

Validering av SR16 med kontrollmålinger i Asker, Alver og Elverum/Våler

Johannes Breidenbach ^{1,*}, Johannes Rahlf ¹, Janne Rätty ¹, Marius Hauglin ¹, Even Bergseng ²

¹ NIBIO

² NORSKOG

* kontakt: Johannes.Breidenbach@nibio.no

Ås, 5/07 2022

Innhold

Innhold	2
1 Innledning	2
2 Sammendrag.....	3
3 Data.....	4
4 Metodikk.....	4
5 Resultater.....	5
5.1 Asker kommune	5
5.1.1 Sammenligning av SR16 med feltflater.....	5
5.1.2 Sammenligning med skogbruksplan i Asker – lasertakserte bestand.....	10
5.1.3 Sammenligning med skogbruksplan i Asker – inkluderer fototakserte bestand	13
5.1.4 Resultater basert på bruk av kNN som beregningsmetode	13
5.2 Alver kommune.....	18
5.2.1 Sammenligning av SR16 med feltflater	18
5.2.2 Resultater basert på bruk av kNN som beregningsmetode	22
5.3 Elverum / Våler	26
6 Bruk av SR16 i skogbruksplanlegging - Diskusjon	28
7 Vedlegg 1: Feltnmålinger	30
8 Vedlegg 2: SQL kode for volumberegning i Landsskogtakseringen	34

1 Innledning

Prosjektet «Utvikling og implementering av arbeidsflyt for en lokal forbedring av Landsskogtakseringens skogressurskart SR16 samt en analyse av mulige kostnadsbesparelser i skogbruksplanleggingen» ble utført i samarbeid mellom NIBIO (faglig prosjektledelse), NORSKOG (formell prosjektledelse), Viken Skog, Statskog, Statsforvalteren i Vestland og Landbruksdirektoratet. Alle andelslag deltok i en referansegruppe og ga nyttig innspill på prosjektets avslutningsseminar. Bakgrunn for prosjektet var å undersøke forutsetninger for å bruke Skogressurskartet SR16 i skogbruksplanleggingen. Hovedmetode var å måle skogegenskaper på mer enn 560 prøveflater og sammenligne dette med SR16 og estimater fra en skogbruksplan. Mer enn 60 prøveflater var tilgjengelig fra et tidligere prosjekt i Hedmark og er

også delvis inkludert i denne rapporten. Prosjektet ble i perioden 1/1 2020 - 31/12 2021 støttet av Utviklingsfondet for skogbruket, Skogtiltaksfondet og Landbruksdirektoratet. Prosjektets målsetning ble tilpasset og presisert i løpende kontakt med prosjektpartnere. Viken Skog v/ Hans Ole Ørka og Svein Dypsund har gitt kommentarer og innspill til rapporten.

2 Sammendrag

Til sammen ble det målt 628 kontrollflater i 55 bestand i Asker, Alver og Elverum. Området for å måle kontrollflater i Asker ble foreslått av Viken Skog med hensikt å dekke bestand med stor lokal variabilitet mhp. treslag, bonitet og grunnforhold.

Middelfeilen (RMSE) for SR16 var mellom 4% for middelhøyde i Asker og 37% for treantall i Alver (Tabell 1). For volum var middelfeilen for SR16 mellom 10% i Elverum og 16% i Asker.

Tabell 1: Middelfeil (RMSE, %) på bestandsnivå basert på feltmålinger for fire skogegenskaper i Asker og Alver.

	Asker	Alver
Volum	16	15
Grunnflate	31	12
Treantall	21	37
Middelhøyde	4	10

I Asker var volumestimatene fra SR16 i gjennomsnitt litt høyere enn feltmålingene. En undersøkelse av dette viste at det var spesielt lausskogområder i grandominerte bestand som førte til denne systematiske feilen. I Alver var det omvendt og volumestimatene fra SR16 var i snitt litt lavere enn feltmålingene. I Alver målte vi noen flater med volum større enn 1200 m³/ha som er svært sjeldent i Norge. Volum større enn 1100 m³/ha forekommer for eksempel ikke på Landsskogtakseringens feltflater. Det vil derfor være en tendens i SR16 til å underestimere volum i slik skog. Lignende er det for skog med veldig høye treantall. I Alver forekom det treantall opp mot 4000 trær per ha i yngre hogstklasse III. Det største treantall SR16 predikerer er 2000 trær per ha.

Sammenlignet med en aktuell skogbruksplan i Asker var middelfeilen for SR16 mellom 1% (treantall) og 2% (volum) større. For middelhøyde var middelfeilen av SR16 rundt 5% mindre enn for skogbruksplanen. Vi konkluderer med at SR16 i de undersøkte områdene hadde et nøyaktighetsnivå som ligner dagens skogbruksplaner.

Ved en tilfeldighet ble det gjennomført kontrollmålinger i tre bestand i Asker som ble fototolket og ikke lasertaksert i skogbruksplanen. Resultatene viser at fototolkning som metode for estimering av tømmervolum i skogbruksplaner kan føre til store feil. Det kan undersøkes videre om dette gjelder generelt, men våre resultater tyder på at bruk av SR16 kan være hensiktsmessig i områder der modeller for laserdata fra en skogbruksplan anses å ikke være anvendelig.

Siden middelfeilen i SR16 var relativt lav i de undersøkte områdene, ser vi det foreløpig som utfordrende å skulle forbedre estimatene ytterligere ved å etablere noen få lokale tilleggsflater. Detaljer rundt dette har vi beskrevet i en vitenskapelig artikkel (<https://doi.org/10.1007/s13595-021-01061-4>). Siden nøyaktigheten for variable i SR16 vil variere lokalt, bør det uansett gjennomføres noen feltmålinger for å kontrollere og, hvis nødvendig, tilpasse SR16 prediksjonene.

Prosjektets referansegruppe har diskutert mulighetene for diameterfordelinger som del av SR16. Siden treantall er blant variablene med størst usikkerhet (Tabell 1), kan det være utfordrende å fordele treantallet på diameterklasser. NIBIO har dog i andre prosjekter undersøkt muligheten for å predikere diameterfordelinger og det viste seg at den nærmeste-nabometoden (k-Nearest Neighbors, kNN) var best egnet for dette (<https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0440>). Resultater fra sammenligningen av kNN-baserte diameterfordelinger med feltmålinger er inkludert i denne rapporten. En vurdering av om nøyaktigheten er god nok utestår bl.a. fordi det så langt ikke er mye erfaring rundt bruken av diameterfordelinger.

I motsetning til lineære regresjoner som vanligvis brukes i skogbruksplaner, og i SR16 så langt, predikeres egenskapene i kNN som et snitt av et gitt antall (k) feltflater som ligner mest på rastercellen der man gjør en prediksjon. kNN-metoden kan i prinsippet predikere alle variabler som måles på Landsskogtakseringens feltflater. Dermed er det for eksempel mulig å predikere volum per treslag. Foreløpige undersøkelser viser at kNN-resultatene delvis var bedre enn SR16 i sin nåværende form. For eksempel var middelfeilen for volum på bestandsnivå i Asker 10% og dermed mindre enn både nåværende SR16 og skogbruksplanen. Siden kNN i tillegg vil føre til mer konsistens blant ulike variabler som volum, grunnflate, høyde og treantall, vurderer vi å fremover bruke kNN som metode i SR16. Derfor tar vi også med sammenligningen mellom feltflater og resultater fra kNN her.

3 Data

Til sammen ble det målt 628 kontrollflater i 55 bestand i Asker, Alver og Elverum for å validere SR16. Området for å måle kontrollflater i Asker ble foreslått av Viken Skog med hensikt å dekke bestand med stor lokal variabilitet mhp. treslag, bonitet og grunnforhold. Hensikten var å evaluere SR16 under antatt "utfordrende" forhold, og tankegangen bak dette var at hvis SR16 er tilfredsstillende her, vil det trolig være tilfredsstillende i mindre variert skog også. Feltemålingene ble gjort i henhold til Landsskogtakseringens feltmanual.

4 Metodikk

Vi har beregnet middelfeil (root-mean-squared-error, RMSE) og en systematisk feil (mean-error, ME) basert på differansen mellom feltmålt volum og SR16-volum per flate. SR16-volum per flate er det vektete gjennomsnitt av volumet i SR16-piksler som dekker flaten. På bestandsnivå beregnet vi middelveidene over alle flatevise målinger og prediksjoner i et bestand og brukte disse middelveidene for å beregne RMSE og ME.

Delvis vises RMSE og ME per stratum som det var definert i skogbruksplanen. I Asker brukte vi informasjon fra en ny plan fra 2020, mens det ble brukt en eldre plan fra 1990-tallet i Alver.

I tillegg sammenlignes bestandsbaserte estimater fra en skogbruksplan i Asker fra 2020 med SR16 og feltmålinger. I dette tilfellet ble middelvei beregnet over alle SR16-piksler som hadde sitt senter i bestandet. Derfor kan RMSE og ME avvike litt fra sammenligningen med feltdata. På kontrollflatene ble trær med BHD mindre enn 10 cm ekskludert, men SR16 raster baserer seg på modeller der trær mellom 5-10 cm er inkludert i modelleringsdataene. Dette kan bidra til en viss overestimering av volum og grunnflate, men vi antar at dette er marginalt. For treantall brukte vi SR16 modeller for trær ≥ 10 cm.

SR16-data fra prosjektene som internt betegnes som «OST_2019» og «ROH_2020_up» ble brukt i henholdsvis Asker og Alver.

I SR16 brukes det volumfunksjoner som er godkjent for skogbruksplanlegging av Landbruksdirektoratet: <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/skogbruk/skogbruksplanlegging-med-miljoregistreringer--prosess-og-metode/metode-og-formater-for-datafangst#> (stand 24.11.2020). Se også programkoden i avsnitt 8.

I prediksjoner med kNN har vi brukt en algoritme for “most similar neighbor” med $k=5$, det vil si at prediksjonene er basert på de fem Landsskogflatene som likner mest på prøveflata. “Likhet” beregnes med utgangspunkt i de tilgjengelige forklaringsvariablene.

SR16 kommer i to varianter; den varianten som vises på Kilden er basert på funksjoner som transformerer laservariable til tømmer volum, der det er separate modeller for skog med dominerende treslag gran, furu eller lauv. Én av tre ulike modeller velges ut basert på hvilket dominerende treslag som ble predikert for et piksel (SR16 treslagskart). Feil prediksjon av dominerende treslag (treslagskartet) medfører dermed at «feil» modell brukes og vil gi en større feil i volumestimatet. Denne ordinære varianten betegnes som «Ustratifisert» og middelfeilene over er basert på denne varianten. I tillegg finnes SR16 i «Stratifisert» versjon som er spesifikk for treslag og hogstklasse. Den stratifiserte varianten kan bare brukes hvis man kjenner hogstklasse og treslag, for eksempel etter flybilde-basert bestandsinndeling. Her har vi undersøkt om bruken av den stratifiserte varianten ytterligere kan redusere middelfeilene. Vi ser at forskjellen mellom stratifisert og utstratifisert var små og at modellene i den stratifiserte varianten var noe ustabil. Den stratifiserte varianten skal derfor fases ut og flere resultater er ikke med i denne rapporten.

