegg til sporer som vises som opphøyde lengdestriper. Neste vår modner lengdestripene og bryter gjennom epidermis som gule, iøynefallende sprekker med masser av sporer.

**Tørkeskader** ble rapportert 29 ganger fra 23 kommuner. Sommeren 2018 var ekstrem tørt og tørkeskadene som oppsto dette året kom gjerne til syne opptil flere år senere. Mest utsatt var skog på tørkeutsatte arealer, og gran er det treslaget som var sterkest rammet. Fordi gran har et grunt rotsystem er den særlig utsatt for avdøing når den øvre delen av jordsjiktet blir tørt i lange perioder. Også andre treslag ble berørt av tørke.

Omfattende **frosttørke** ble rapportert i 19 tilfeller fra 11 kommuner, særlig på einer, blåbær, men også på små granplanter (Figur 50). Denne skaden oppstår på steder med sterkt sollys på vinteren eller om våren. På lokaliteter med lite snødekke, begynner bladene, varmet av sola, å transpirere, men vanntapet som oppstår kan ikke erstattes fordi røttene står fremdeles i tele og er inaktive. Skaden viser seg som brune (svidde) blader og nåler. Hos små granplanter er skadene ofte irreversible, men på einer, lyng og blåbær kan nye blader skyte senere på våren.

**Rød furubarveps** (*Neodiprion sertifer*) ble rapportert 16 ganger fra 6 kommuner. De fleste tilfellene ble observert i Østfold, samt ett i Luster nord for Sognefjorden. Rød furubarveps kan ha masseangrep over store, sammenhengende områder. Den angriper de fleste furuartene, og trær av alle aldersklasser. Angrep fører til tilveksttap, men ytterst sjelden til at trærne dør, selv når angrepene strekker seg over flere år.

**Bjørkerust** (*Melampsorium betulinum*) ble rapportert i 14 tilfeller fra 8 kommuner. Denne rustsoppen er vanlig på alle bjørkeartene over hele landet. Bjørkebladene blir gule tidlig, allerede på ettersommeren, og på undersiden av bladene dannes det store mengder av gule sporehoper som oppformerer sykdommen utover sommeren. Soppen kan vertsvexle med lerk, men er ikke avhengig av vertsvexling og kan overvintre i bjørkeknoppene. Sterke angrep fremmes av en fuktig forsommer og en varm ettersommer med høy luftfuktighet.

**Granbarkbiller** og barkbiller ble rapportert 11 ganger fra 9 kommuner (se kapittel 4 for en utførlig rapport).



Figur 50. Frosttørke på einer (øverst). Detalj av svidde nåler (nederst). Nøsen, Vestre Slidre. Foto: Isabella Børja

I kategorien **Andre skader** har vi registrert en del henvendelser gjennom sensommeren og høsten 2022 om skader på sitkagranbestand i Rogaland. Symptomene på sitkagran (*Picea sitchensis*) var enkeltstående trær med tørre topper og ofte (men ikke alltid) med kvaeutflod nedover stammen. Mange trær var døde og det var ikke rapportert noen tydelig årsak til skadene.

Vi dro på befaringsreise til sitkagranskoger med typiske skader i nærheten av Stavanger og besøkte Vigre og Grøteland skoger i Hå kommune, samt Njåskogen (Njå Bike Park) og skog i nærheten av Midgardsbrua i Time kommune.

Vigreskogen består av eldre sitkatrær. Mange enkeltstående trær, men også trær i grupper var døde eller hadde skrantende krone. På dette stedet fant vi rikelig med fururotkjuka-fruktlegemer (*Heterobasidion annosum*, Figur 51). Fruktlegemene til rotkjuka er flerårige og produserer enorme mengder sporer fra vår til senhøst. Smitte til andre trær kan skje gjennom disse luftbårne sporer når de lander på åpne sår eller gjennom trærnes rotsammenvoksninger. På Vigre var det tydelig at rotkjuka allerede er godt etablert.

I tillegg til rotkjuka fant vi også større mengder fruktlegemer av gulrandkjuka (*Phaeolus schweinitzii*, Figur 52) i Vigreskogen. Infeksjon av gulrandkjuka skjer mest sannsynlig gjennom røtter; rotsammenvoksninger eller skader på røtter.

Skadene vi så på sitkagran hadde kompleks opprinnelse og det var trolig flere faktorer som spilte inn:

- Trærne var trolig svekket. En av svekkelsesfaktorer kan ha vært tørken i 2018, men også tidligere tørkeepisoder. Fordi sitkagran har relativt grunne røtter, kan det ha oppstått skader på trærnes finrøtter. Siden det bare er trærnes finrøtter som kan skaffe vann og næring, kan skader på finrøttene hindre normalt vann- og næringsopptak. Ikke fungerende/døde finrøtter kan ha forårsaket dårlig vanntransport inni trærne med uttørking av krone som resultat.
- En annen svekkelsesfaktor kan ha vært vind. Sterk vind kan ofte forårsake rotrykking, hvor røttene skades. Store røtter kan revne eller sprekke uten at det er synlig over bakken. Hvis grove røtter revner under bakken, hemmes tilgangen til alle tilknyttede finrøtter som sørger for vann og næringsopptak. Rotrykking kan derfor forårsake tørkelignende skader.
- Når røttene blir skadede, enten ved sår over bakken eller etter rotrykking under bakken, oppstår det åpne porter for skadegjørere som rotkjuka eller gulrandkjuka. Vi fant rikelig med fruktlegemer av begge disse råtesoppene.



Figur 51. Fruktlegerne av fururotkjuka (*Heterobasidion annosum*) ved stammebasis av sitkagran. Vestlandet. Foto: Isabella Børja.



Figur 52. Fruktlegerne av gulrandkjuka (*Phaeolus schweinitzii*) ved stammebasis av sitkagran, Vestlandet. Unge fruktlegerne har en påfallende sterk gulfarge som etter hvert blir brunt når fruktlegerne brytes ned. Så lenge fruktlegerne vokser er kanten lysegul. Foto: Isabella Børja.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter.