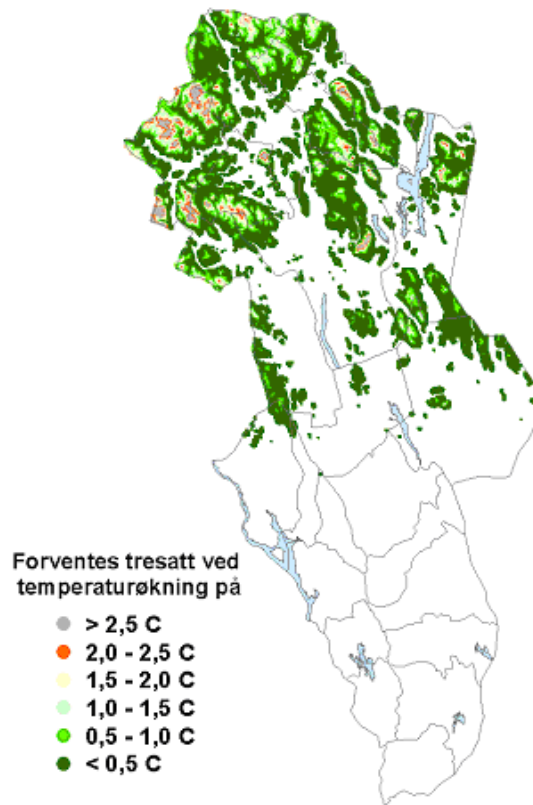


## Beregning av areal som kan bli tresatt ved temperaturheving



## Beregning av areal som kan bli tresatt ved temperaturheving

# Beregning av areal som kan bli tresatt ved temperaturheving

Forside: Areal over skoggrensa i Hedmark som kan bli tresatt ved en temperaturheving

Tittel:		Dokument nummer:
Beregning av areal som kan bli tresatt ved temperaturheving		05 / 2002
Forfatter(e): Geir-Harald Strand		ISBN nummer:
Oppdragsgiver: NIJOS		Dato: 8. november 2002
Prosjekt/Program: Skoginformasjon		
Relatert informasjon/Andre publikasjoner fra prosjektet:		
Utdrag: Fylkesvis beregning av hvor store arealer over dagens skoggrense som kan bli tresatt ved ulike grader av temperaturheving.		
Abstract: Estimation of area above the current tree line that can be expected to be forested under the scenario of global warming		
Emneord: Skoggrense Tresatt areal Temperaturheving	Keywords: Tree line Forested area Global warming	Sideantall  25
Geografisk sted: Norge		Pris kr: Pris S/H :
Ansvarlig underskrift:  Geir-Harald Strand sign.		Kartmålestokk:
Utgiver: Norsk institutt for jord- og skogkartlegging Postboks 115, N - 1431 Ås Tlf.: + 47- 64 94 9700 Faks: + 47- 64 94 97 86 E-post: <a href="mailto:nijos@nijos.no">nijos@nijos.no</a>		

## Bakgrunn

I forskningsmiljøer som arbeider med klimaspørsmål er det i en årrekke varslet om at klimaet i Norge kan være i endring. For eksempel skriver Rasmus Benestad, forsker ved DNMI, i *Cicerone* 3/2001 at ”vi ser klare tegn til en fremtidig oppvarming i Norge som følge av en global oppvarming” (Benestad 2001, p. 24). Blant skogbrukere har dette naturlig nok ført til at det stilles spørsmål om hva en langsiktig klimaendring kan bety for naturgrunnlaget generelt og for denne næringen spesielt. NIJOS har derfor gjennomført en studie for å kaste lys over denne problemstillingen. Resultatene rapporteres i dette dokumentet.

## Formål

Det overordnede målet med denne studien har vært å gi et grovt anslag på hvilke arealmessige konsekvenser en temperaturheving vil ha for skogbruket i Norge. Den operative målsettingen har vært å beregne hvilke endringer som kan forventes i det tresatte arealet ved ulike grader av temperaturheving.

## Materiale

*Skoggrensa* ble modellert i henhold til en modell beskrevet i Strand (1998). Denne modellen tar utgangspunkt i den eksisterende skoggrensa som er tegnet inn på topografiske kart (serie M711, målestokk 1:50,000). I dette kartverket er skoggrensa satt slik at den inkluderer alle tresatte arealer samt hogstfelter med et minsteareal på  $50 \times 100$  meter. Åpninger inne i skogen må være minst 150 meter brede for å tegnes inn på kartet. Der det tresatte arealet ikke grenser mot bebygd areal, dyrka mark eller vann er yttergrensa markert som skoggrense med eget symbol. Et systematisk tilfeldig utvalg av skoggrensa ble samlet inn ved å følge alle horisontale 10-kilometer linjer som var tegnet inn på kartbladene. Der hvor en 10-kilometer linje krysset skoggrensa ble koordinatene for stedet samt høyde over havet registrert. Dette resulterte i et utvalg på 3402 punkter fordelt over hele Norge. Dette utvalget ble deretter benyttet for å modellere skoggrensa i form av et femte ordens polynom (*trend surface*) med parametre angitt i tabell 1. Modellen beskriver en kontinuerlig, teoretisk skoggrense som noen steder vil befinne seg under terrenget, andre steder over terrenget. Modellen skjærer igjennom terrenget i den registrerte skoggrensa.

*Høyde over havet* ble hentet fra høydemodellen DTED (Digital Terrain Elevation Data) levert av Statens kartverk. Her er høyden angitt for punkter i et forband på  $100 \times 100$  meter, interpolert fra topografiske kart. Modellen inneholder høydeangivelser for drøyt 32 millioner punkter.

## Metode

For hvert punkt i DTED ble den teoretiske skoggrensa ( $G'$ ) beregnet ved hjelp av modellen fra Strand (1998). Differansen ( $\Delta H$ ) mellom  $G'$  og den aktuelle høyden ( $H$ ) ble beregnet og punkter der terrenget ligger under skoggrensa ble forkastet. I tillegg ble punkter som ligger i vann eller er dekket av isbre forkastet.

$\Delta H$  ble deretter regnet om til antall °C hvert punkt ligger over skoggrensa ( $\Delta C$ ) ved  $\Delta C = \Delta H * 0.006$ , ut ifra en generell antagelse om at temperaturen stiger 0,6 °C pr. 100 meter. Siden hvert punkt representerer et areal på  $100 \times 100$  meter (0,01 km<sup>2</sup>) ga dette grunnlag for å summere opp hvor store arealer som kan bli tresatt ved ulike temperaturhevinger. Resultatene er rapportert fylkesvis.

## Forbehold

Tabellene må leses for hva de er: Enkle scenarier for hvordan arealet over skoggrensa kan bli endret ved en temperaturøkning. Beregningene er gjort med svært enkle modeller og en rekke forhold som det burde vært tatt hensyn til er ikke tatt i betraktning. Noen av de viktigste forbeholdene er

1. Temperaturhevingen må skje i vekstsesongen om den skal resultere i at nye områder blir tresatt. Om gjennomsnittlig årstemperatur øker som en følge av økt temperatur om vinteren vil ikke dette ha noen betydning for skoggrensa (uten ved helt ekstreme endringer).
2. Beregningene er gjort med utgangspunkt i gjeldende skoggrensene. Denne vil i mange områder ligge lavere enn den potensielle skoggrensa. Dette skyldes at vegetasjonen er holdt nede gjennom beiting, hogst og lauving. I så måte er beregningene et konservativt anslag på hvor store områder som kan bli tresatt, siden enkelte av disse områdene også vil gro igjen selv om det ikke skjer noen temperaturheving – kun som et resultat av mindre næringsaktivitet i fjellet.
3. I beregningene er vann og isbre over skoggrensa tatt ut av arealet over skoggrensa. I tillegg vil det være en del arealer hvor grunnforholdene ikke ligger til rette for reproduksjon (for eksempel blokkmark og ur). Det er heller ikke tatt hensyn til at åpne områder er mer utsatte for vind enn andre, eller at det er forskjeller på skoggrensa i sydvendte og nordvendte skråninger (beregningene benytter regionale gjennomsnitt).
4. Beregningene tar ikke hensyn til *toppeffekten* – at arealet nær toppen av høydedrag er mer utsatt for vind og vær og derfor vanskeligere å tresette.
5. Beregningene benytter en fast faktor sammenhengen mellom temperatur og høyde over havet (0.6 °C pr. 100 meter). I virkeligheten vil denne faktoren variere mellom ulike lokaliteter. I kystnære områder kan forholdet ligge nærmere 0.5 °C pr. 100 meter, mens faktoren i de mest kontinentale områdene ligger opp mot 0.7 °C pr. 100 meter.

## Resultater

Resultatene av undersøkelsen er rapportert i tabellene nedenfor. Første tabell inneholder totaltall for hele Norge, deretter følger individuelle tabeller for hvert enkelt fylke. Fylkene Østfold, Akershus, Oslo og Vestfold har ikke noe areal over skoggrensa. Det er derfor ikke laget tabeller for disse fylkene.

Tabellene dekker arealet over dagens skoggrensa. Totalt utgjør dette 116303 km<sup>2</sup>. Tabellen med totaltall for Norge kan benyttes som et eksempel på hvordan tabellene skal leses: Ved en temperaturheving på inntil 0.5 °C kan man forvente at om lag 31557 km<sup>2</sup> kan bli tresatt. Dette utgjør 27,1% av dagens areal over skoggrensa. Ved en temperaturheving på ytterligere 0.5 °C kan man forvente at ytterligere 23880 km<sup>2</sup> (eller 20,5% av arealet) kan bli tresatt. Totalt vil da om lag 55437 km<sup>2</sup> (eller 47,6% av arealet over skoggrensa) kunne bli tresatt ved en temperaturheving på 1.0 °C.

00 Norge	For hvert temperaturintervall		Kumulativt	
	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	31557	27,1	31557	27,1
0.5 – 1.0 °C	23880	20,5	55437	47,6
1.0 – 1.5 °C	17758	15,3	73195	62,9
1.5 – 2.0 °C	13243	11,4	86438	74,3
2.0 – 2.5 °C	9787	8,4	96225	82,7
2.5 – 3.0 °C	7033	6,1	103258	88,8
Restareal	13045	11,2	116303	100,0
Totalt	116303	100,0	-	-

04 Hedmark	For hvert temperat- urintervall		Kumulativt	
	Areal (km2)	%	Areal (km2)	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	2238	35,0	2238	35,0
0.5 – 1.0 °C	1796	28,1	4034	63,1
1.0 – 1.5 °C	1152	18,0	5186	81,1
1.5 – 2.0 °C	644	10,1	5830	91,2
2.0 – 2.5 °C	296	4,6	6126	95,8
2.5 – 3.0 °C	132	2,0	6258	97,8
Restareal	141	2,2	6399	100,0
Totalt	6399	100,0	-	-

05 Oppland	For hvert tempera- turintervall		Kumulativt	
	Areal (km2)	%	Areal (km2)	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	1807	15,8	1807	15,8
0.5 – 1.0 °C	1394	12,2	3201	28,0
1.0 – 1.5 °C	1247	10,9	4448	38,9
1.5 – 2.0 °C	1134	9,9	5582	48,8
2.0 – 2.5 °C	1076	9,4	6658	58,2
2.5 – 3.0 °C	1023	9,0	7681	67,2
Restareal	3744	32,8	11425	100,0
Totalt	11425	100,0	-	-

06 Buskerud	For hvert tempera- turintervall		Kumulativt	
	Areal (km2)	%	Areal (km2)	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	1109	27,5	1109	27,5
0.5 – 1.0 °C	1142	28,3	2251	55,8
1.0 – 1.5 °C	785	19,4	3036	75,2
1.5 – 2.0 °C	309	7,7	3345	82,9
2.0 – 2.5 °C	194	4,8	3539	87,7
2.5 – 3.0 °C	183	4,5	3722	92,2
Restareal	316	7,8	4038	100,0
Totalt	4038	100,0	-	-

08 Telemark	For hvert tempera- turintervall		Kumulativt	
	Areal (km2)	%	Areal (km2)	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	1401	31,9	1401	31,9
0.5 – 1.0 °C	1103	25,1	2504	57,0
1.0 – 1.5 °C	828	18,8	3332	75,8
1.5 – 2.0 °C	643	14,6	3975	90,4
2.0 – 2.5 °C	313	7,1	4288	97,5
2.5 – 3.0 °C	89	2,0	4377	99,5
Restareal	21	0,5	4398	100,0
Totalt	4398	100,0	-	-



09 Aust-Agder	For hvert temperaturintervall		Kumulativt	
	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	1736	44,8	1736	44,8
0.5 – 1.0 °C	829	21,4	2565	66,2
1.0 – 1.5 °C	531	13,7	3096	79,9
1.5 – 2.0 °C	436	11,3	3532	91,2
2.0 – 2.5 °C	244	6,3	3776	97,5
2.5 – 3.0 °C	91	2,3	3867	99,8
Restareal	9	,2	3876	100,0
Totalt	3876	100,0	-	-

10 Vest-Agder	For hvert temperaturintervall		Kumulativt	
	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	1905	48,0	1905	48,0
0.5 – 1.0 °C	1029	25,9	2934	73,9
1.0 – 1.5 °C	593	14,9	3527	88,8
1.5 – 2.0 °C	296	7,5	3823	96,3
2.0 – 2.5 °C	105	2,6	3928	98,9
2.5 – 3.0 °C	37	,9	3965	99,8
Restareal	8	,2	3973	100,0
Totalt	3973	100,0	-	-

11 Rogaland	For hvert temperaturintervall		Kumulativt	
	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	1347	26,2	1347	26,2
0.5 – 1.0 °C	1265	24,6	2612	50,8
1.0 – 1.5 °C	930	18,1	3542	68,9
1.5 – 2.0 °C	795	15,4	4337	84,3
2.0 – 2.5 °C	533	10,4	4870	94,7
2.5 – 3.0 °C	185	3,6	5055	98,3
Restareal	90	1,7	5145	100,0
Totalt	5145	100,0	-	-

12 Hordaland	For hvert temperaturintervall		Kumulativt	
	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	1099	13,6	1099	13,6
0.5 – 1.0 °C	1180	14,6	2279	28,2
1.0 – 1.5 °C	1471	18,2	3750	46,4
1.5 – 2.0 °C	1489	18,5	5239	64,9
2.0 – 2.5 °C	1194	14,8	6433	79,7
2.5 – 3.0 °C	890	11,1	7323	90,8
Restareal	742	9,2	8065	100,0
Totalt	8065	100,0	-	-

<b>14 Sogn og Fjordane</b>	For hvert temperaturintervall		Kumulativt	
	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	1310	13,0	1310	13,0
0.5 – 1.0 °C	1403	13,9	2713	26,9
1.0 – 1.5 °C	1357	13,4	4070	40,3
1.5 – 2.0 °C	1310	13,0	5380	53,3
2.0 – 2.5 °C	1262	12,5	6642	65,8
2.5 – 3.0 °C	1189	11,8	7831	77,6
Restareal	2259	22,4	10090	100,0
Totalt	10090	100,0	-	-

<b>15 Møre og Romsdal</b>	For hvert temperaturintervall		Kumulativt	
	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	1017	14,5	1017	14,5
0.5 – 1.0 °C	933	13,3	1950	27,8
1.0 – 1.5 °C	821	11,7	2771	39,5
1.5 – 2.0 °C	741	10,6	3512	50,1
2.0 – 2.5 °C	677	9,7	4189	59,8
2.5 – 3.0 °C	642	9,2	4831	69,0
Restareal	2175	31,0	7006	100,0
Totalt	7006	100,0	-	-

<b>16 Sør-Trøndelag</b>	For hvert temperaturintervall		Kumulativt	
	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	1820	31,1	1820	31,1
0.5 – 1.0 °C	1157	19,8	2977	50,9
1.0 – 1.5 °C	820	14,0	3797	64,9
1.5 – 2.0 °C	565	9,7	4362	74,6
2.0 – 2.5 °C	415	7,1	4777	81,7
2.5 – 3.0 °C	334	5,7	5111	87,4
Restareal	735	12,6	5846	100,0
Totalt	5846	100,0	-	-

<b>17 Nord-Trøndelag</b>	For hvert temperaturintervall		Kumulativt	
	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	1827	45,8	1827	45,8
0.5 – 1.0 °C	1083	27,2	2910	73,0
1.0 – 1.5 °C	599	15,0	3509	88,0
1.5 – 2.0 °C	274	6,9	3783	94,9
2.0 – 2.5 °C	121	3,0	3904	97,9
2.5 – 3.0 °C	57	1,4	3961	99,3
Restareal	28	,7	3989	100,0
Totalt	3989	100,0	-	-

18 Nordland	For hvert temperat- urintervall		Kumulativt	
	Areal (km2)	%	Areal (km2)	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	3501	20,2	3501	20,2
0.5 – 1.0 °C	3454	19,9	6955	40,1
1.0 – 1.5 °C	3029	17,4	9984	57,5
1.5 – 2.0 °C	2442	14,1	12426	71,6
2.0 – 2.5 °C	1905	11,0	14331	82,6
2.5 – 3.0 °C	1293	7,4	15624	90,0
Restareal	1742	10,0	17366	100,0
Totalt	17366	100,0	-	-

19 Troms	For hvert tempera- turintervall		Kumulativt	
	Areal (km2)	%	Areal (km2)	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	2405	21,9	2405	21,9
0.5 – 1.0 °C	2245	20,5	4650	42,4
1.0 – 1.5 °C	1955	17,8	6605	60,2
1.5 – 2.0 °C	1508	13,7	8113	73,9
2.0 – 2.5 °C	1165	10,6	9278	84,5
2.5 – 3.0 °C	749	6,8	10027	91,3
Restareal	956	8,7	10983	100,0
Totalt	10983	100,0	-	-

20 Finnmark	For hvert tempera- turintervall		Kumulativt	
	Areal (km2)	%	Areal (km2)	%
Temperaturheving				
0.0 – 0.5 °C	6572	50,8	6572	50,8
0.5 – 1.0 °C	3604	27,8	10176	78,6
1.0 – 1.5 °C	1607	12,4	11783	91,0
1.5 – 2.0 °C	654	5,1	12437	96,1
2.0 – 2.5 °C	287	2,2	12724	98,3
2.5 – 3.0 °C	139	1,1	12863	99,4
Restareal	79	0,6	12942	100,0
Totalt	12942	100,0	-	-

# Arealer potensielt tresatt ved temperaturheving

## Hedmark

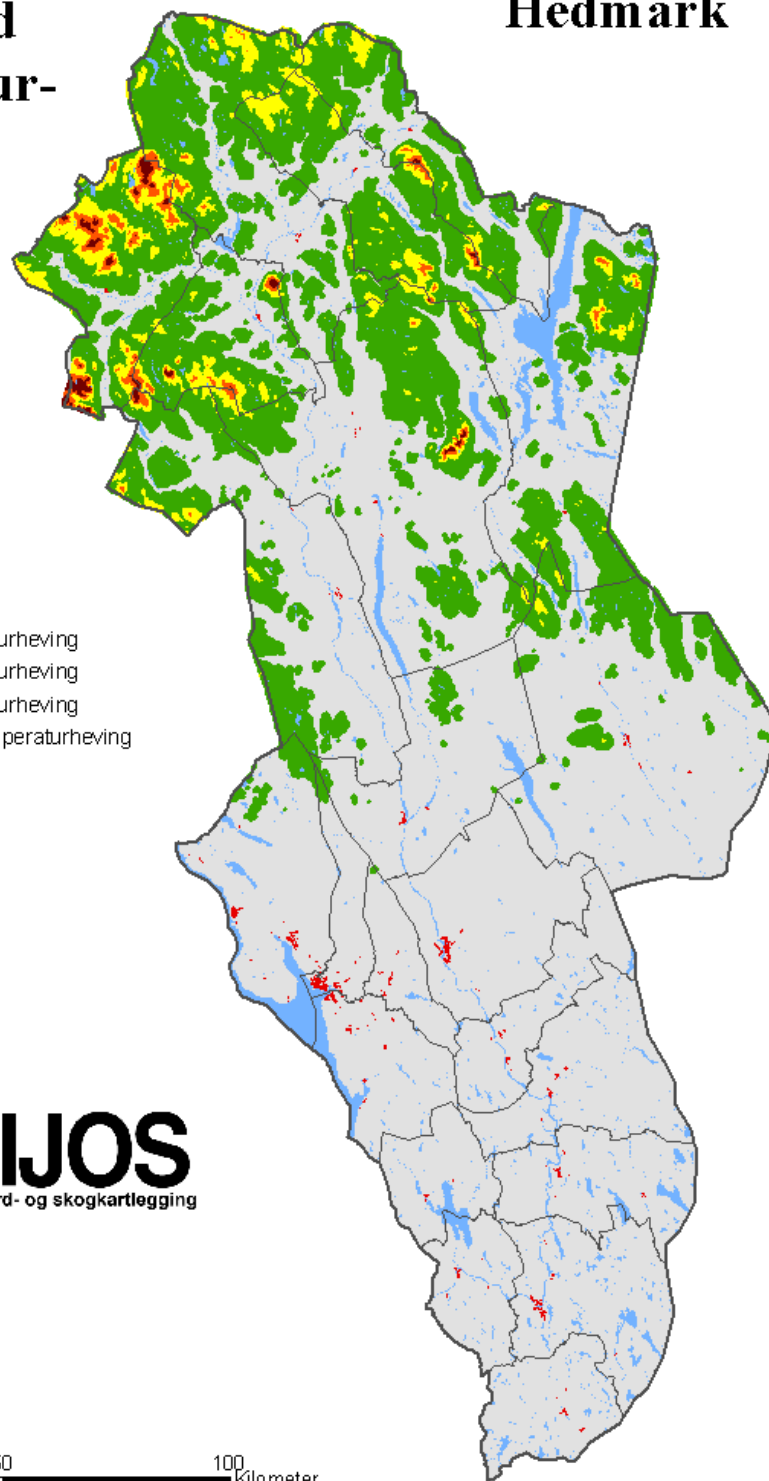


### Skogledd ved

- 0 - 1 °C temperaturheving
- 1 - 2 °C temperaturheving
- 2 - 3 °C temperaturheving
- mer enn 3 °C temperaturheving
- Vann
- Tettsted

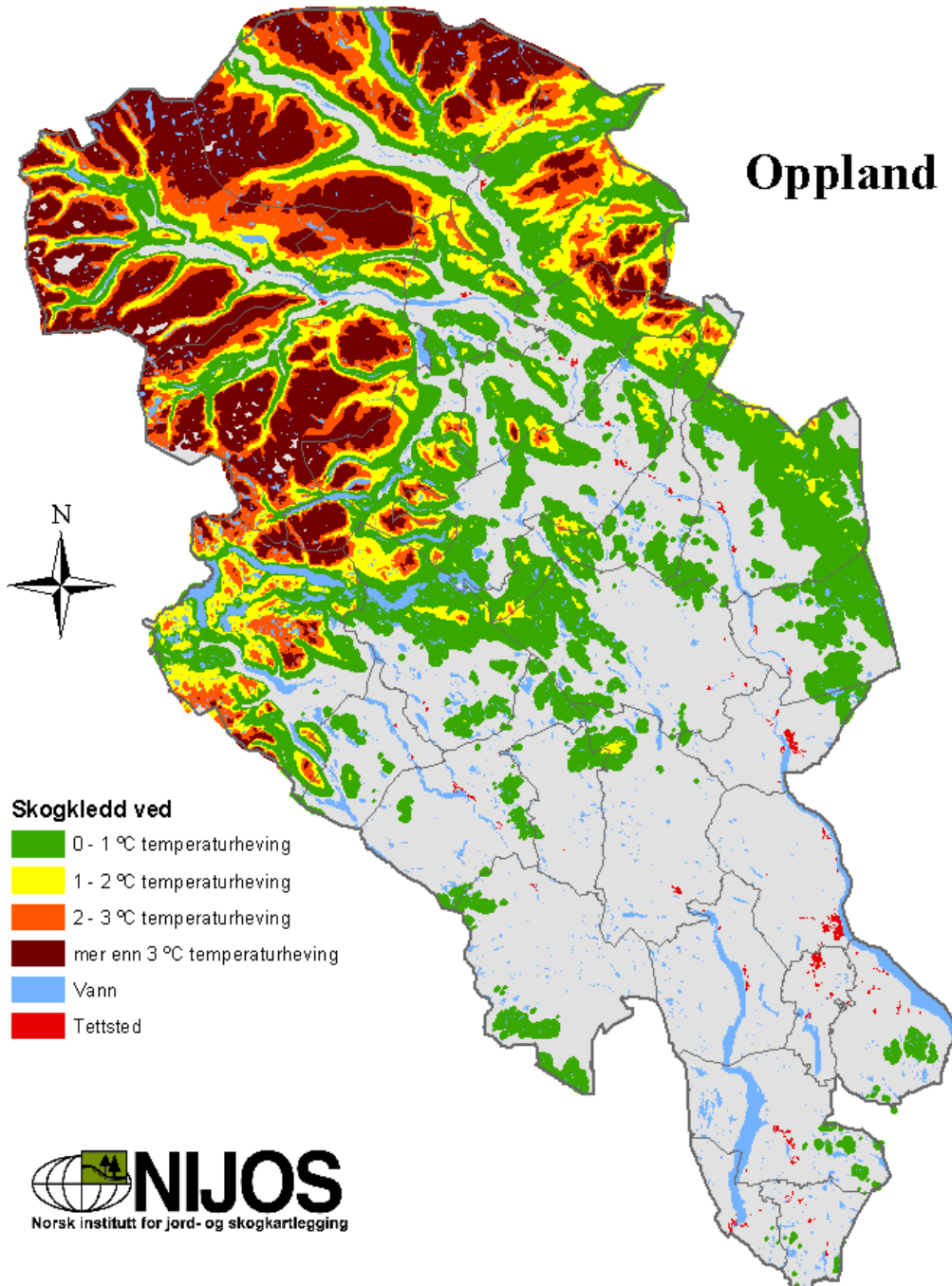


0 25 50 100 Kilometer



# Arealer potensielt tresatt ved temperaturheving

## Oppland

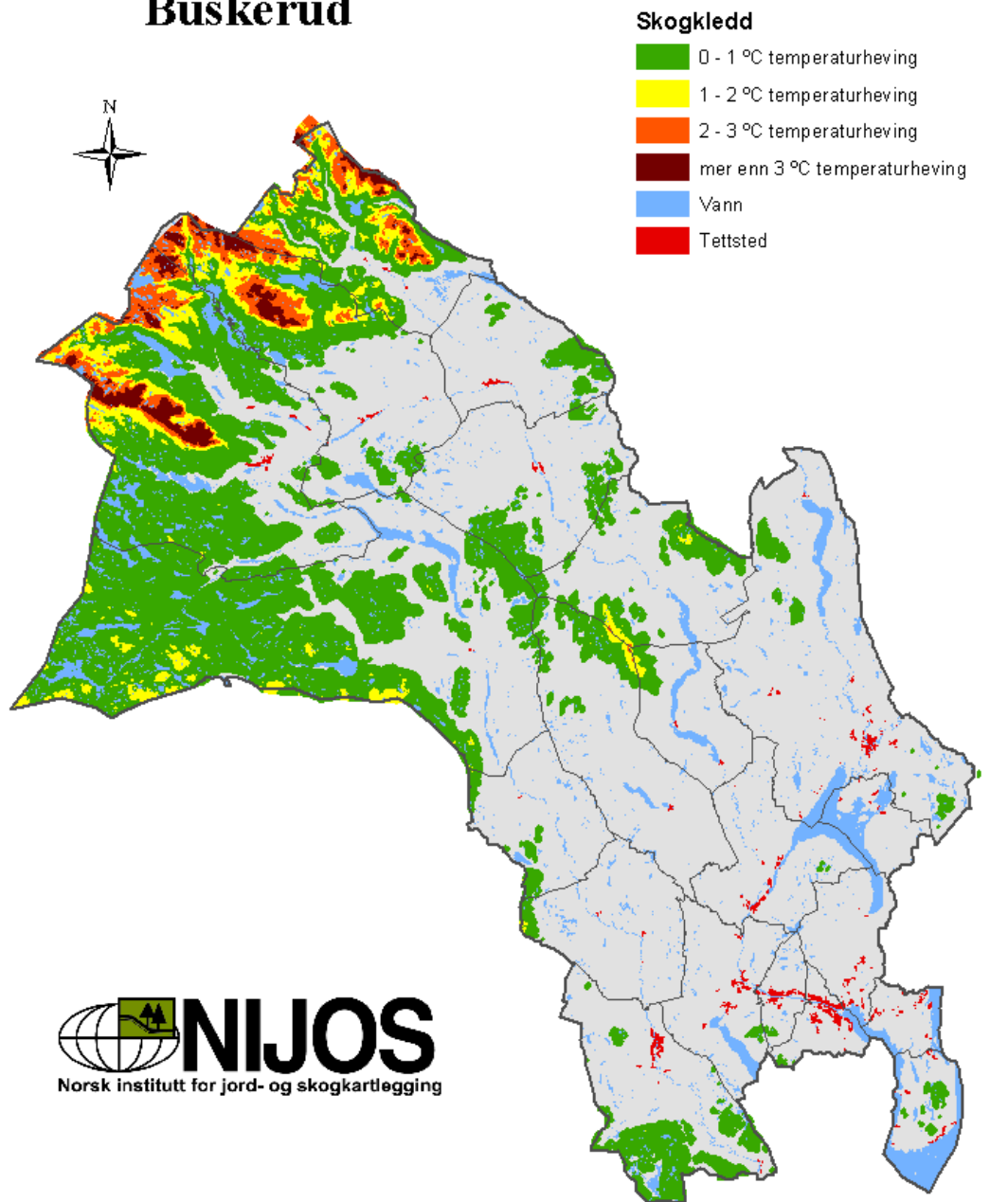


 **NIJOS**  
Norsk institutt for jord- og skogkartlegging

0 25 50 100 Kilometer

# Arealer potensielt tresatt ved temperaturheving

## Buskerud

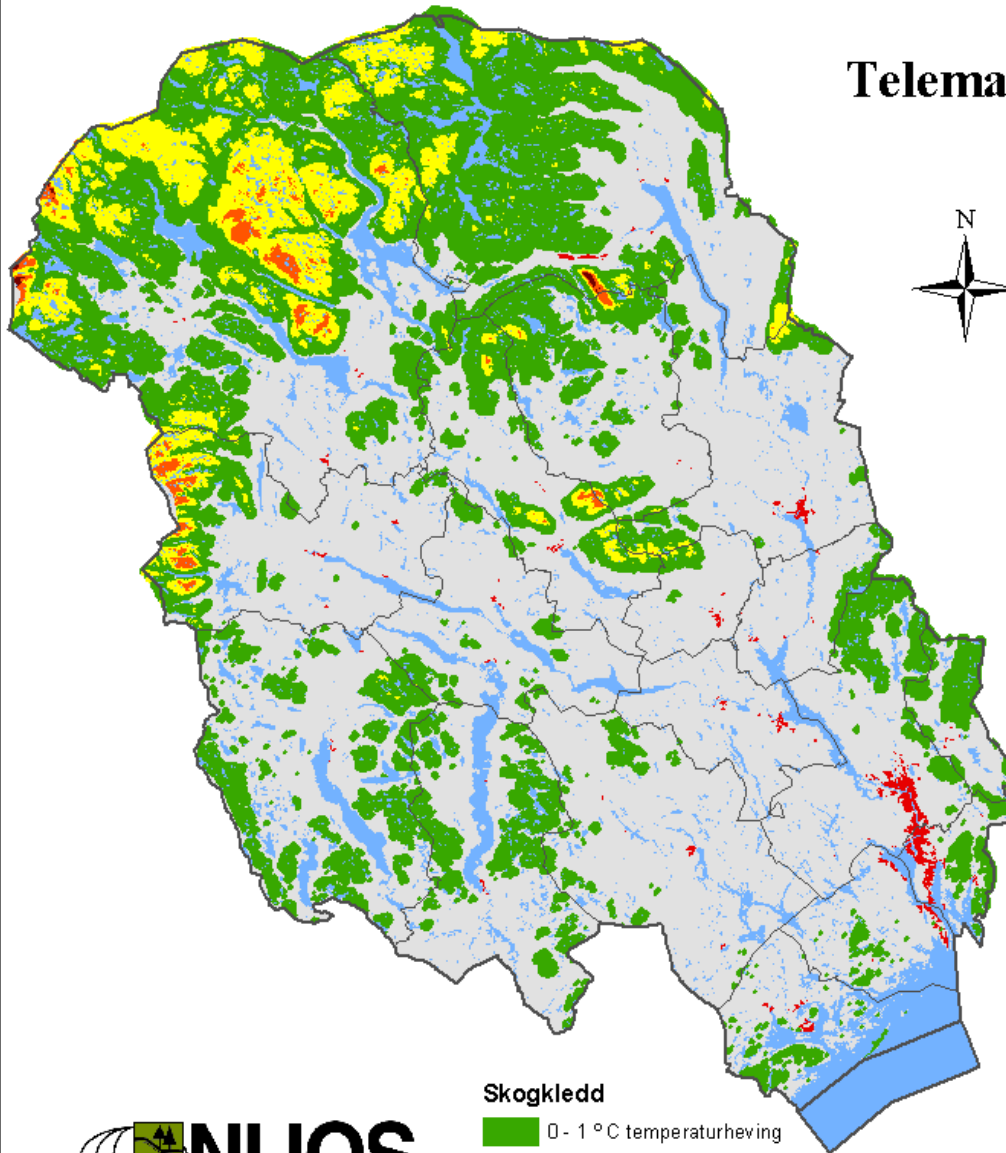


 **NIJOS**  
Norsk institutt for jord- og skogkartlegging

0 25 50 100 Kilometer







# Arealer potensielt tresatt ved temperaturheving

Telemark



 **NIJOS**  
Norsk institutt for jord- og skogkartlegging

## Skogkledd

-  0- 1 °C temperaturheving
-  1- 2 °C temperaturheving
-  2- 3 °C temperaturheving
-  mer enn 3 °C temperaturheving
-  Vann
-  Tettsted

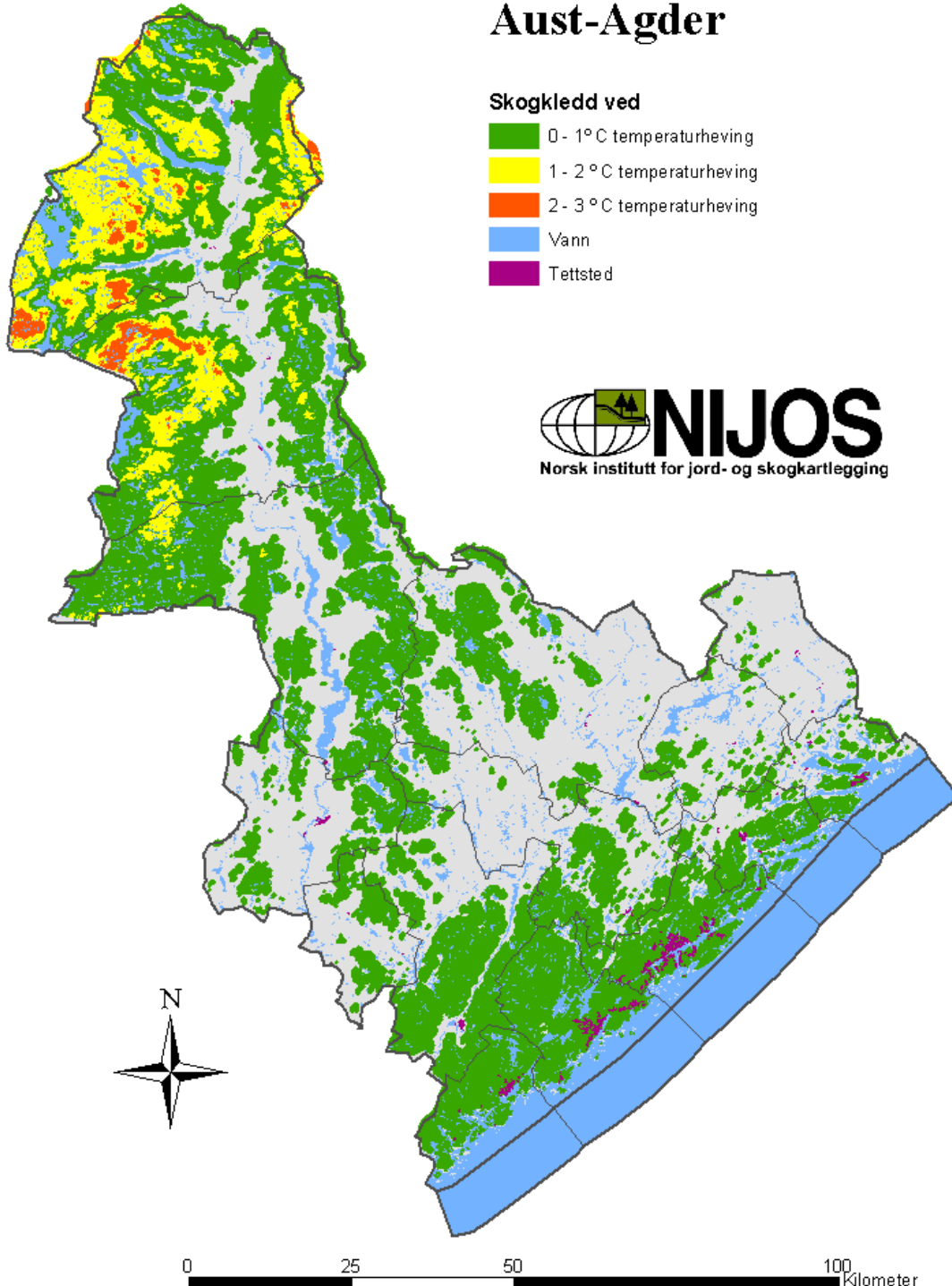
0 25 50 100  
Kilometer

# Arealer potensielt tresatt ved temperaturheving

## Aust-Agder

### Skogledd ved

- 0 - 1°C temperaturheving
- 1 - 2°C temperaturheving
- 2 - 3°C temperaturheving
- Vann
- Tettsted



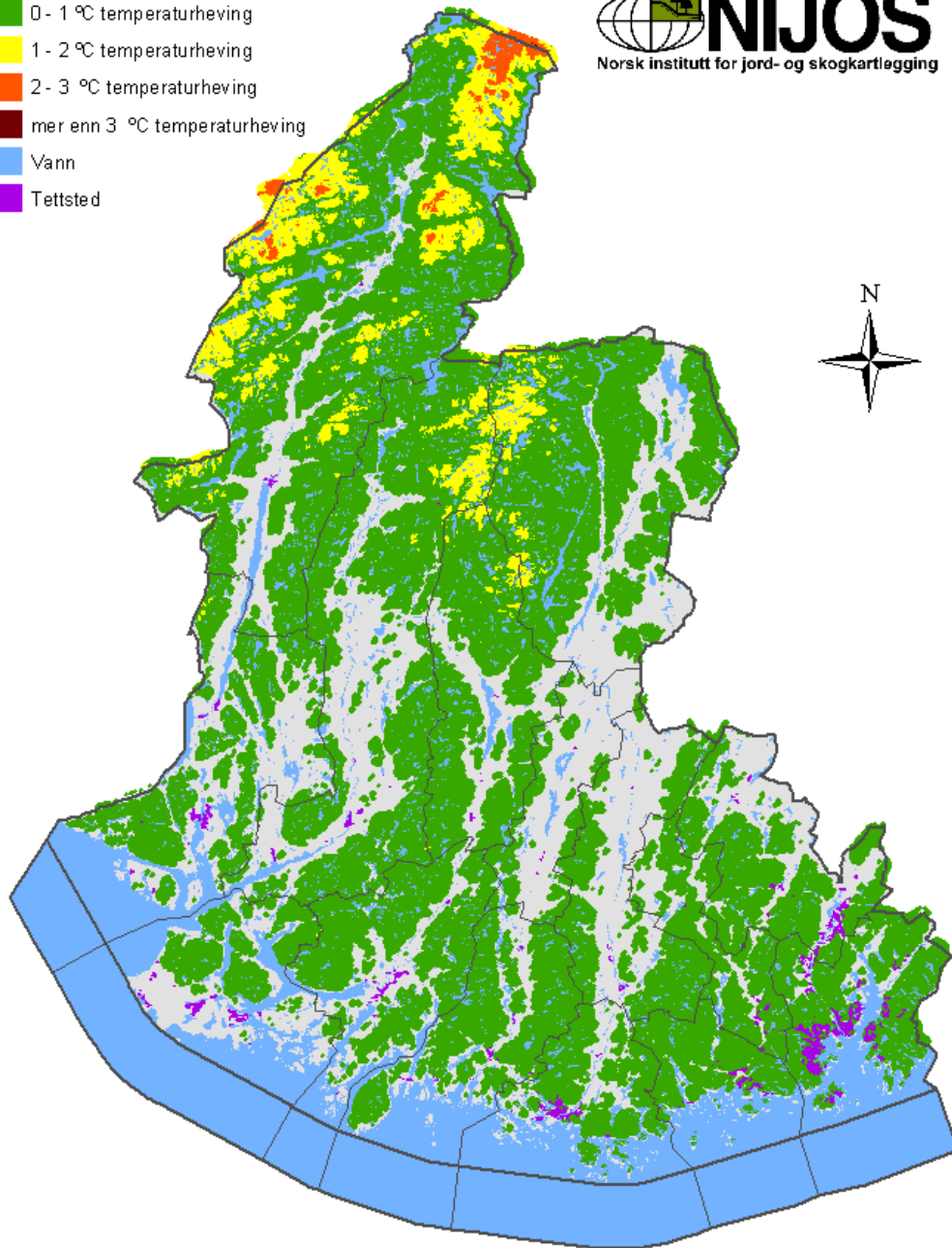


# Arealer potensielt tresatt ved temperaturheving

## Vest-Agder

### Skogkledd ved

- 0 - 1 °C temperaturheving
- 1 - 2 °C temperaturheving
- 2 - 3 °C temperaturheving
- mer enn 3 °C temperaturheving
- Vann
- Tettsted



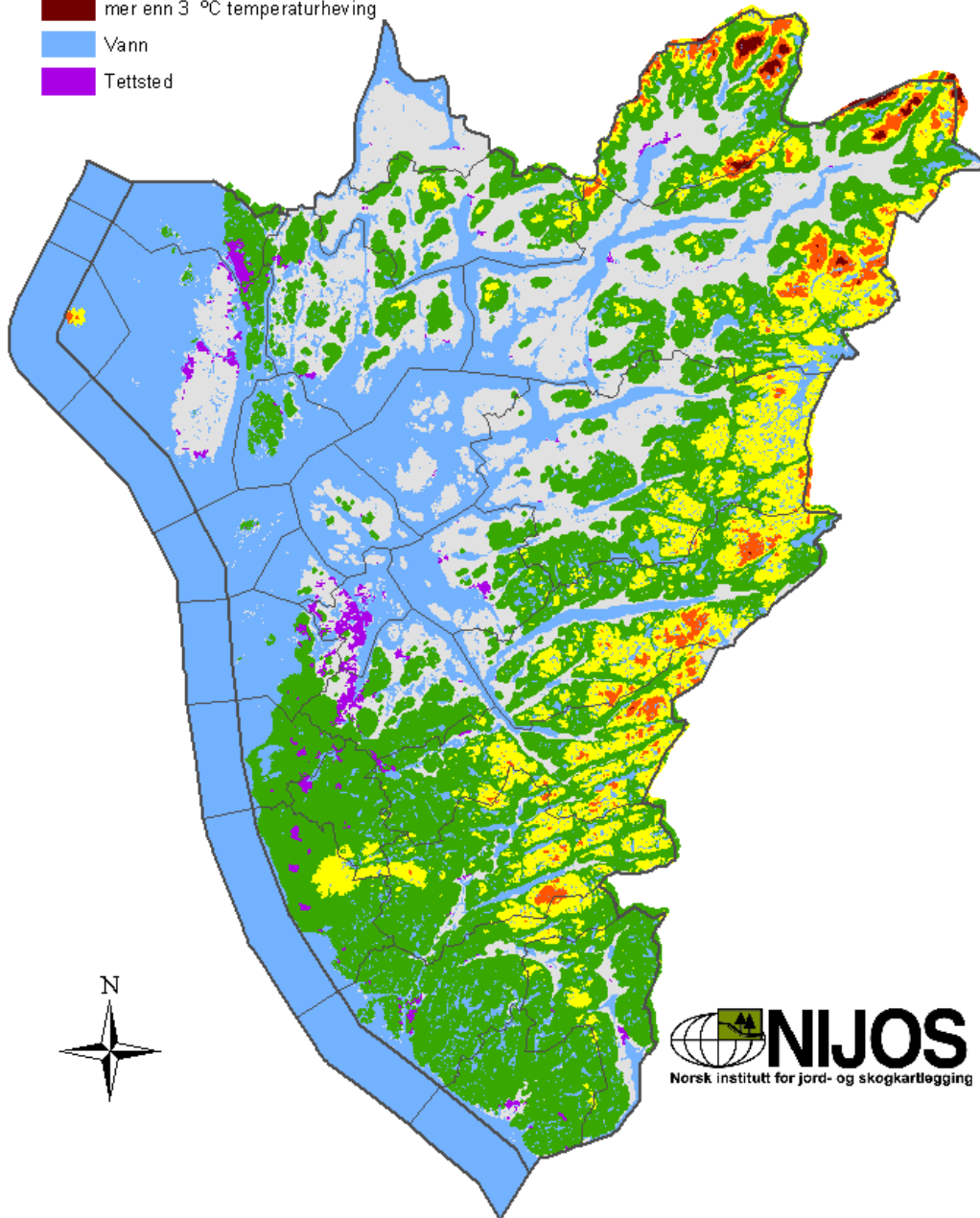
0 25 50 100 Kilometer

# Arealer potensielt tresatt ved temperaturheving

## Skogledd ved

- 0 - 1 °C temperaturheving
- 1 - 2 °C temperaturheving
- 2 - 3 °C temperaturheving
- mer enn 3 °C temperaturheving
- Vann
- Tettsted

## Rogaland

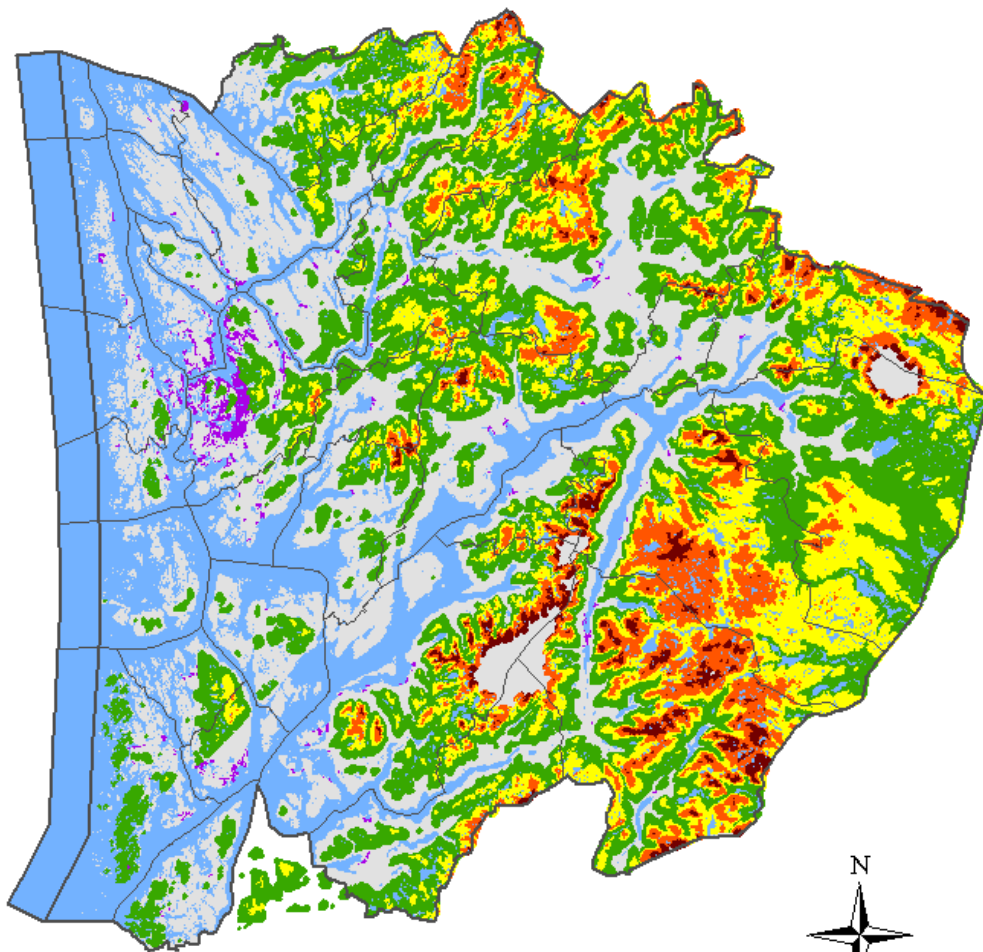


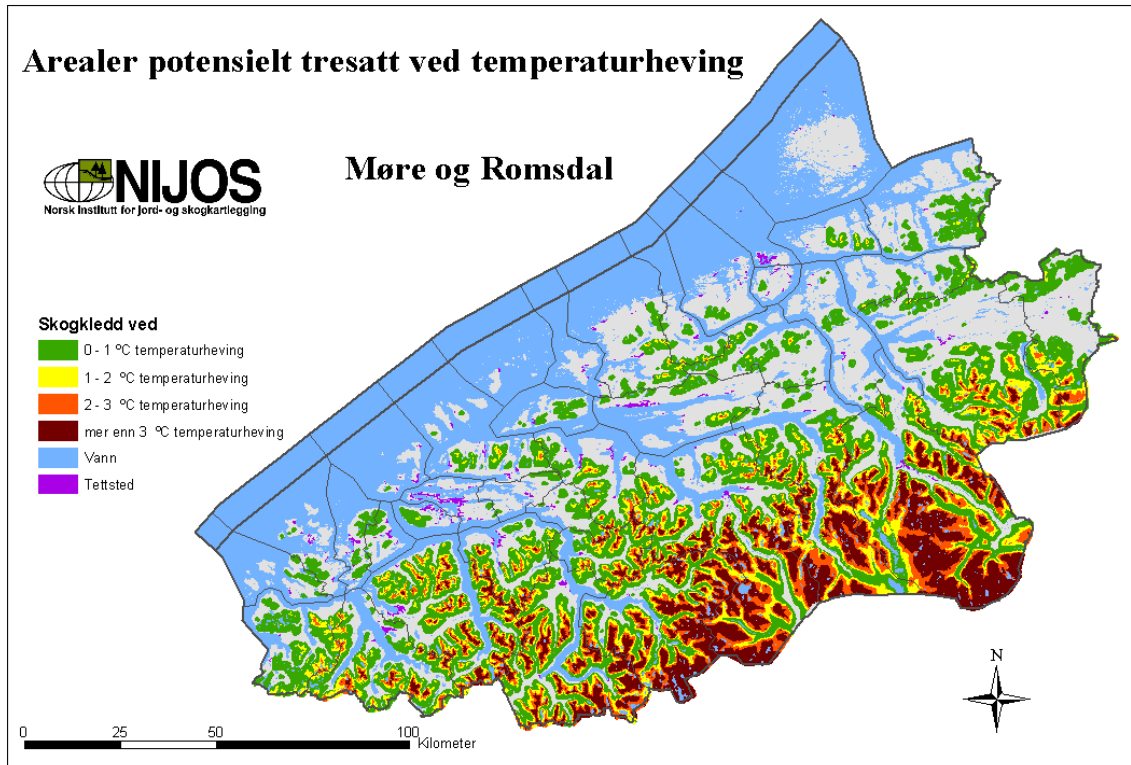
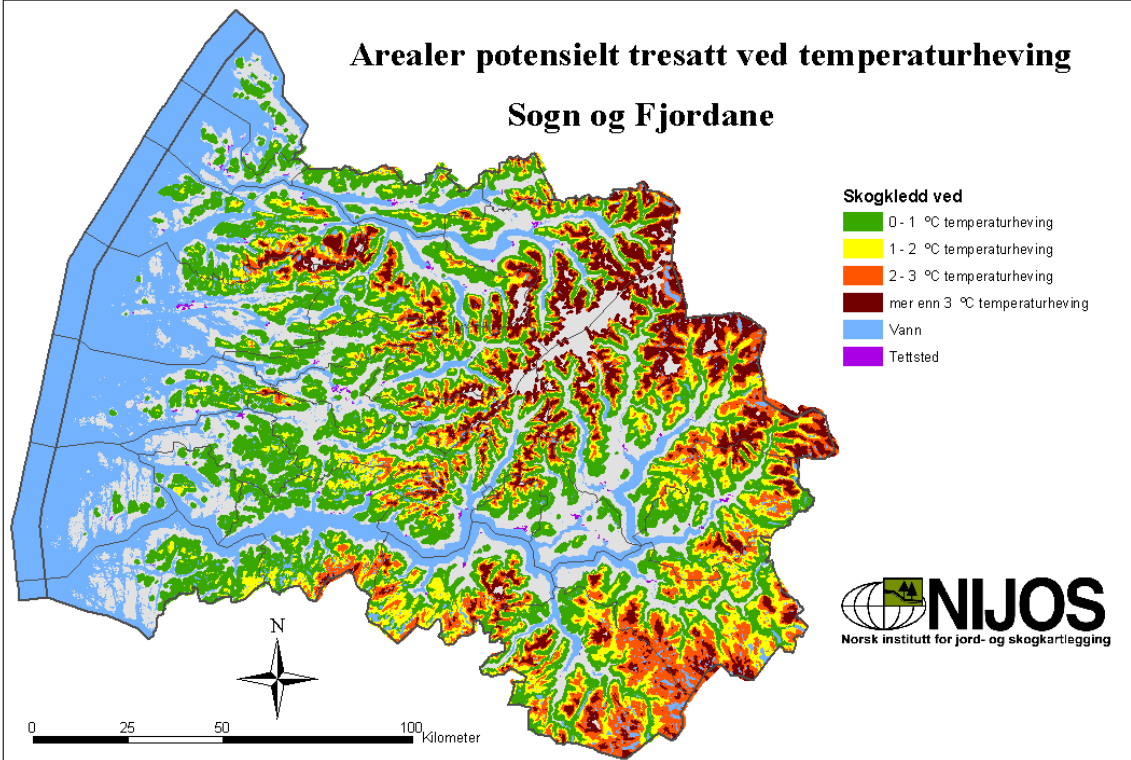
# Arealer potensielt treslag ved temperaturheving

## Hordaland

### Skogkledd ved

- 0- 1 °C temperaturheving
- 1- 2 °C temperaturheving
- 2- 3 °C temperaturheving
- mer enn 3 °C temperaturheving
- Vann
- Tettsted

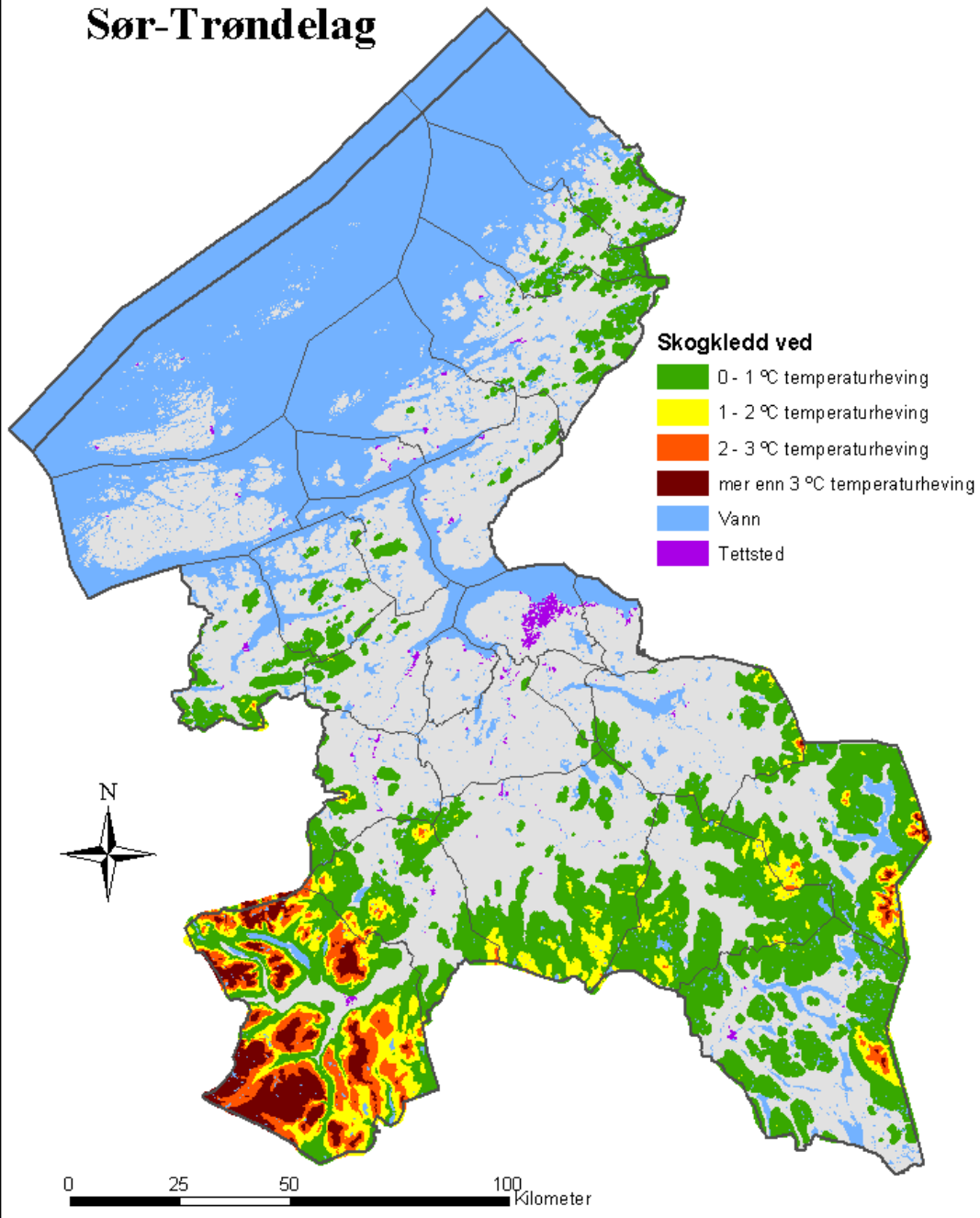




# Arealer potensielt tresatt ved temperaturheving

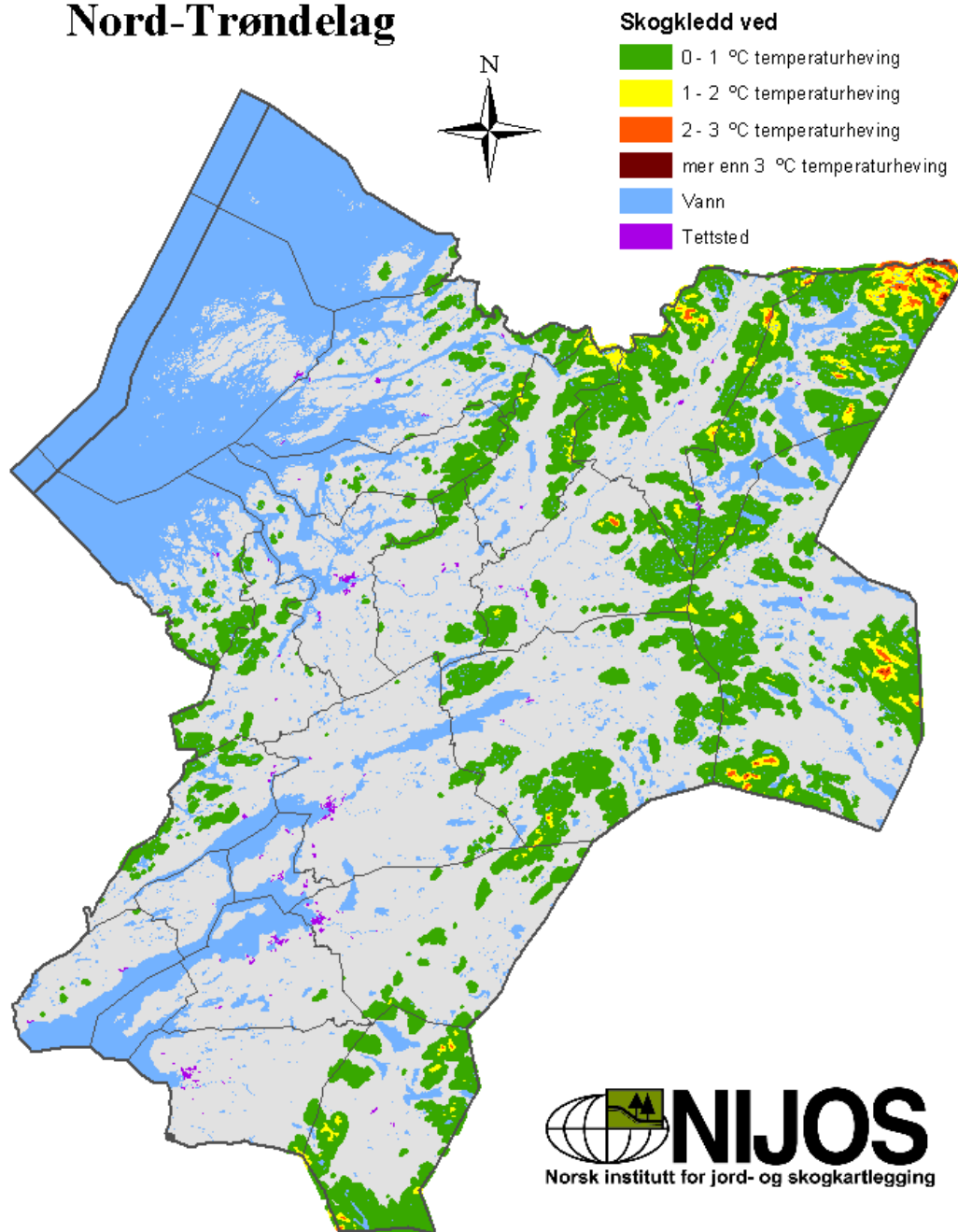


## Sør-Trøndelag



# Arealer potensielt tresatt ved temperaturheving

## Nord-Trøndelag



 **NIJOS**  
Norsk institutt for jord- og skogkartlegging

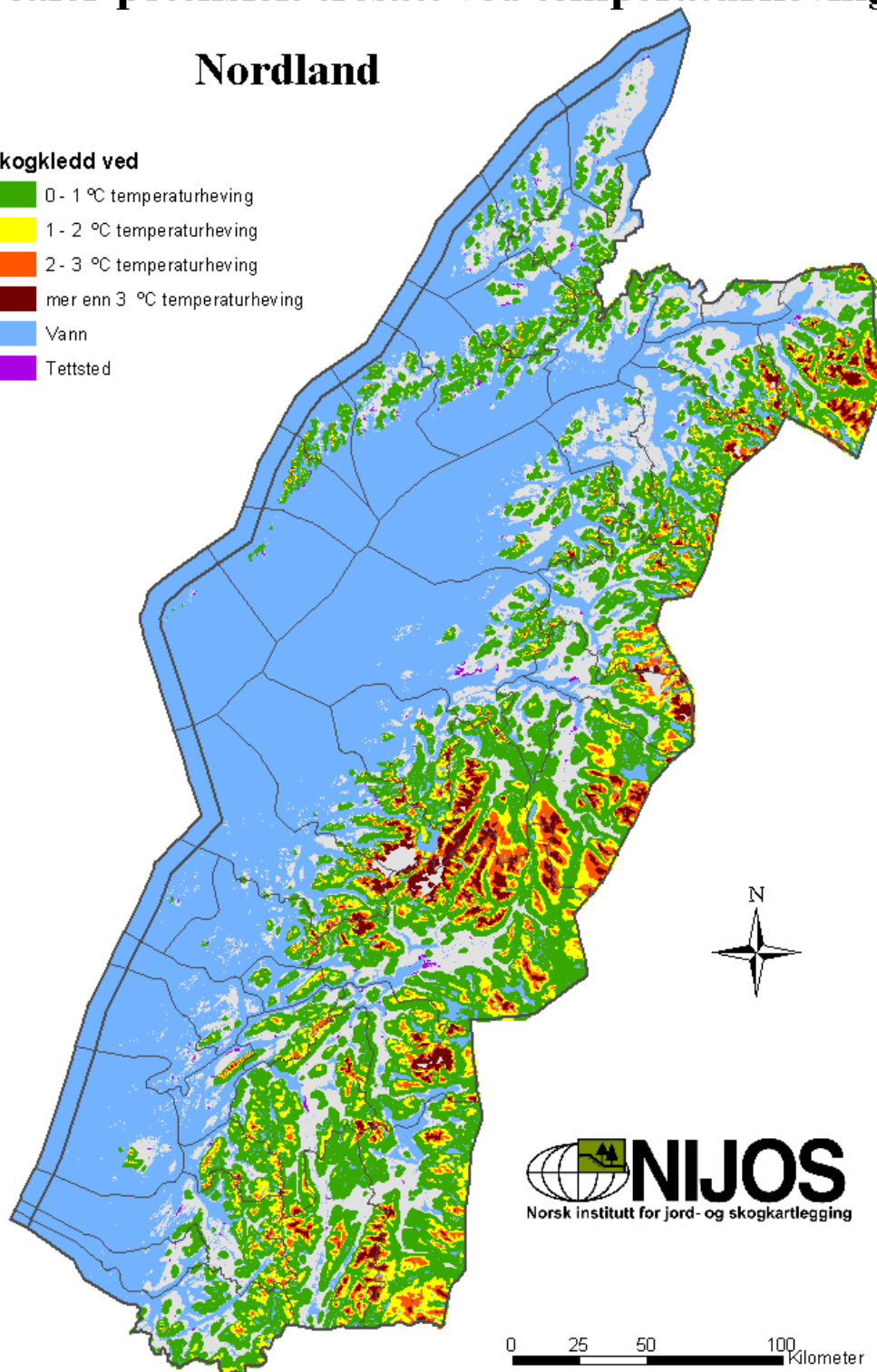
0 25 50 100 kilometer

# Arealer potensielt tresatt ved temperaturheving

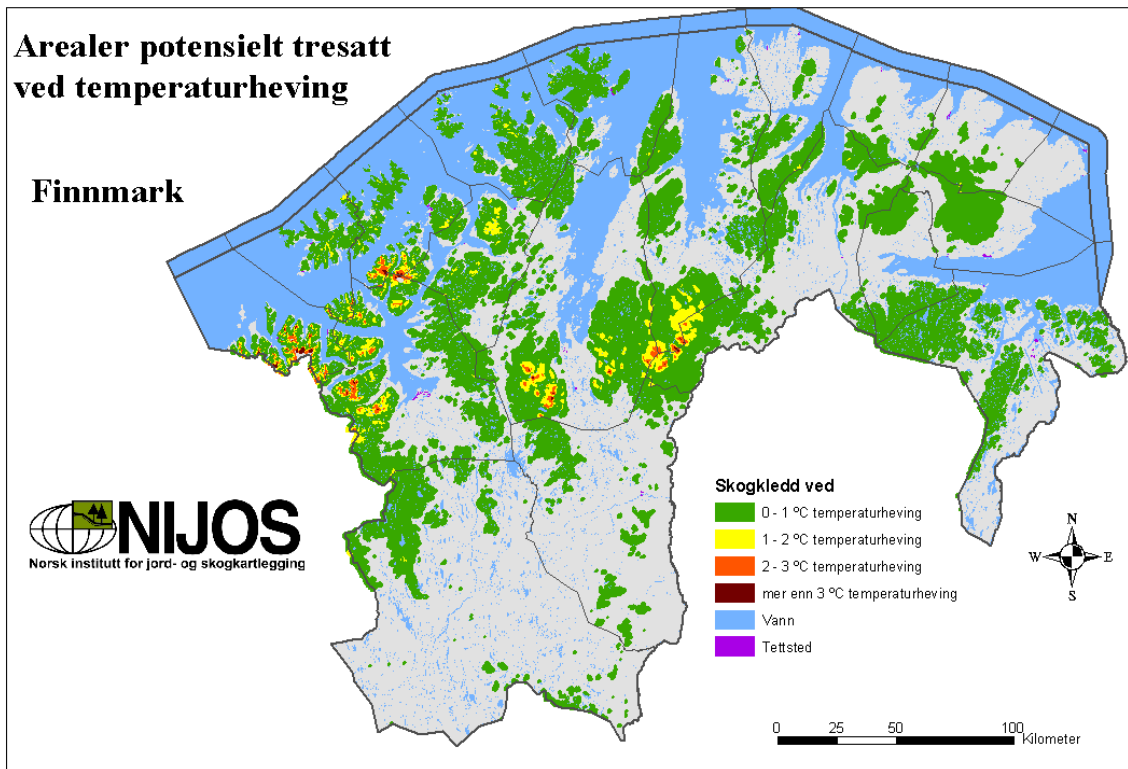
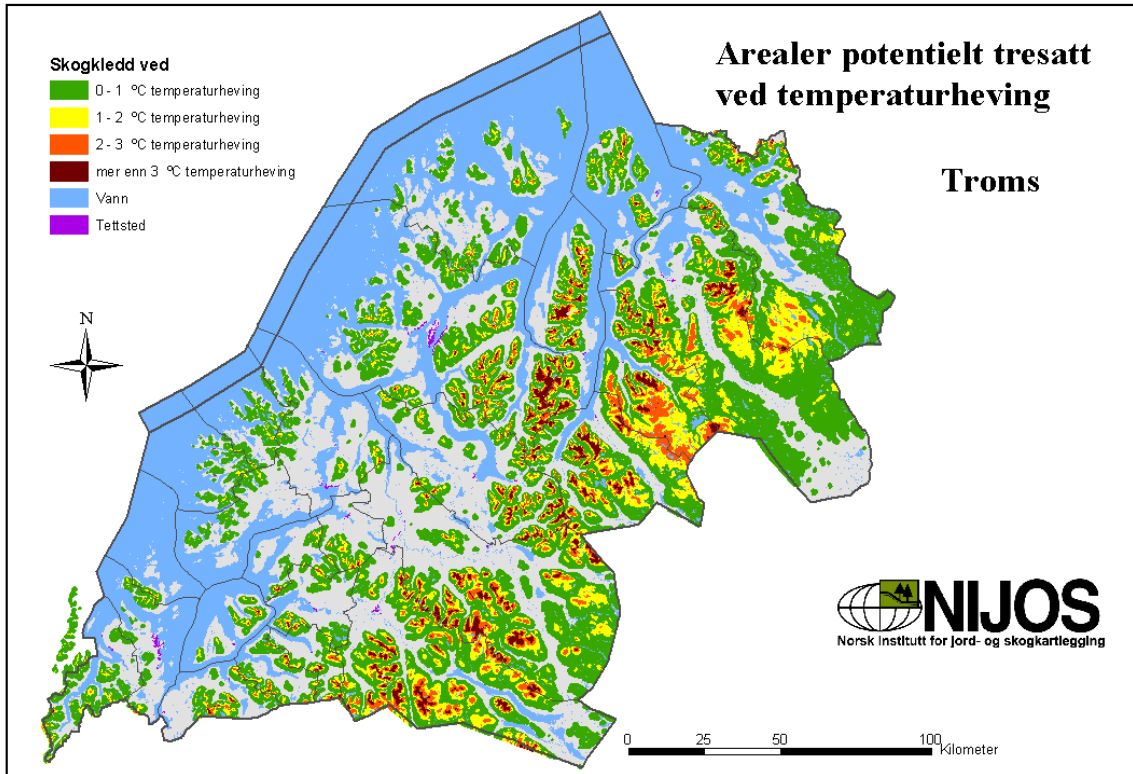
## Nordland

### Skogkledd ved

- 0 - 1 °C temperaturheving
- 1 - 2 °C temperaturheving
- 2 - 3 °C temperaturheving
- mer enn 3 °C temperaturheving
- Vann
- Tettsted



 **NIJOS**  
Norsk institutt for jord- og skogkartlegging





## Appendix

Modellen for å beregne skoggrensa er hentet fra Strand (1998).

Modellen er en femte-ordens trend-surface

$$z = \sum_{i=0}^5 \sum_{j=0}^{5-i} a_{ij} x^i y^j$$

med følgende parametre

a <sub>00</sub>	-999.43
a <sub>01</sub>	975.97
a <sub>02</sub>	-336.78
a <sub>03</sub>	60.44
a <sub>04</sub>	-5.23
a <sub>05</sub>	0.1845
a <sub>10</sub>	1334.23
a <sub>11</sub>	326.89
a <sub>12</sub>	-186.02
a <sub>13</sub>	15.96
a <sub>14</sub>	-0.23
a <sub>20</sub>	-1066.42
a <sub>21</sub>	298.97
a <sub>22</sub>	-1.72
a <sub>23</sub>	-2.27
a <sub>30</sub>	39.93
a <sub>31</sub>	-45.50
a <sub>32</sub>	6.46
a <sub>40</sub>	19.42
a <sub>41</sub>	-5.18
a <sub>50</sub>	1.52

og hvor x og y er basert på meterkoordinatene x' (øst) og y' (nord) i UTM-33 (EUREF89) transformert som følger

$$x = (x' + 45\,000) \times 10^{-5}$$
$$y = (y' - 6\,400\,000) \times 10^{-5}$$

Modellen passer ikke i områdene under skoggrensa i sør-øst Norge (Østfold, Akershus, Oslo, Vestfold samt Hedmark sør for Hamar). I disse områdene kan man benytte en lineær trend

$$z = 102.99 + 186.29 \times y$$

hvor y er nord-koordinat transformert som ovenfor.

## Referanser

Benestad, R. 2001. Nye klimascenarier for Norge basert på flere klimamodeller, *Cicerone*, nr. 3/2001, 21 – 24

Strand, G-H. 1998. Kriging the potential tree level in Norway, *Norwegian Journal of Geography*, **52**: 17 - 25

Kåre Hobbelstad og Anders Bryn, begge ved NIJOS, har for øvrig bidratt med faglige innspill og kommentarer til dette arbeidet.