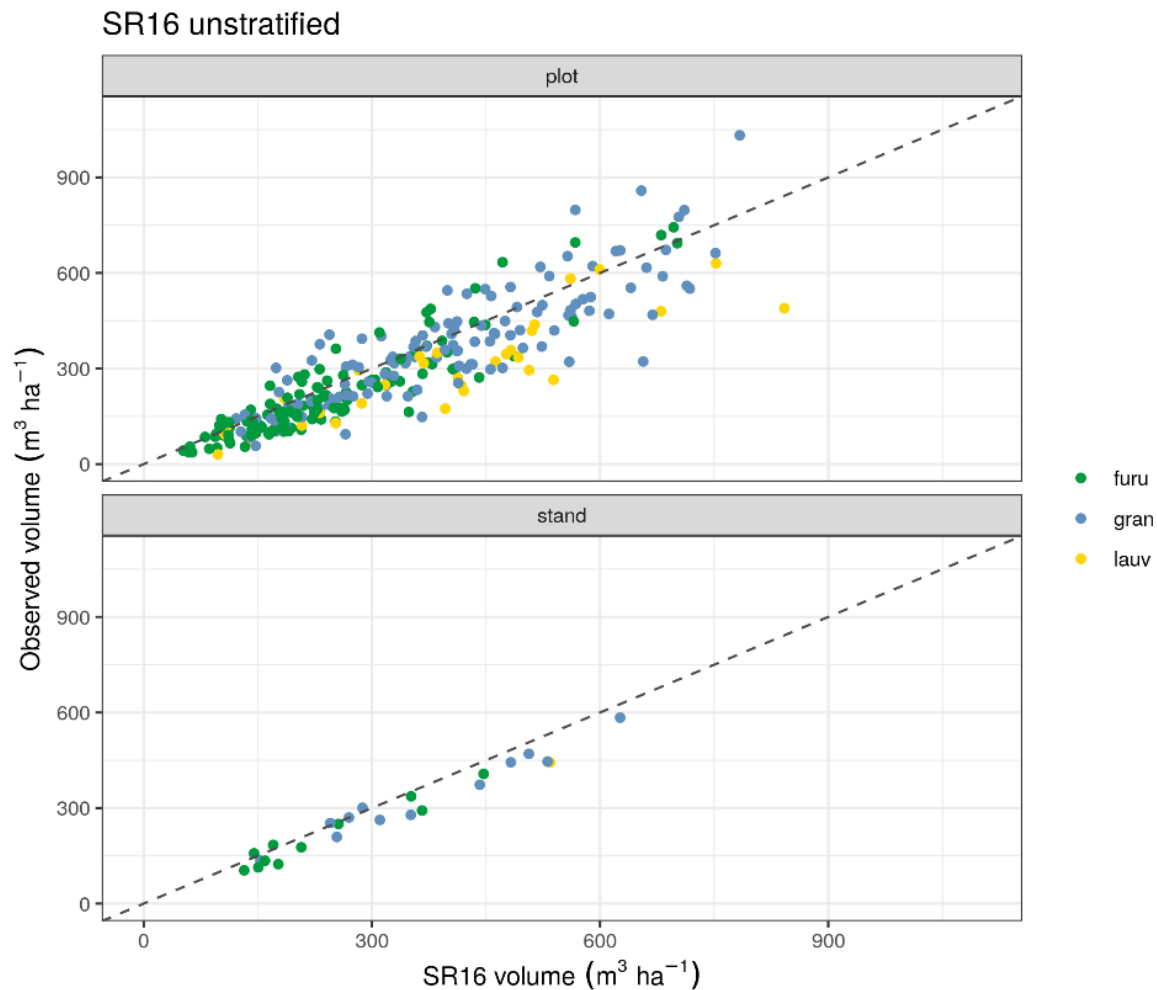
5 Resultater

5.1 Asker kommune

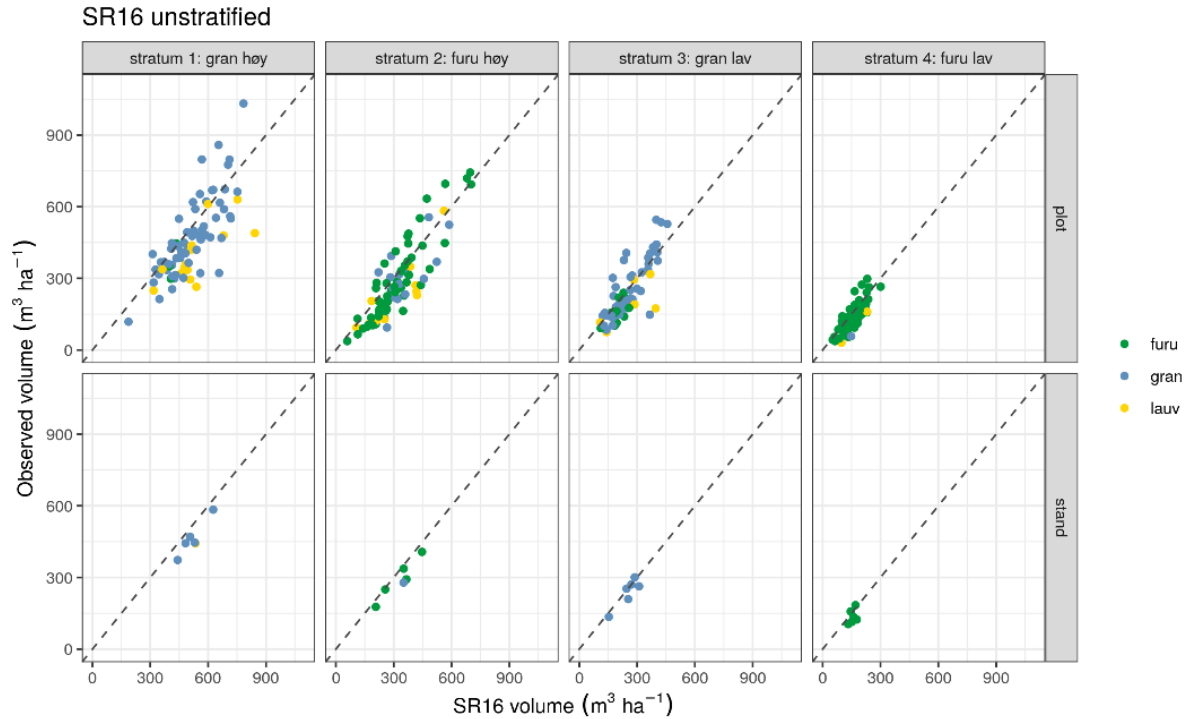
5.1.1 Sammenligning av SR16 med feltflater

Alle sammenligninger av SR16 (ustratifisert) med feltmålinger vises for alle kontrollflater og aggregert for bestand (Figur 1). For volum er resultatene også delt opp per stratum (skogtyper) som ble brukt i skogbruksplanen (Figur 2). I Asker er det 4 strata i hogstklasse 4 og 5: gran dominert høy bonitet, gran dominert lav bonitet, furu dominert høy bonitet, furu dominert lav bonitet. Middelfeilen og systematisk feil er gjegitt i Tabell 1. Middelfeilen på bestandsnivå er mellom 12% og 16% botsett fra furu dominert skog med lav bonitet der middelfeilen er 23%. Selv om den absolutte middelfeilen er forholdsvis lav i furu dominert skog med lav bonitet, er den relative middelfeilen litt større enn i de andre strata fordi middelveidien som deles med for å få en relativ verdi er lav. Generelt sett er SR16 volum litt større enn

feltmålingene som er mellom 6% og 14% på bestandsnivå (Tabell 1). Dvs. SR16 overestimerer volum litt i Asker. Det er mest lauvdominert skog som er overestimert. Dette ser man i Figur 3, der lauvdominerte feltflater ikke ble tatt med. Her er den systematiske feilen redusert med 1%-5%, spesiell i grandominert skog. En tydelig reduksjon av middelfeil og systematisk feil er synlig spesielt i gran dominert skog med høy bonitet.



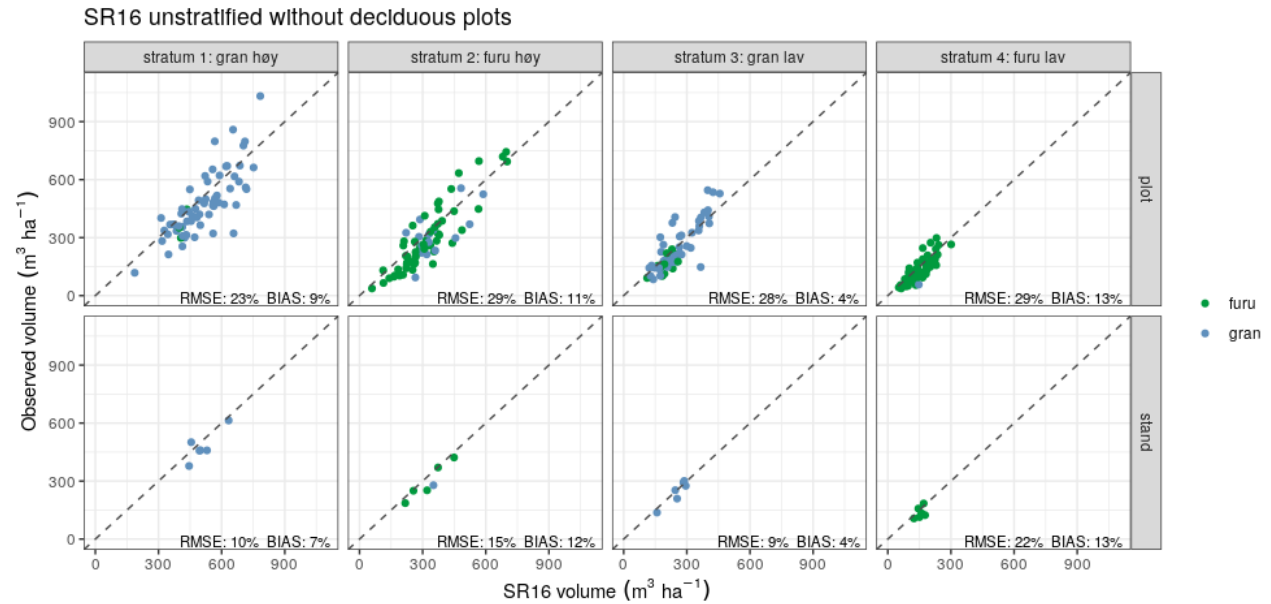
Figur 1: Sammenligning av volum fra feltmålinger og SR16 i Asker for hhv flater (plot, øverste panel) og bestand (stand, nederste panel). Farge angir dominerende treslag (grønn = furu, blå = gran og gul = lauv). Et punkt i øverste panel står for en feltflate, men den står for en bestand i nederste panel.



Figur 2: Sammenligning av volum fra feltmålinger og SR16 per stratum i Asker. Fra venstre møt høyre: stratum 1 gran med høyt volum, stratum 2 furu med høyt volum, stratum 3 gran med lavt volum og stratum 4 furu med lavt volum.

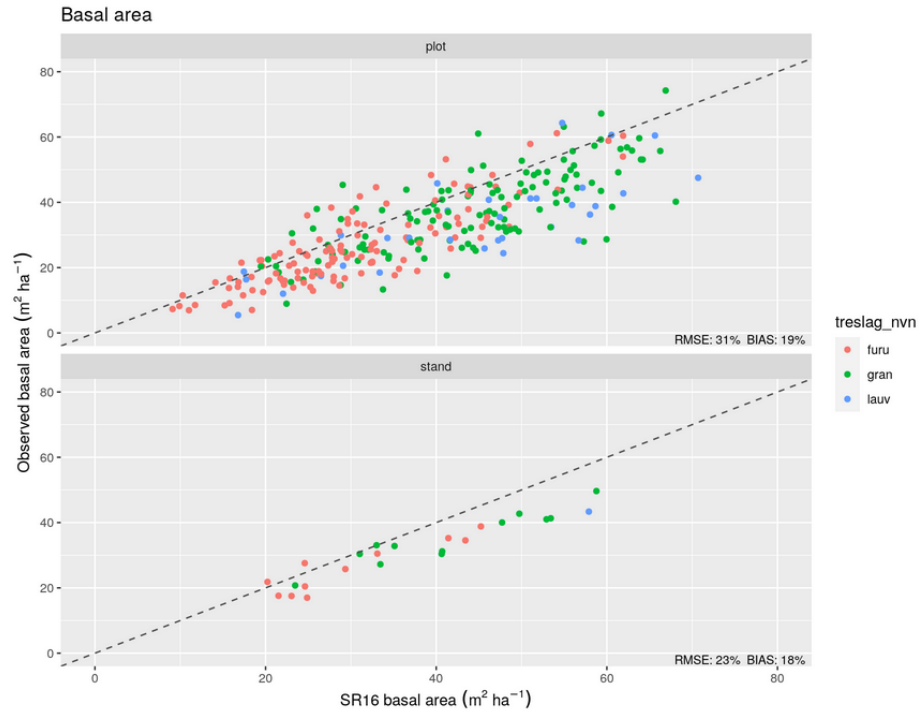
Tabell 2: Absolutt og relativ middelfeil (RMSE) og systematisk (ME) feil for volum fra SR16 i Asker i forskjellige stratum (treslag og volum).

Stratum	Nivå	RMSE (m^3/ha)	RMSE (%)	ME (m^3/ha)	ME (%)
stratum 1: gran høy	flate	122	27	60	13
stratum 2: furu høy	flate	88	31	37	13
stratum 3: gran lav	flate	72	30	15	6
stratum 4: furu lav	flate	41	30	19	14
total	flate	89	30	35	12
stratum 1: gran høy	bestand	65	14	61	13
stratum 2: furu høy	bestand	47	16	40	14
stratum 3: gran lav	bestand	28	12	15	6
stratum 4: furu lav	bestand	31	23	19	14
total	bestand	45	16	34	12

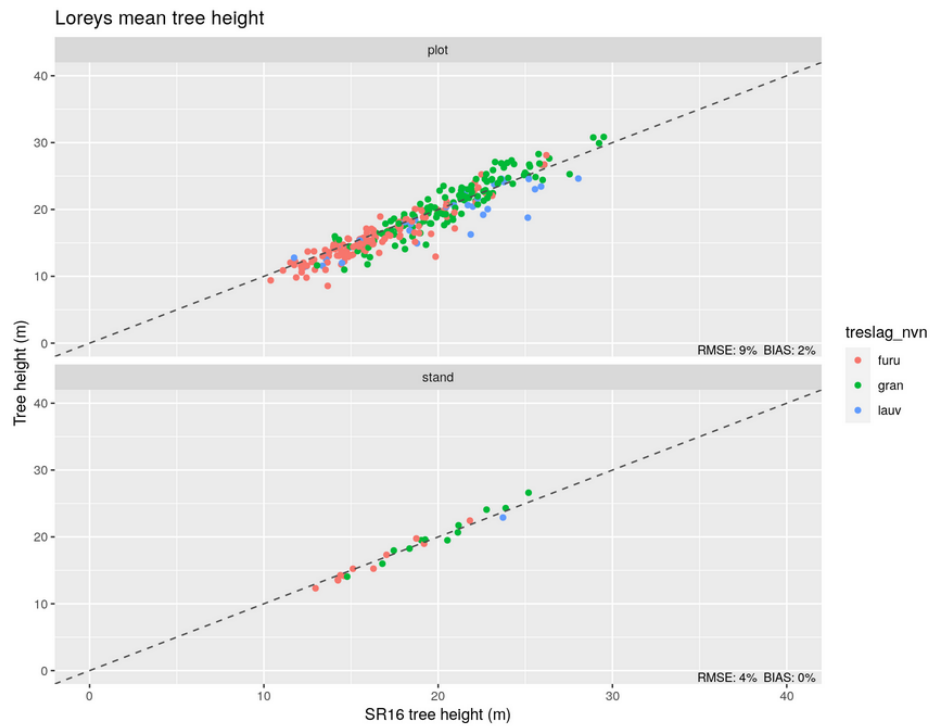


Figur 3: Sammenligning av volum fra feltmålinger og SR16 per stratum i Asker uten flater i lauvskog. En tydelig reduksjon av RMSE og ME (bias) er synlig spesielt i stratum 1.

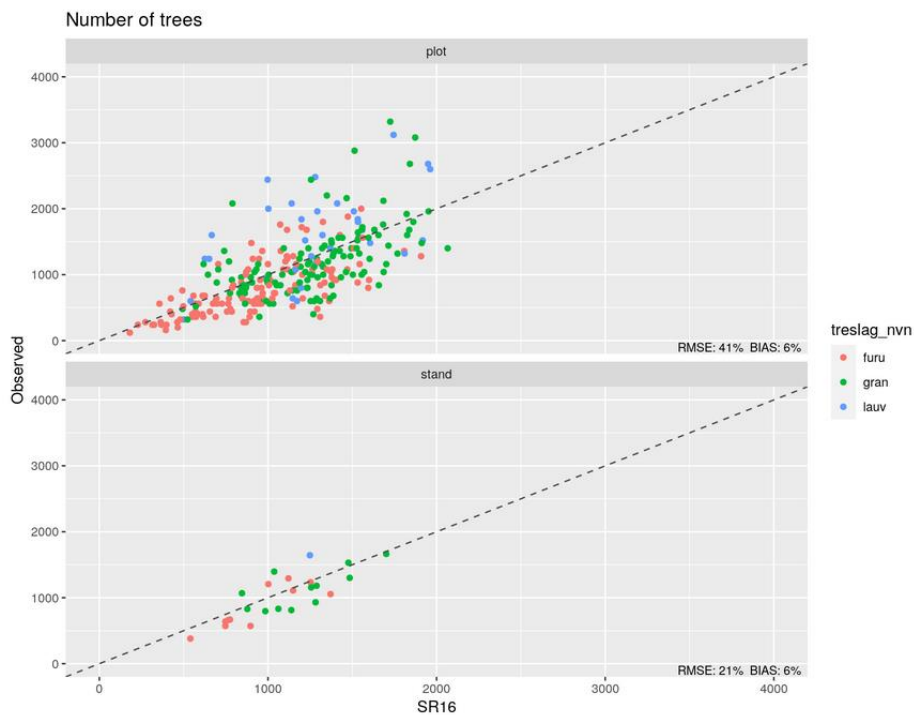
På samme måte som for volum overestimerer SR16 også grunnflate noe i Asker (Figur 4). Derimot er det ingen systematisk feil synlig middelhøyde (Figur 5). Usikkerheten rundt estimering av treantall er størst sammenlignet med andre variabler, men den systematiske feilen er forholdsvis lav (Figur 6).



Figur 4: Sammenligning av grunnflate fra feltmålinger og SR16 i Asker. Plot = flate, stand = bestand.



Figur 5: Sammenligning av middelhøyde fra feltmålinger og SR16 i Asker. Plot = flate, stand = bestand.

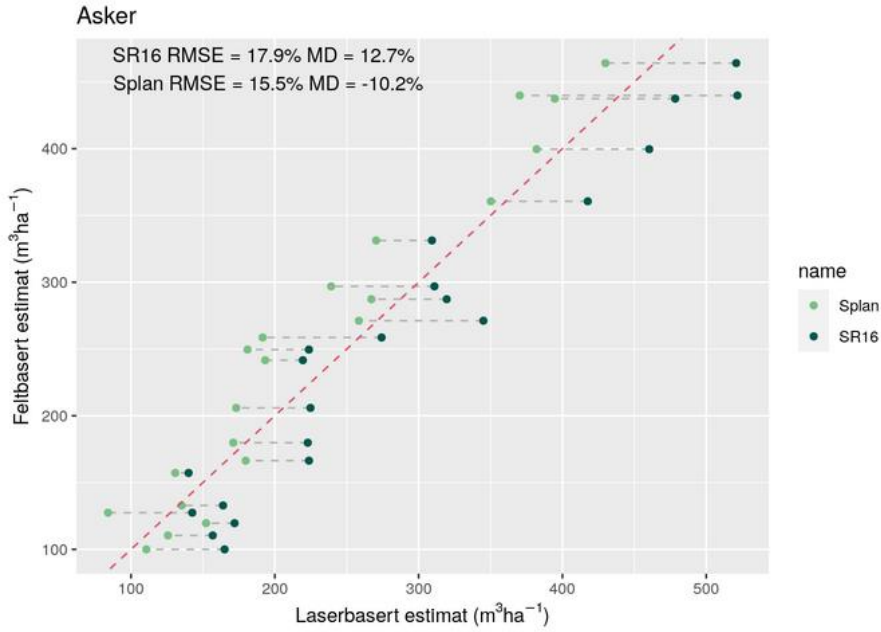


Figur 6: Sammenligning av treantall fra feltmålinger og SR16 i Asker. Plot = flate, stand = bestand.

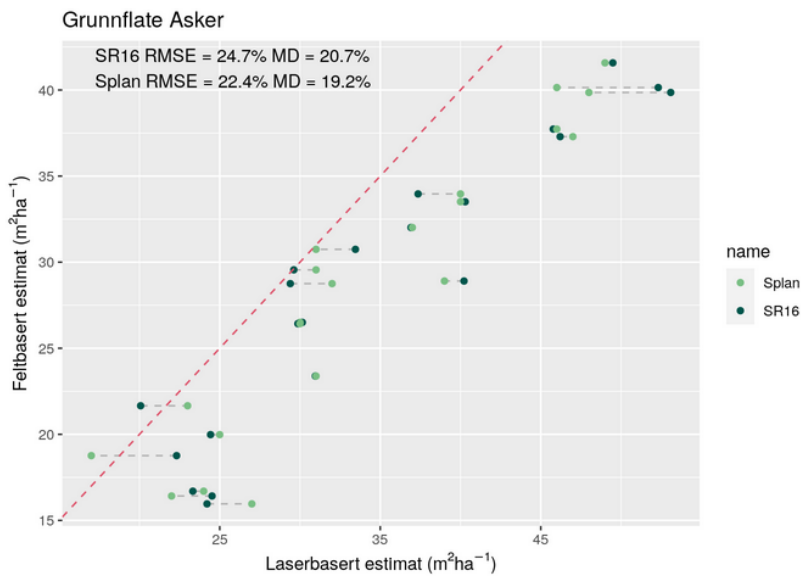
5.1.2 Sammenligning med skogbruksplan i Asker – lasertakserte bestand

En direkte sammenligning av SR16 og splan-estimer (Figur 7) viser at skogbruksplanen er litt mer nøyaktig (middelfeil 15,5%) enn SR16 (middelfeil 17,9%) for volum. I disse tallene er tre bestand som var flyfototaksert holdt utenfor og det er brukt SR16-prediksjoner for hele bestand istedenfor prediksjoner for prøveflater. Dette fører til ulike tall for RMSE og ME her sammenlignet med tallene i avsnitt 5.1.1. Også for grunnflate og treantall var middelfeil for skogbruksplanen 1%-2% lavere enn for SR16 (Figur 8, Figur 10). Middelfeilen for middelhøyde var 5% lavere for SR16 enn for skogbruksplanen (Figur 9).

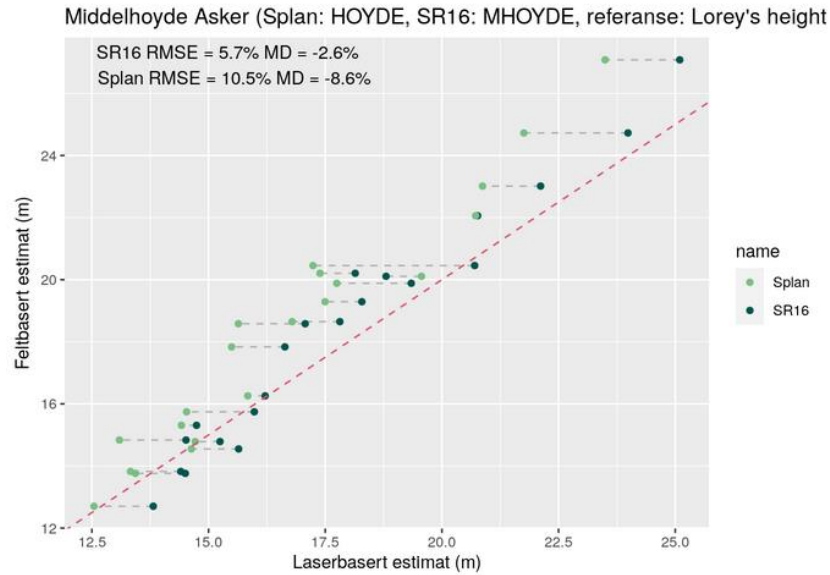
Viken Skog har brukt en annen beregningsmetodikk for volum i skogbruksplanen enn det NIBIO har benyttet for felldata og i SR16. Ved bruk av lik beregningsmetodikk kan usikkerheten i skogbruksplanen bli enda litt mindre. Et resultat av prosjektet er dermed at metoder for skogbruksplanlegging og SR16 bør harmoniseres for å muliggjøre sammenlikning. Som et første steg, har vi inkludert SQL programkoden som brukes for å beregne volum i Landsskogtakseringen i denne rapporten (se Avsnitt 8).



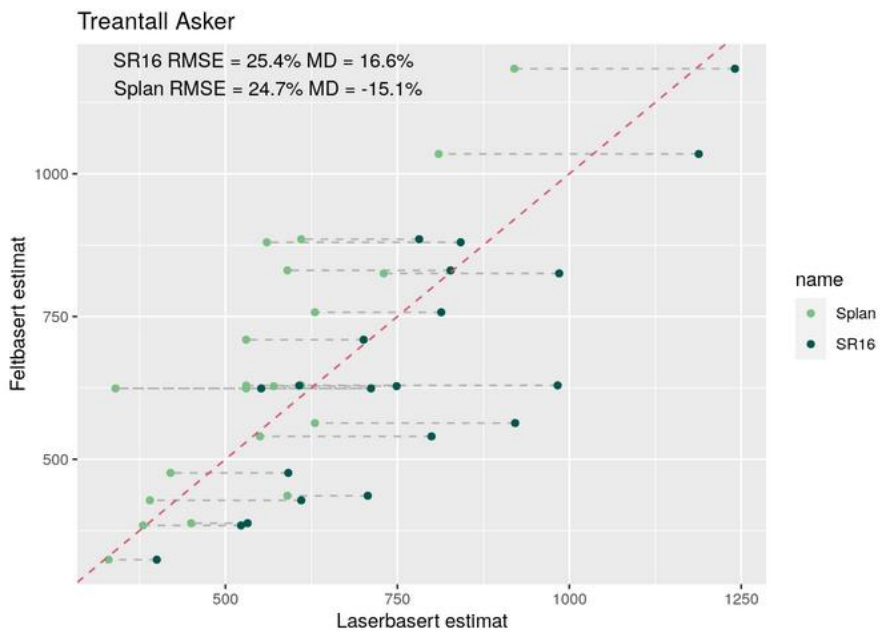
Figur 7: Feltbasert estimat av volum over laserbasert estimat fra enten SR16 eller skogbruksplan (splan). Grå horisontale linjer forbinder SR16 or splan estimat for samme bestand.



Figur 8: Feltbasert estimat av grunnflate over laserbasert estimat fra enten SR16 eller skogbruksplan (splan). Grå horisontale linjer forbinder SR16 or splan estimat for samme bestand.



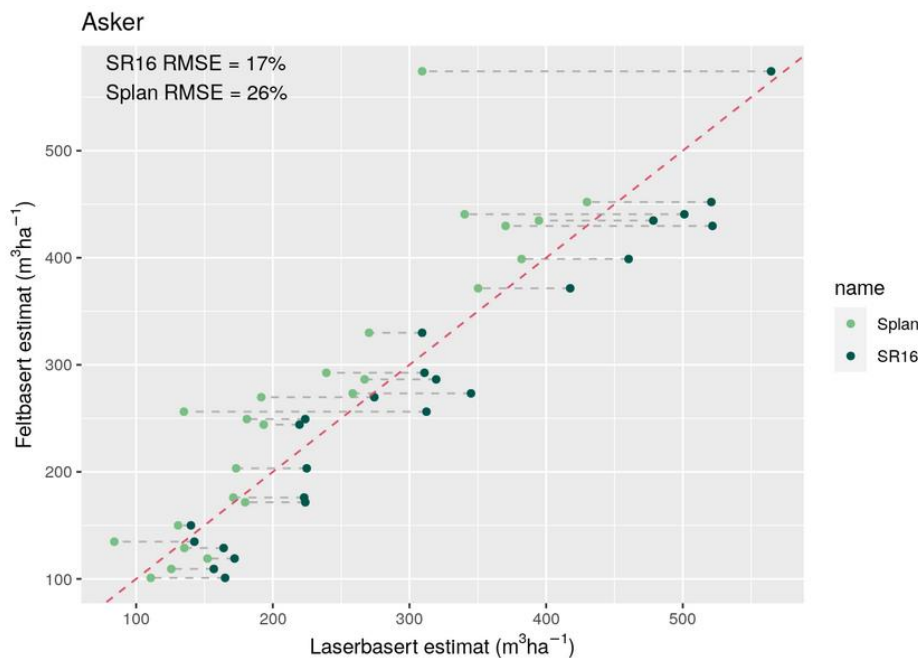
Figur 9: Feltbasert estimat av middelhøyde over laserbasert estimat fra enten SR16 eller skogbruksplan (splan). Grå horisontale linjer forbinder SR16 or splan estimat for samme bestand.



Figur 10: Feltbasert estimat av treantall over laserbasert estimat fra enten SR16 eller skogbruksplan (splan). Grå horisontale linjer forbinder SR16 or splan estimat for samme bestand.

5.1.3 Sammenligning med skogbruksplan i Asker – inkluderer fototakserte bestand

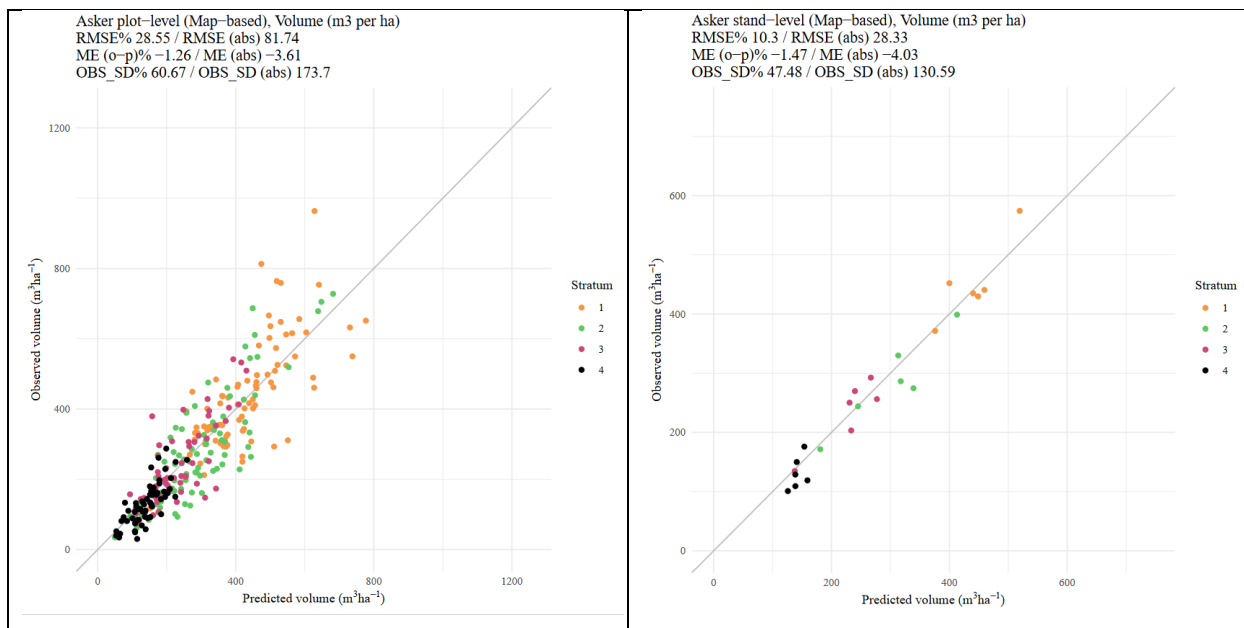
Opprinnelig var tre bestand i skogbruksplandatabasen feilaktig klassifisert som lasertaksert. Ett av de tre bestandene hadde høyest middelvolum av alle feltmålte bestand. I etterkant viste det seg at de tre bestandene var fototaksert. For disse tre bestandene var avviket mellom skogbruksplan-estimat og feltbasert estimat spesielt stort (Figur 7, Figur 11). Dette kan tyde på at fototaksering burde unngås, spesielt for bestand med høyt volum, men denne konklusjonen bør baseres på et bedre datagrunnlag.



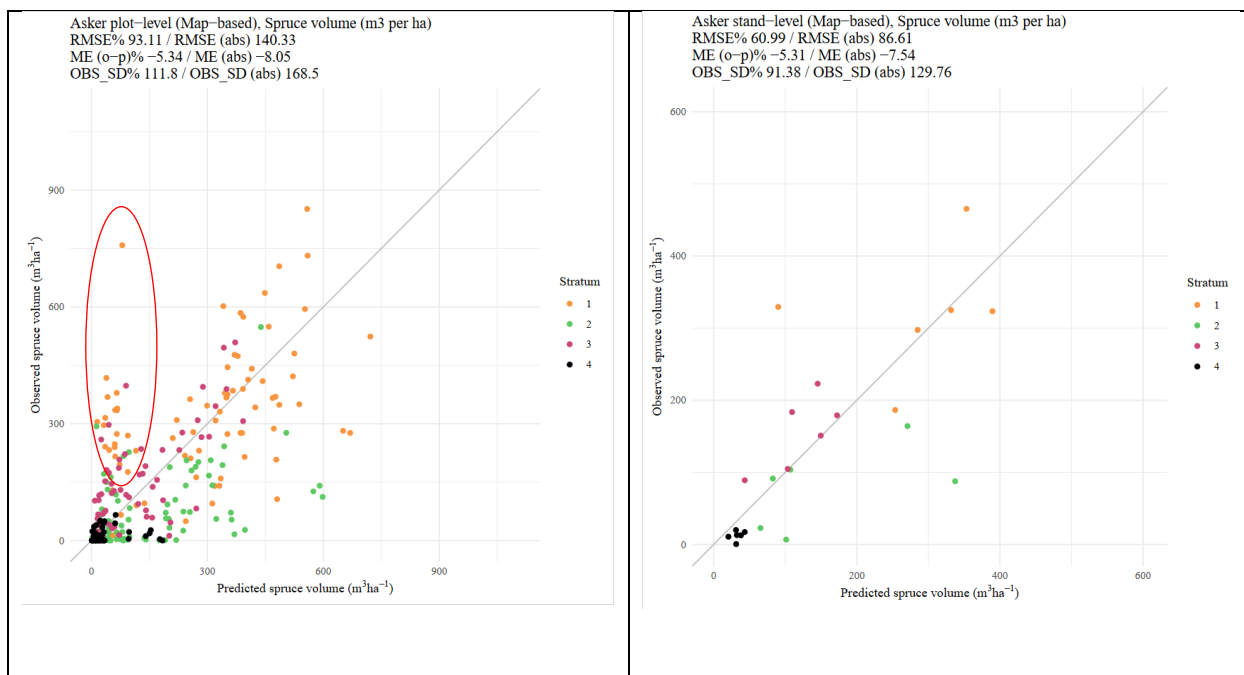
Figur 11: Feltbasert estimat av volum over laserbasert estimat fra enten SR16 eller skogbruksplan (splan). Grå horisontale linjer forbinder SR16 or splan estimat for samme bestand.

5.1.4 Resultater basert på bruk av kNN som beregningsmetode

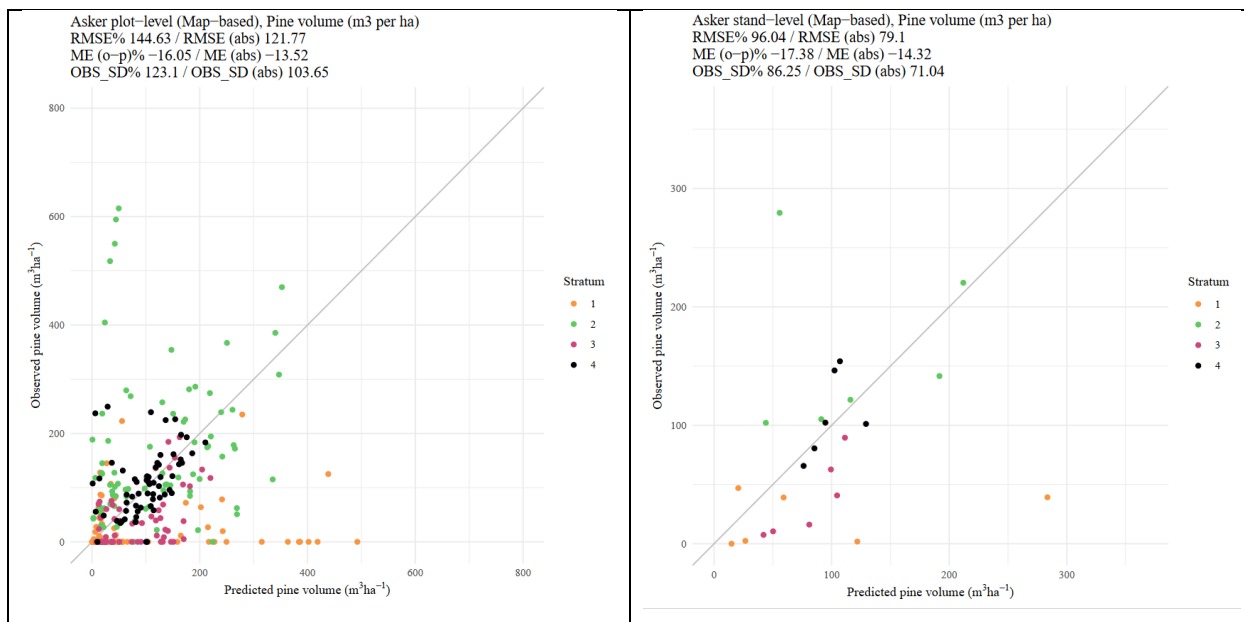
Metoden kNN er et alternativ til regresjonsmodellene som i dag brukes i beregninger av de fleste egenskaper i SR16. NIBIO har som del av utvikling og testing av SR16 reberregnet noen egenskaper med bruk av kNN, og i dette avsnittet vises noen resultater på flate- og bestandsnivå der SR16-egenskapene er beregnet med bruk av kNN. Middelfeilen for volum i Asker basert på kNN er til og med lavere enn middelfeilen basert på skogbruksplanen og nåværende SR16 (Figur 12). Metoden gir også større fleksibilitet med hensyn på hvilke egenskaper som kan predikeres, eksempelvis er det her tatt med prediksjoner av volum per treslag (Figur 13, Figur 14, Figur 15), treantall (Figur 16) og diameterfordelinger (Figur 17, Figur 18). Merk at for treslagsspesifikke prediksjoner vil nøyaktigheten påvirkes av det predikerte treslaget i SR16. Dersom treslag er feilpredikert blir også prediksjonen av treslagsspesifikke egenskaper feil. Dette er tilfellet for noen av flatene med lavt predikert volum av gran i Figur 13 (venstre side, rød ellipse).



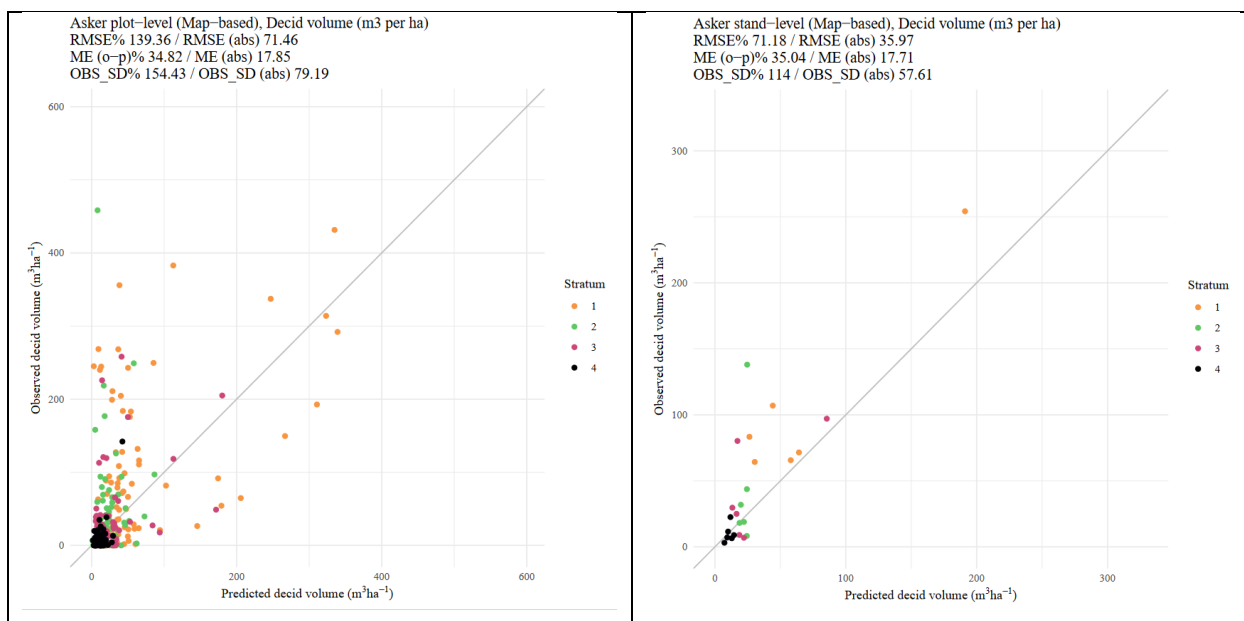
Figur 12: Totalt volum fra feltmålinger (vertikal akse) og fra SR16 der kNN er benyttet som beregningsmetode. Flatenivå (venstre) og aggregert til bestand (høyre).



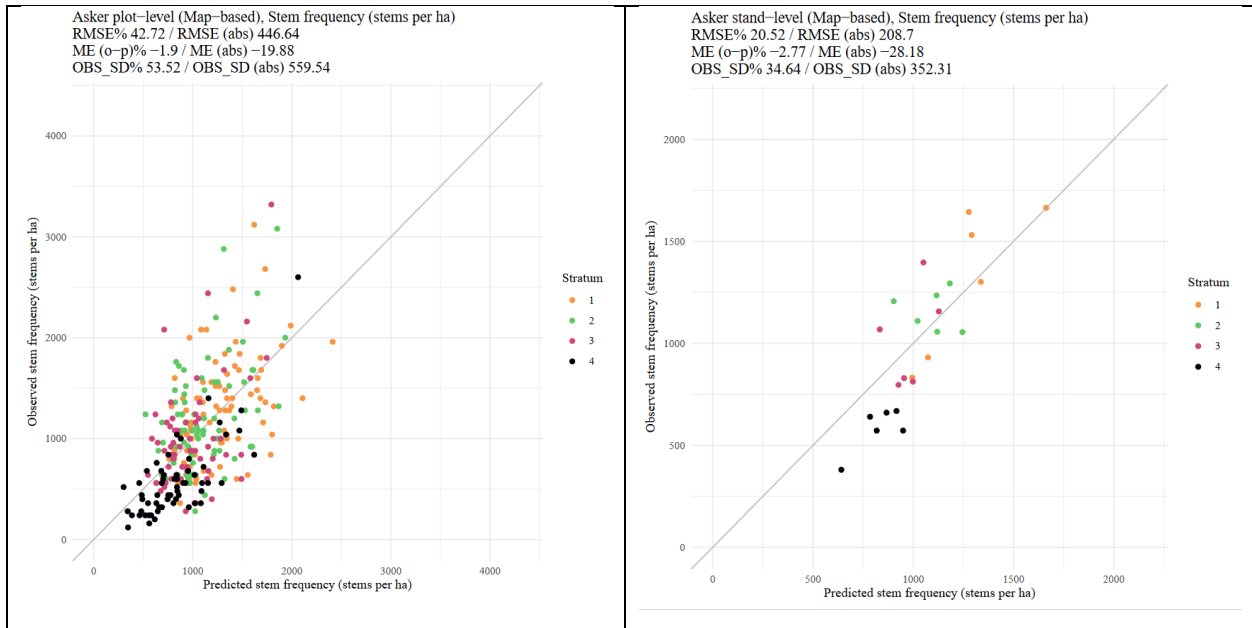
Figur 13: Volum for gran fra feltmålinger (vertikal akse) og fra SR16 der kNN er benyttet som beregningsmetode. Flatenivå (venstre) og aggregert til bestand (høyre). En rød ellipse markerer en feil pga. feil i predikert treslag.



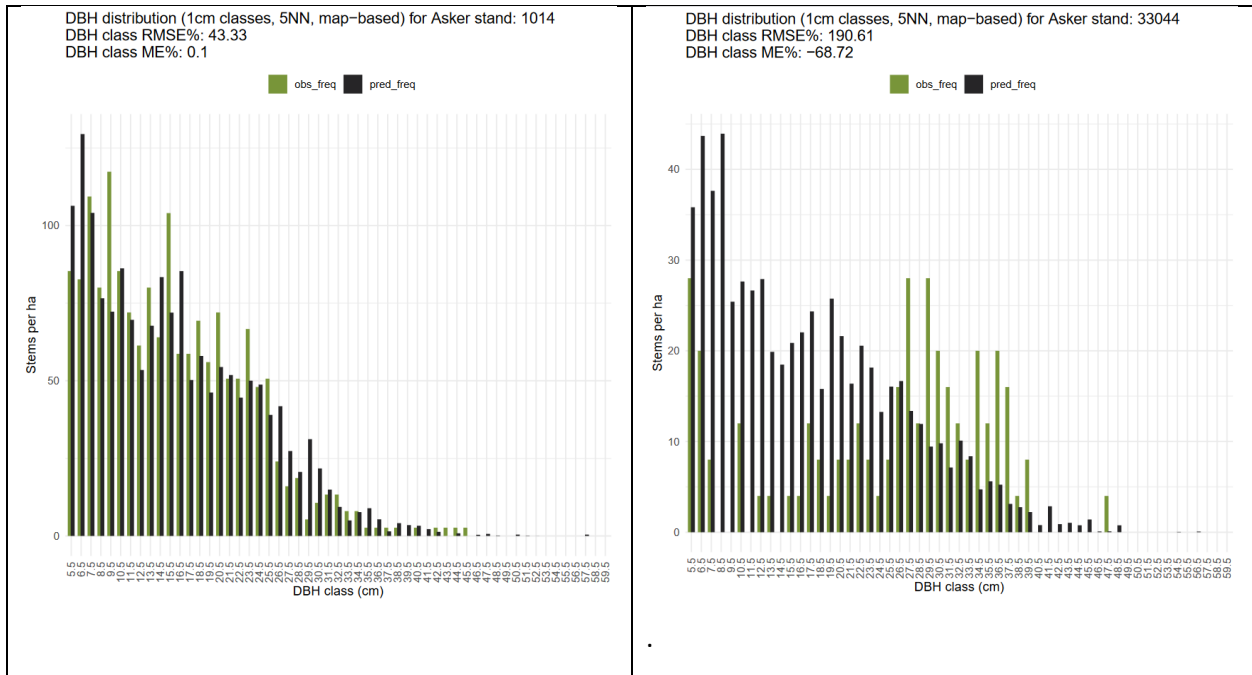
Figur 14: Volum for furu fra feltmålinger (på vertikal akse) og fra SR16 der kNN er benyttet som beregningsmetode. Flatenivå (venstre) og aggregert til bestand (høyre).



Figur 15: Volum for lauv fra feltmålinger (på vertikal akse) og fra SR16 der kNN er benyttet som beregningsmetode. Flatenivå (venstre) og aggregert til bestand (høyre).

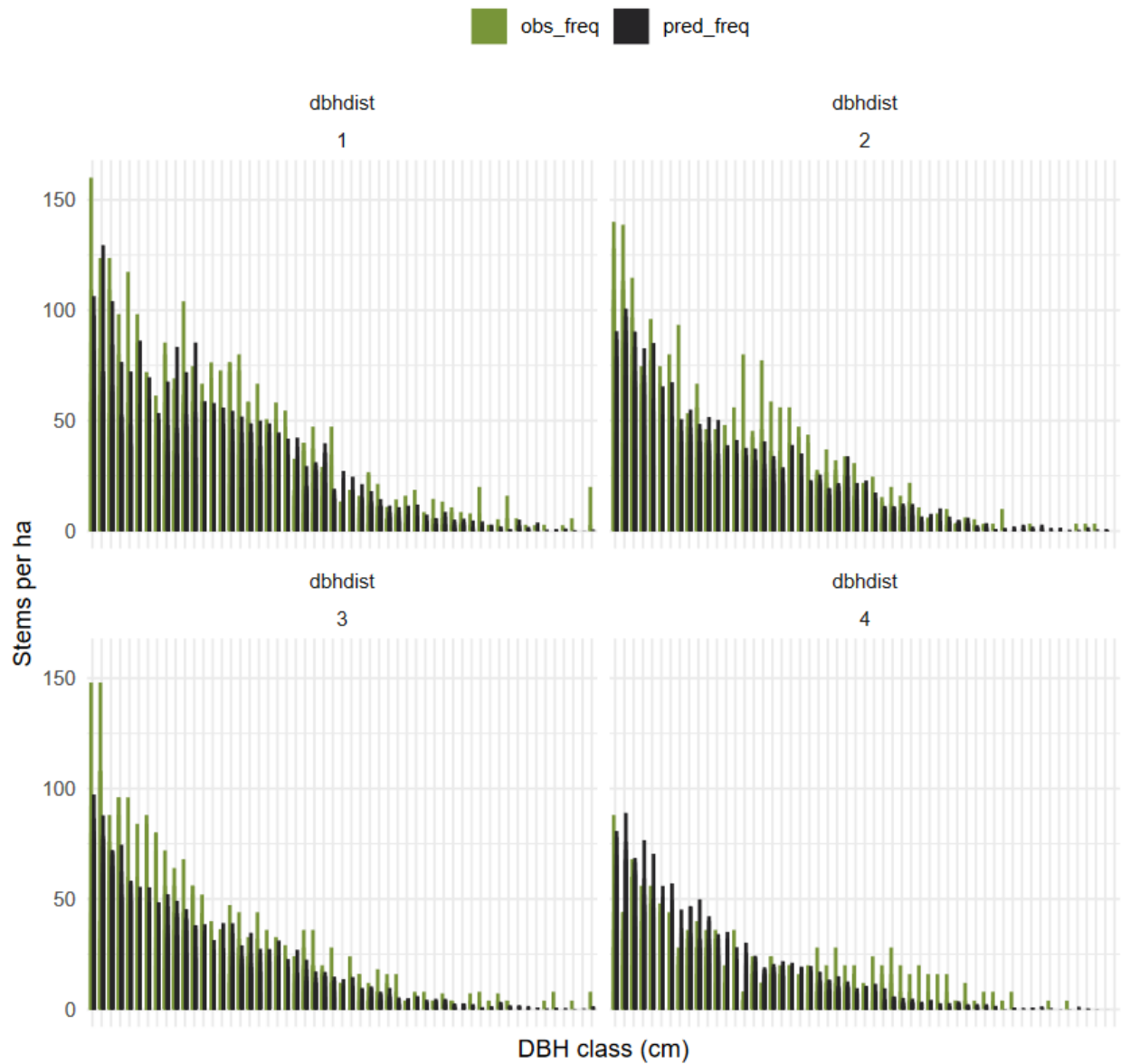


Figur 16: Treantall fra feltmålinger (på vertikal akse) og fra SR16 der kNN er benyttet som beregningsmetode. Flatenivå (venstre) og aggregert til bestand (høyre).



Figur 17: Diameterfordeling for to eksempelbestand med god (venstre) og dårlig (høyre) prediksjon: Treantall fordelt på diameterklasser for feltmålinger (grønn) og SR16 (sort) der kNN er benyttet som beregningsmetode. Eksempel fra to bestand: et med godt samsvar mellom observert og predikert diameterfordeling (venstre) og et eksempel der det er dårlig samsvar (høyre).

DBH distribution (1cm classes, 5NN, map-based) for Asker stands by stratum

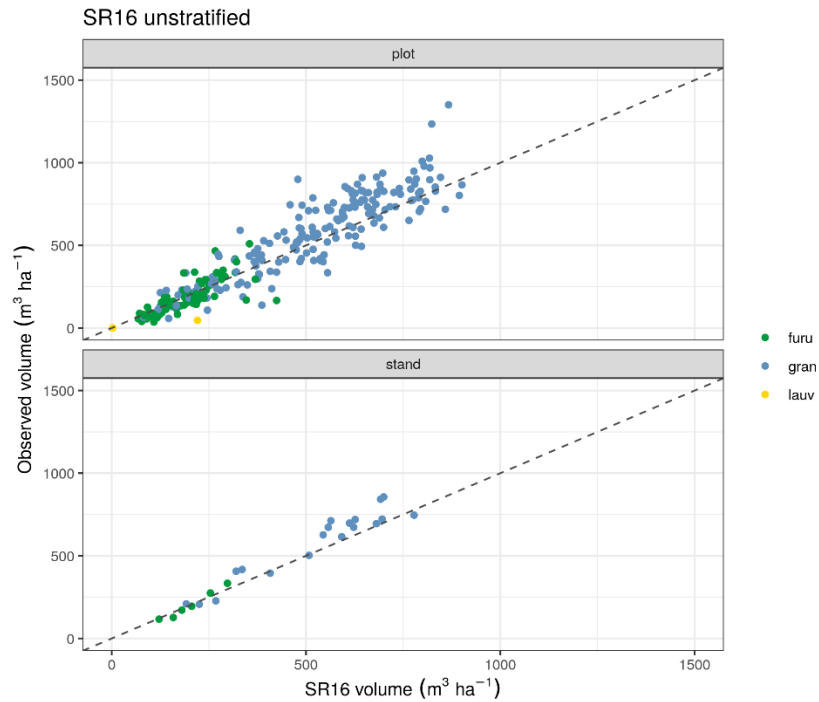


Figur 18: Diameterfordeling summert over alle bestand per stratum (1-4) for feltmålinger (grønn) og SR16 (sort) der kNN er brukt som beregningsmetode.

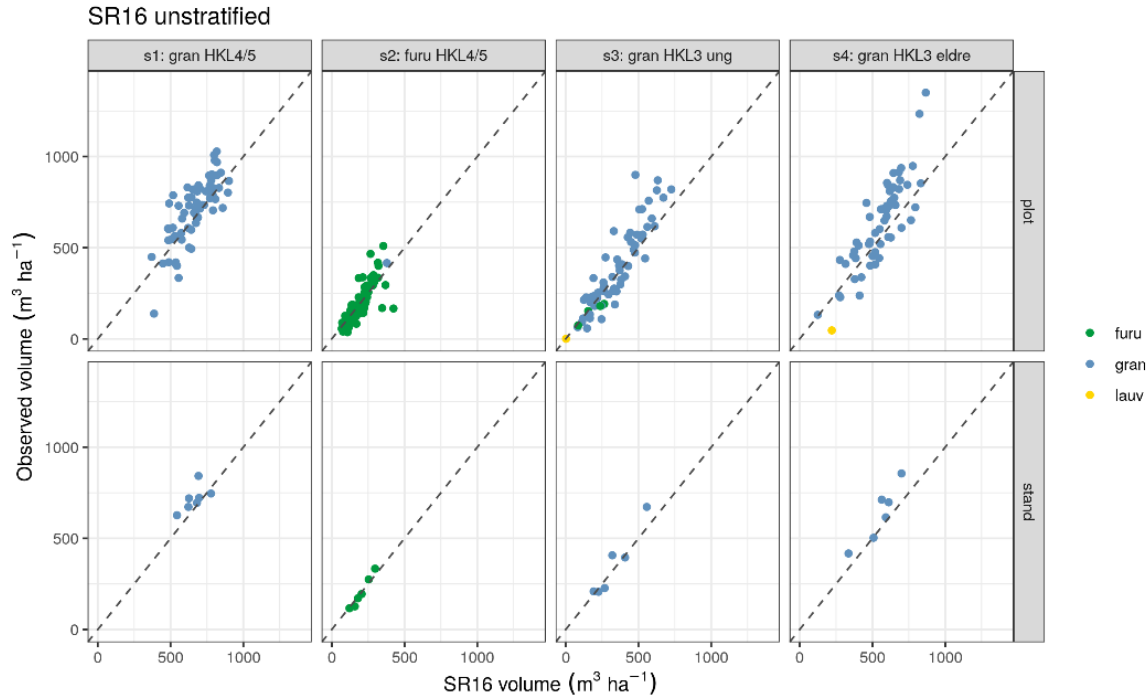
5.2 Alver kommune

5.2.1 Sammenligning av SR16 med feltflater

Middelfeilen i SR16 for volum i Alver lignet den i Asker men i motsetning til Asker var SR16 volum i tendens litt lavere enn feltmålingene i Alver (Figur 19, Figur 20, Tabell 3). Denne underestimeringen var spesielt synlig i skog med veldig høyt volum.



Figur 19: Sammenligning av volum fra feltmålinger og SR16 i Alver

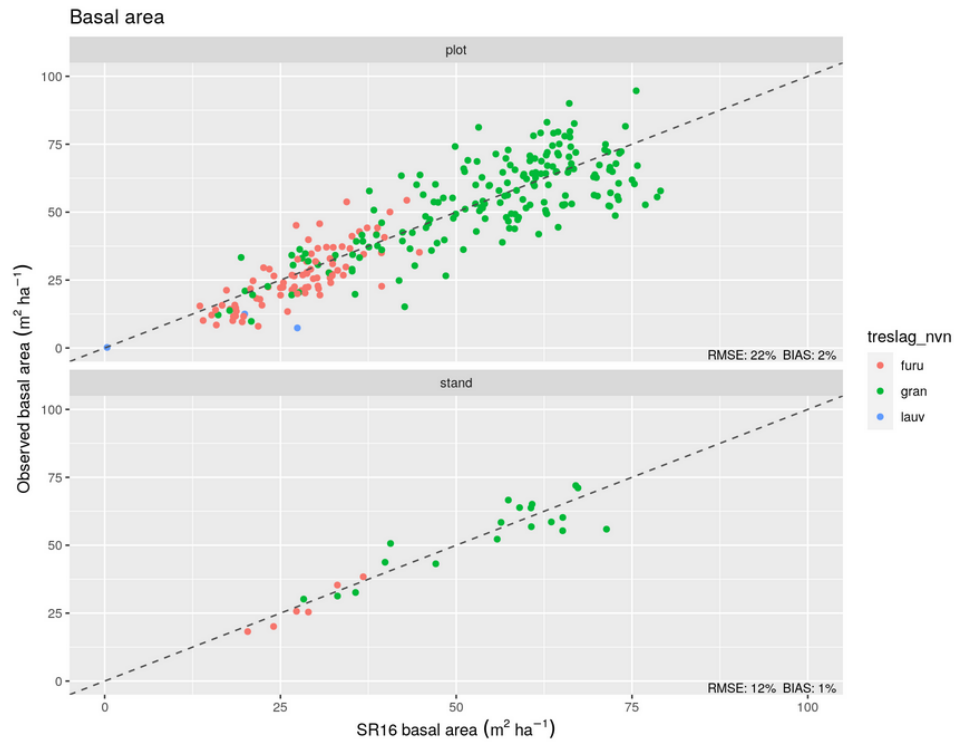


Figur 20: Sammenligning av volum fra feltmålinger og SR16 per stratum i Alver

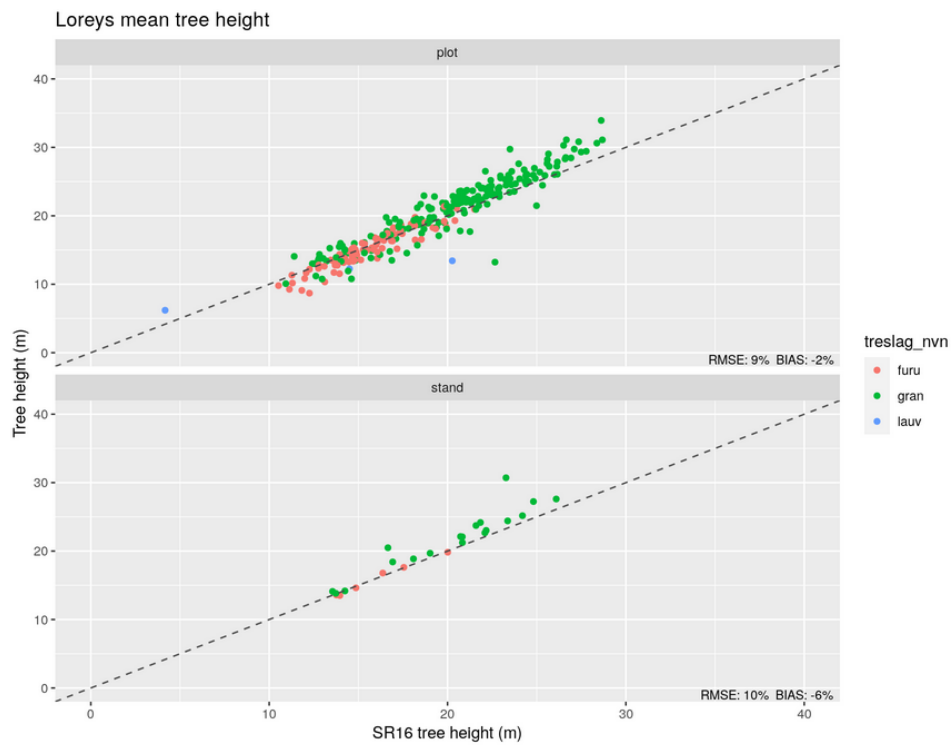
Tabell 3: SR16 ustratifisert Alver

Stratum	Nivå	RMSE (m ³ /ha)	RMSE (%)	ME (m ³ /ha)	ME (%)
s1: gran HKL4/5	flate	117	17	-40	-6
s2: furu HKL4/5	flate	63	32	2	1
s3: gran HKL3 ung	flate	104	28	-33	-9
s4: gran HKL3 eldre	flate	156	25	-81	-13
total	flate	110	24	-34	-8
s1: gran HKL4/5	bestand	78	11	-55	-8
s2: furu HKL4/5	bestand	22	11	0	0
s3: gran HKL3 ung	bestand	62	18	-25	-7
s4: gran HKL3 eldre	bestand	101	16	-82	-13
Total	bestand	72	15	-41	-8

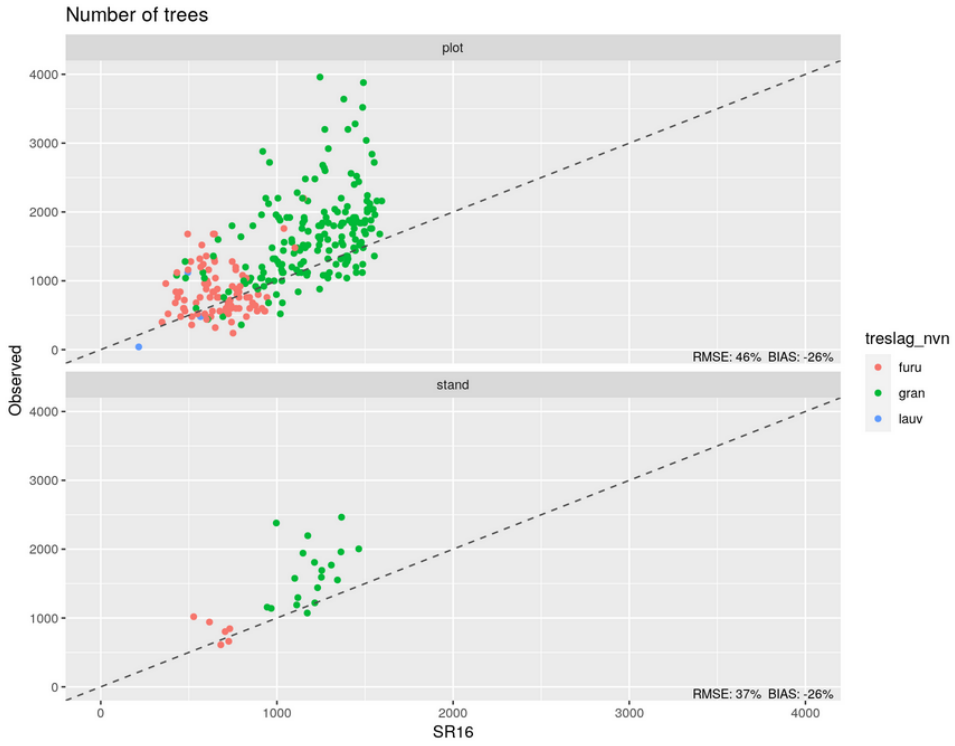
Mens det var nesten ingen systematiske feil i grunnflate (Figur 21), var det en tendens til underestimering for middelhøyde (Figur 22). Underestimeringen var enda mer tydelig for treantall (Figur 23, Figur 24). I Alver målte vi noen flater med volum større enn 1200 m³/ha som er svært sjeldent i Norge. Volum større enn 1100 m³/ha forekommer for eksempel ikke på Landsskogtakseringens feltflater. Det vil derfor være en tendens i SR16 til å underestimere volum i slik skog. Lignende er det for skog med veldig høye treantall. I Alver forekom det treantall opp mot 4000 trær per ha i yngre hogstklasse III. Det største treantall SR16 predikerer er 2000 trær per ha.



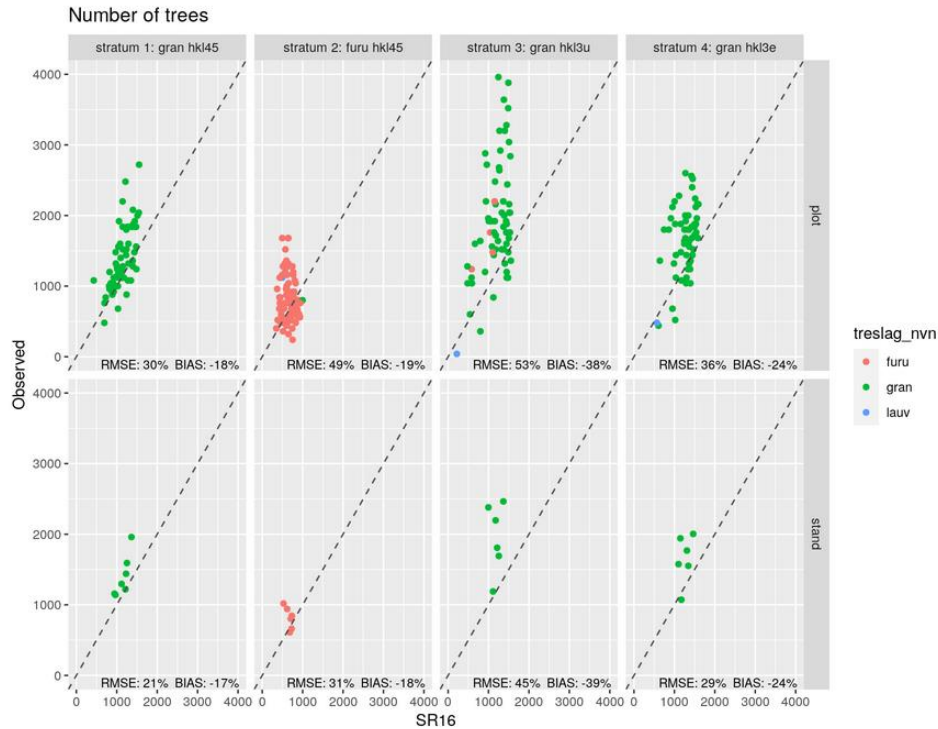
Figur 21: Sammenligning av grunnflate fra feltmålinger og SR16 ustratifisert i Alver



Figur 22: Sammenligning av middelhøyde fra feltmålinger og SR16 ustratifisert i Alver



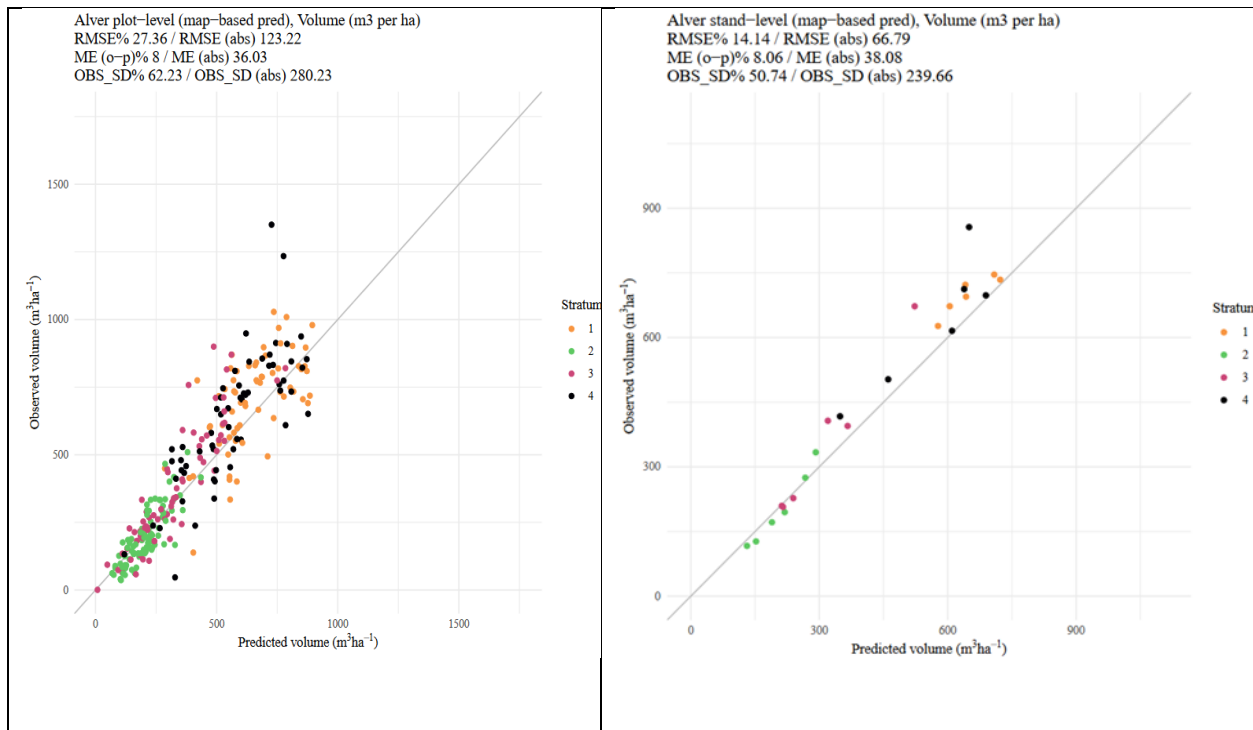
Figur 23: Sammenligning av treantall fra feltmålinger og SR16 ustratifisert i Alver



Figur 24: Sammenligning av treantall fra feltmålinger og SR16 ustratifisert i Alver per stratum. spesielt i stratum 3, som ifølge gammel skogbruksplan er gran HKL 3 yngre, finnes det skog med svært høy treantall.

5.2.2 Resultater basert på bruk av kNN som beregningsmetode

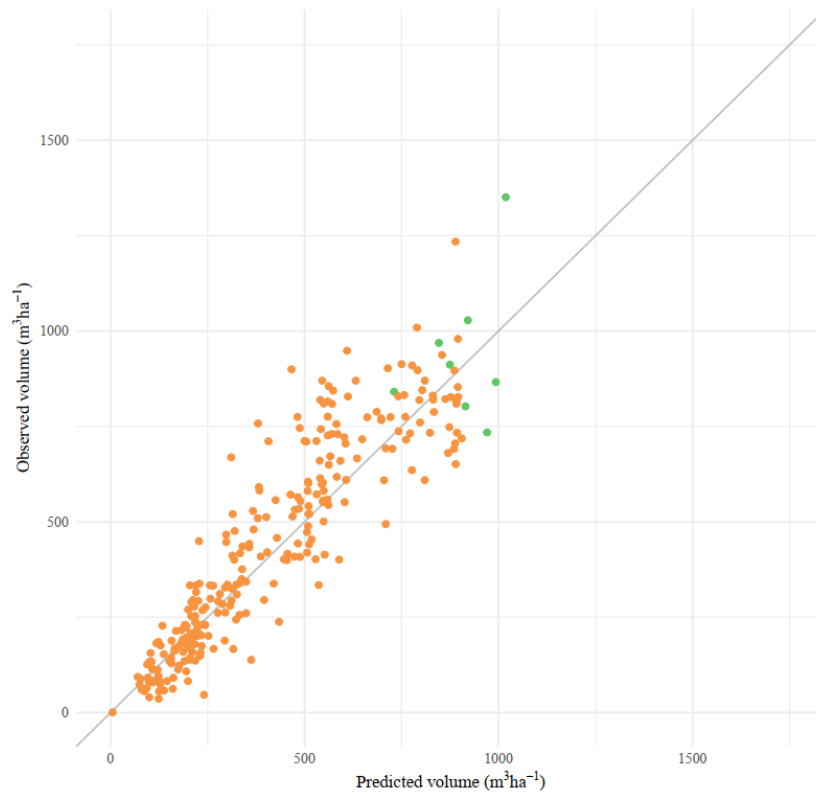
Også i Alver var resultater basert på kNN gode (Figur 25).



Figur 25: Totalt volum fra feltmålinger på kontrollflater i Alver (vertikal akse) og fra SR16 der kNN er benyttet som beregningsmetode. Flatenivå (venstre) og aggregert til bestand (høyre).

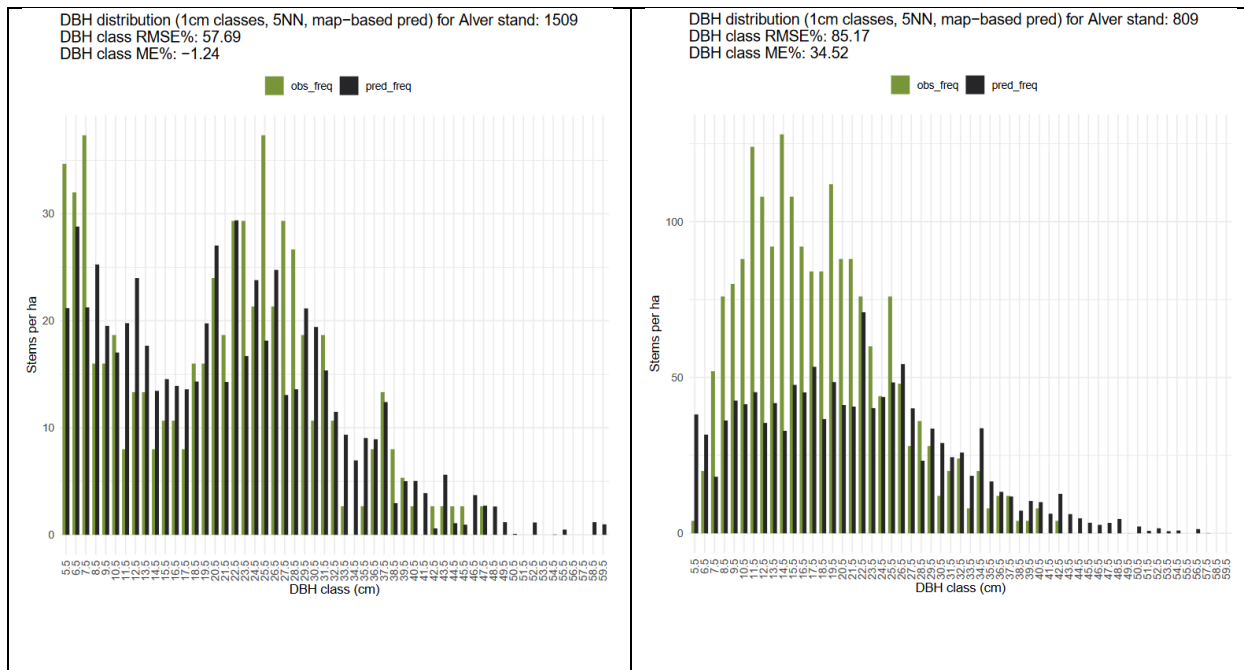
En utfordring med bruk av kNN som metode er at egenskapsverdier større enn de som finnes i modelldatasetet ikke kan predikeres. Dette vil føre til underprediksjon av for eksempel volum i bestand med faktisk volum større enn det største volumet målt på Landsskogtakseringens flater. En mulig løsning ble testet ut: Underestimering av flater med mye volum kan reduseres ved bruk av en regresjonsmodell istedenfor kNN når distansen til de nærmeste naboene blir for stor. Grønne punkter i Figur 26 indikerer flater der regresjonsmodellen ble brukt.

Alver plot-level (direct plot pred), adaptive knn
(regression with ABON \geq 23 plots), Volume (m3 per ha)
RMSE% 26.26 / RMSE (abs) 118.27
ME (o-p)% 5.91 / ME (abs) 26.6
OBS_SD% 62.23 / OBS_SD (abs) 280.23



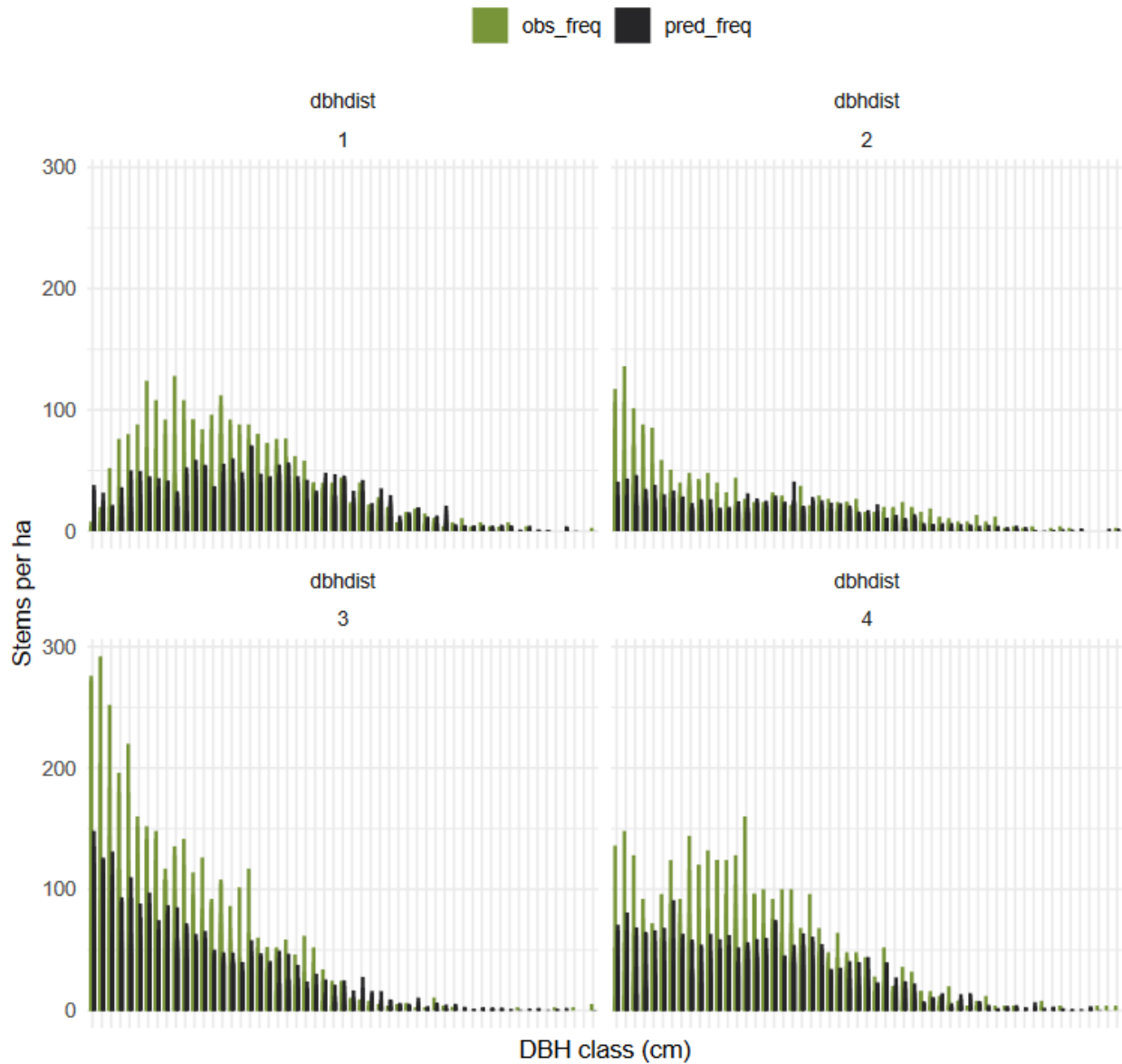
Figur 26: Eksempel for ekstrapolasjon av egenskaper med regresjonsmodeller (grønne punkter) der kNN ikke kan anvendes.

Resultater for estimering av diameterfordelinger i Alver vises i Figur 27 og Figur 28.



Figur 27: Fordeling på diameterklasser fra feltmålinger (grønn) og fra SR16 der kNN er benyttet som beregningsmetode (svart). Eksempel fra to bestand: et med godt samsvar mellom observert og predikert diameterfordeling (venstre) og et eksempel der det er dårlig samsvar (høyre).

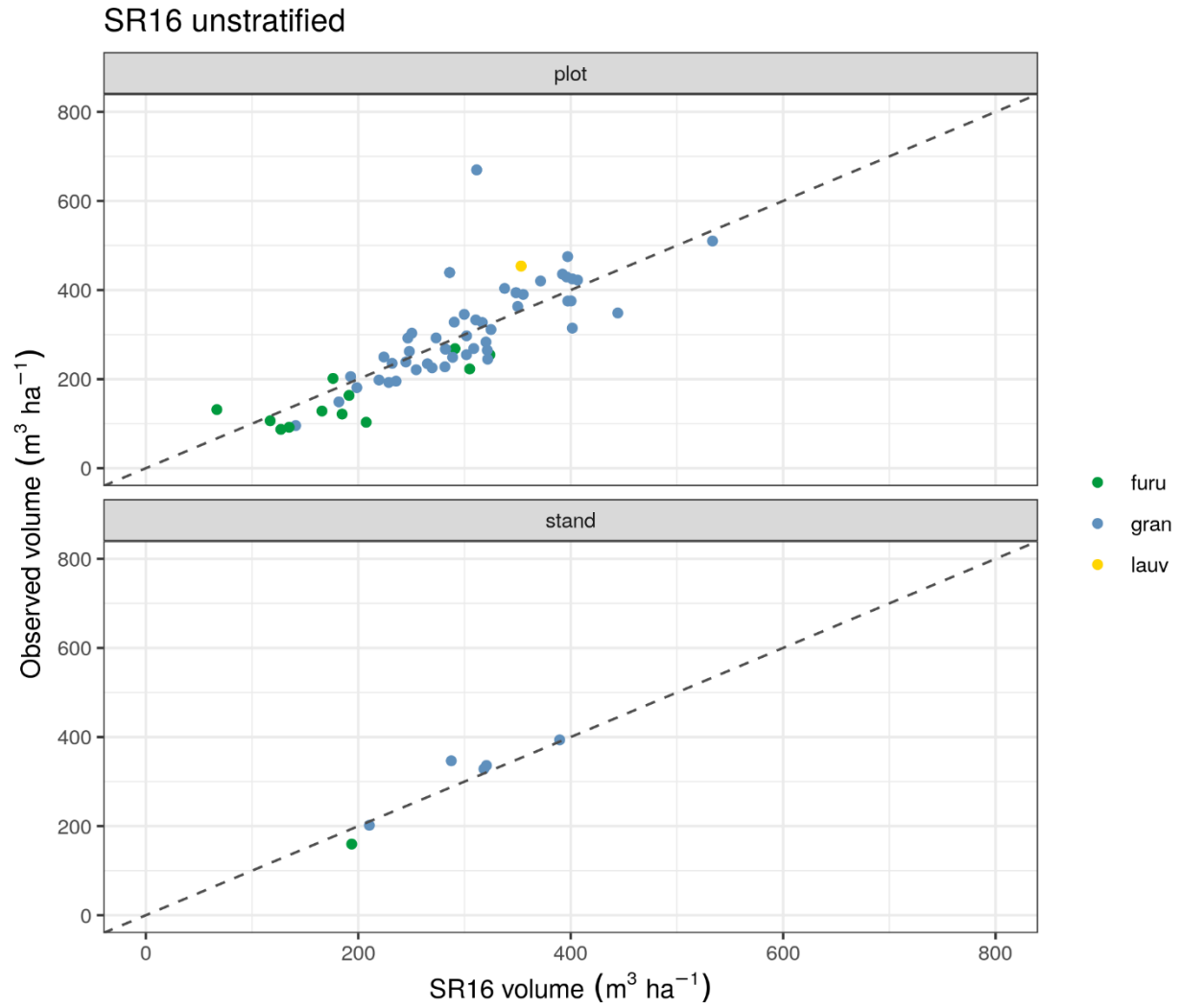
DBH distribution (1cm classes, 5NN, map-based pred) for Alver stands by stratum



Figur 28: Diameterfordeling summert over alle bestand per stratum (1-4). Fra feltmålinger (grønn) og fra SR16 der kNN er brukt som beregningsmetode.

5.3 Elverum / Våler

I Elverum/Våler ble bare SR16 volum undersøkt. Middelfeilen var med 10% lavere enn i Asker og Alver (Figur 29, Tabell 4).



Figur 29: Sammenligning av volum fra feltmålinger og SR16 per stratum i Elverum / Våler

Tabell 4: SR16 ustratifisert Elverum / Våler

Stratum	Nivå	RMSE (m ³ /ha)	RMSE (%)	ME (m ³ /ha)	ME (%)
total	flate	82	28	-9	-3
total	bestand	29	10	-8	-3

6 Bruk av SR16 i skogbruksplanlegging - Diskusjon

Prosjektet har hatt en referansegruppe bestående av representanter for takstinstitusjonene og de store skogbruksaktørene. Referansegruppa har bestått av Kjetil Vinje (AT Skog), Heidrun Miller (Allskog), Svein Dypsund (Viken Skog), Geir Korsvold (Glommen Mjøsen Skog), Kjell Anders Vikan (Statskog) og Even Bergseng (NORSKOG). Gruppa har utvekslet tanker om prosjektet og resultatene gjennom møter og diskusjoner per epost.

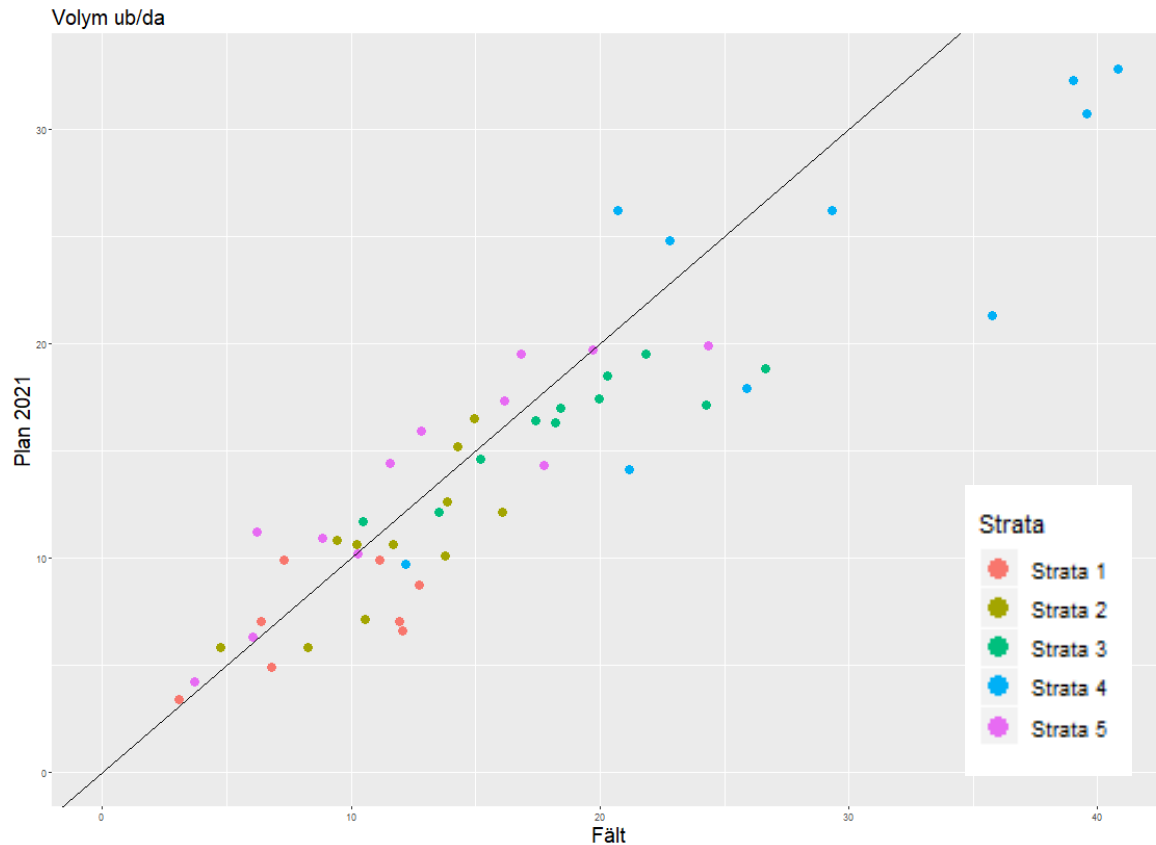
En skogbrukstakst består av flere elementer og skogvariable. Volum er en av de mest interessante variablene, men er ikke tilstrekkelig for å vurdere relevante tiltak for et bestand. Prosjektet har evaluert presisjonen i SR16. Flere variable er undersøkt, men hovedfokus har vært på volum. Resultatene for Asker viser at presisjonen i SR16 er god for volum, men marginalt dårligere enn for skogbruksplanen. Ved sammenlikning med feltobservasjoner synes SR16 å være noe mer presis i grandominert skog enn i furu- og lauvdominert skog. For prediksjon av grunnflate er resultatene omtrent som for volum. Middel høyde er generelt en variabel som kan predikeres presist og ved prediksjon av middel høyde er SR16 noe mer presis enn SPLAN. For treantall er prediksjonen dårlig, men bare marginalt dårligere enn SPLAN. Det er imidlertid stor variasjon når man vurderer enkeltbestand. En generell konklusjon er at presisjonen i prediksjon av volum er relativt god.

Dette er ikke nok for at SR16 skal kunne tas i bruk som operativt verktøy og erstatte tradisjonelle skogbruksplaner. Det synes som at SR16 som erstatning for et tradisjonelt takstopplegg er mest aktuelt for små arealer der fullt utlegg av prøveflater blir for kostbart. Dette kan gjelde for eksempel enkelttakster på middels til store eiendommer som skal takseres utenom områdetakst. For at SR16 skal kunne erstatte en tradisjonell skogtakst er det også nødvendig å utvikle gode prediksjoner for flere variabler. Det er også nødvendig med konsistens mellom variablene.

I betaversjonen av SR16 ligger det en rekke variable. På sikt kan presisjonen i disse variablene bli god nok til at SR16 inneholder et fullverdig datasett for skogforvaltning. Alder gir grunnlag for beregning av bonitet og hogstklasse og er en viktig variabel i skogforvaltning. Alder finnes bare som beta-versjon i SR16. Bedre presisjon i prediksjon av treantall og diameterfordelinger er nødvendig både for tradisjonelle takstopplegg og for SR16. Treantall er en viktig variabel i framskriving av skogdata. Diameterfordelinger er meget interessant og viktig ved vurdering av hogstform, og således en type informasjon det er interessant å produsere.

Det er noe usikkerhet blant brukerne knyttet til videre utvikling av SR16. Dersom det ikke gjøres nye laseropptak i et område kan oppdatert informasjon baseres på bildematching. Det er mulig å retaksere med forskjellige kombinasjoner av gamle laserdata og nye prøveflater (<https://doi.org/10.14214/sf.10695>).

NORSKOG har benyttet SR16 som grunnlag for taksering av enkelteiendommer. I disse prosjektene ble det utført en lokal prøveflatetakst som benyttes for å lage korreksjonsfaktorer for relevante variable i SR16. Treslag og høyde ble benyttet som stratifiseringsvariable og det ble beregnet volum per dekar, grunnflateveid middel høyde og diameter, grunnflate og treantall. Det ble laget korreksjonsaktorer for volum, høyde og grunnflate. Generelt var gran noe underpredikert, mens furu var overpredikert (Figur 30). Erfaringene med dette opplegget er så langt gode.



Figur 30. Sammenligning av volum fra feltmålinger og SR16 i Namdal. Feltmålte verdier på horisontal akse og SR16 på vertikal akse. Farge angir stratum (1 = gran høyde 8-11m, 2 = gran høyde 11-13m, 3 = gran høyde 13-16m, 4 = gran høyde >16m, 5 = furu høyde >8m).

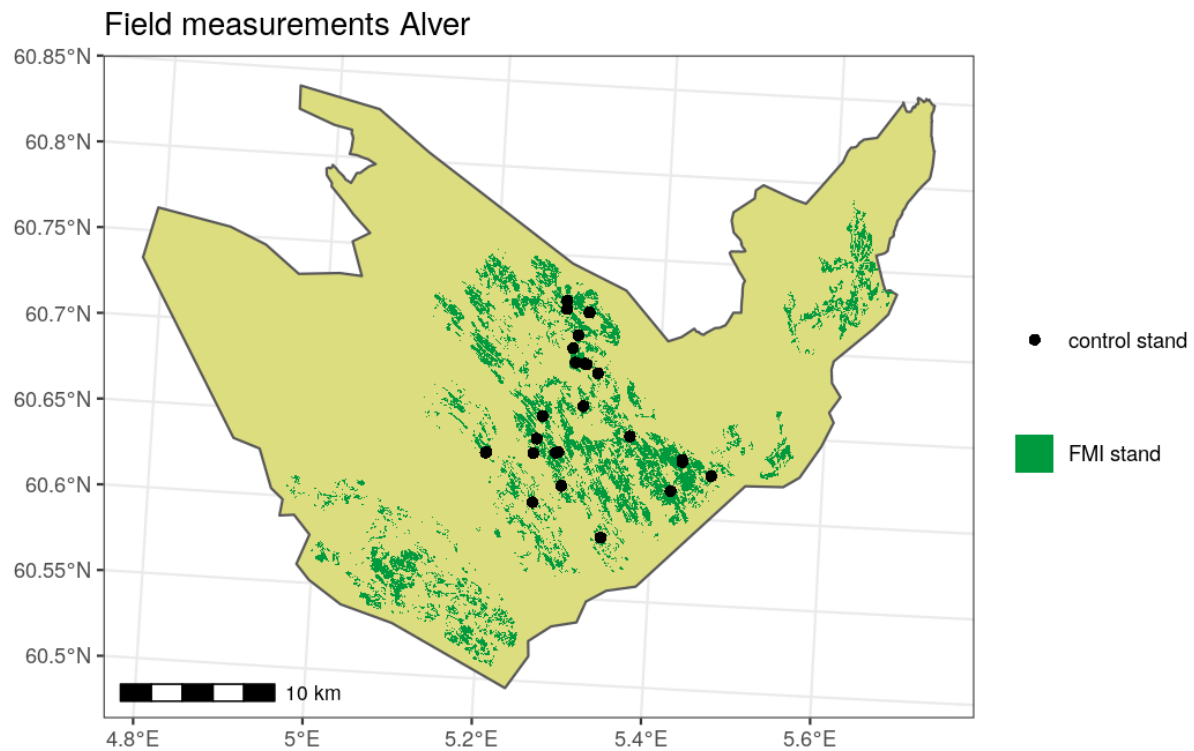
Skogtaksering er i rask utvikling og kapasitet til å samle inn og håndtere store datamengder kan gi nye muligheter i framtida. Dette gjelder både nye metoder for å utnytte eksisterende data og kobling av forskjellige typer informasjon som tidligere ikke har vært mulig å utnytte. Et eksempel kan være data fra hogstmaskinen om skogen som hogges. Det er sannsynlig at skogtaksering i framtiden vil kombinere forskjellige kilder til og typer informasjon. I en slik kontekst blir det viktig å utvikle de egenskapene ved et produkt som er gode heller enn å utvikle flere eller nye egenskaper.

7 Vedlegg 1: Feltnmålinger

Alver: 278 flater i 25 bestand (7 bestand i stratum 1, 6 bestand i andre strata). Målingene ble gjennomført i juli-august 2020.

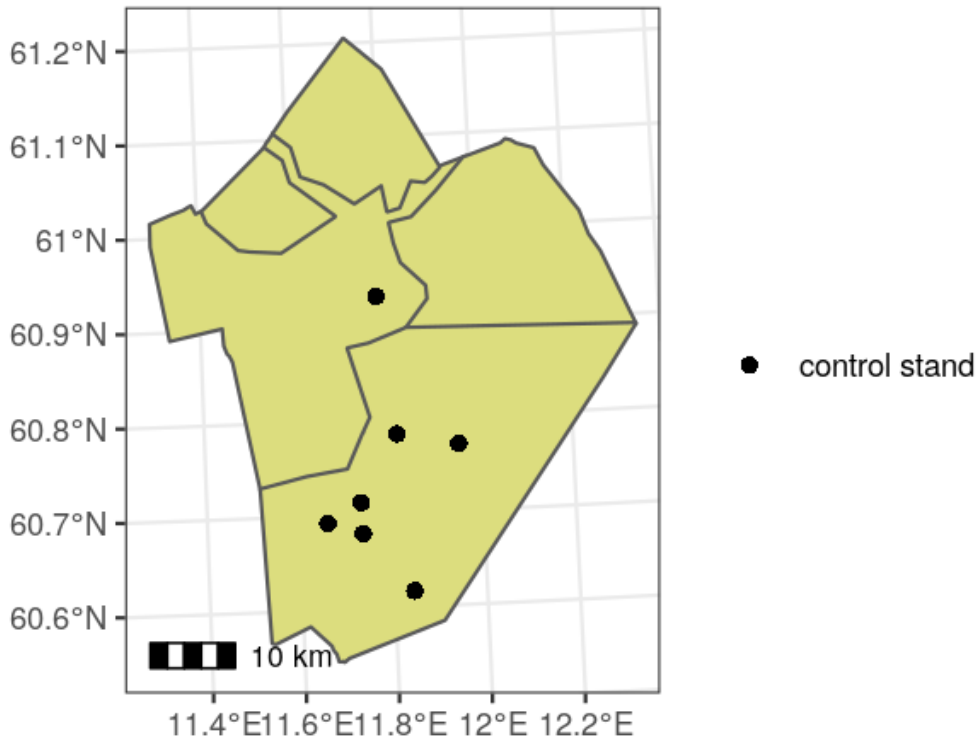
Asker: 284 flater i 24 bestand (6 bestand per stratum). Målingene ble gjennomført i september-oktober 2020.

Elverum / Våler: 66 flater i 6 bestand i stratum gran Hkl 4+5. Målingene ble gjennomført i 2018.



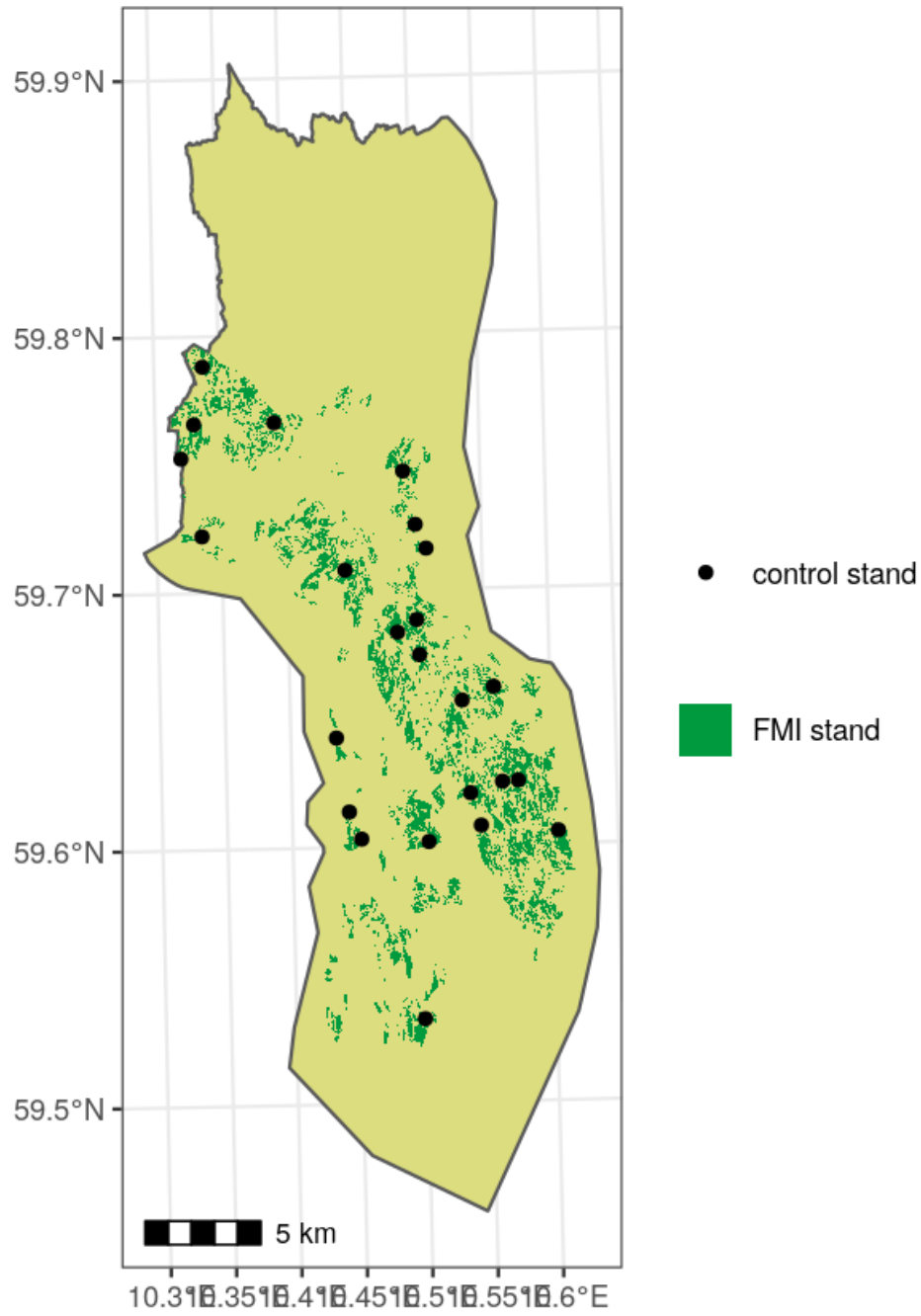
Figur 31: Kart over kontrollflater i Alver kommune

Field measurements Elverum/Våler



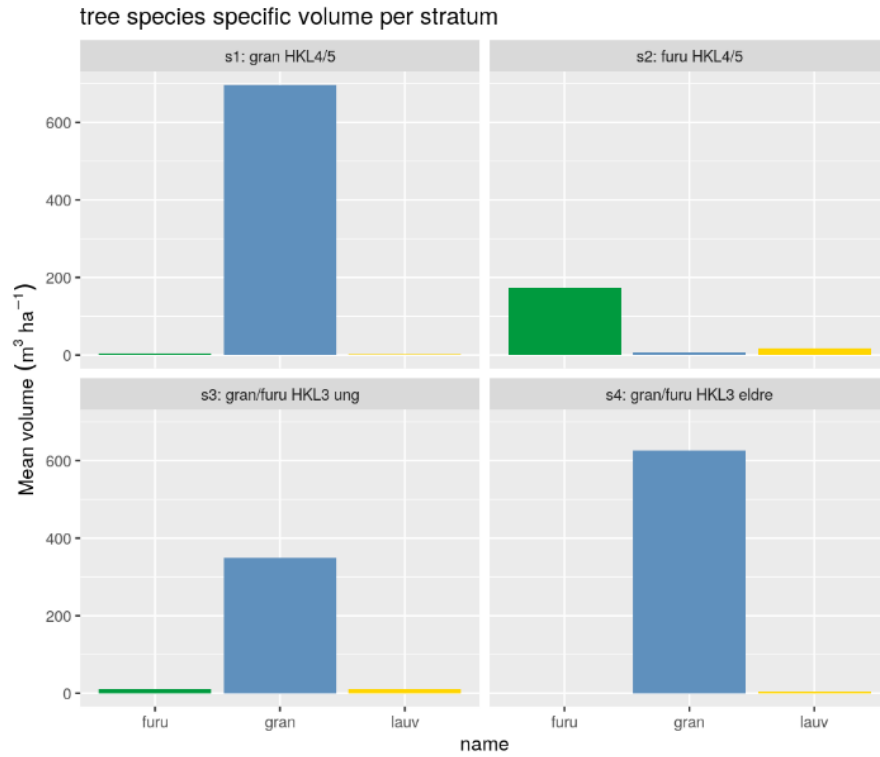
Figur 32: Kart over kontrollflater i Elverum / Våler

Control stands Asker

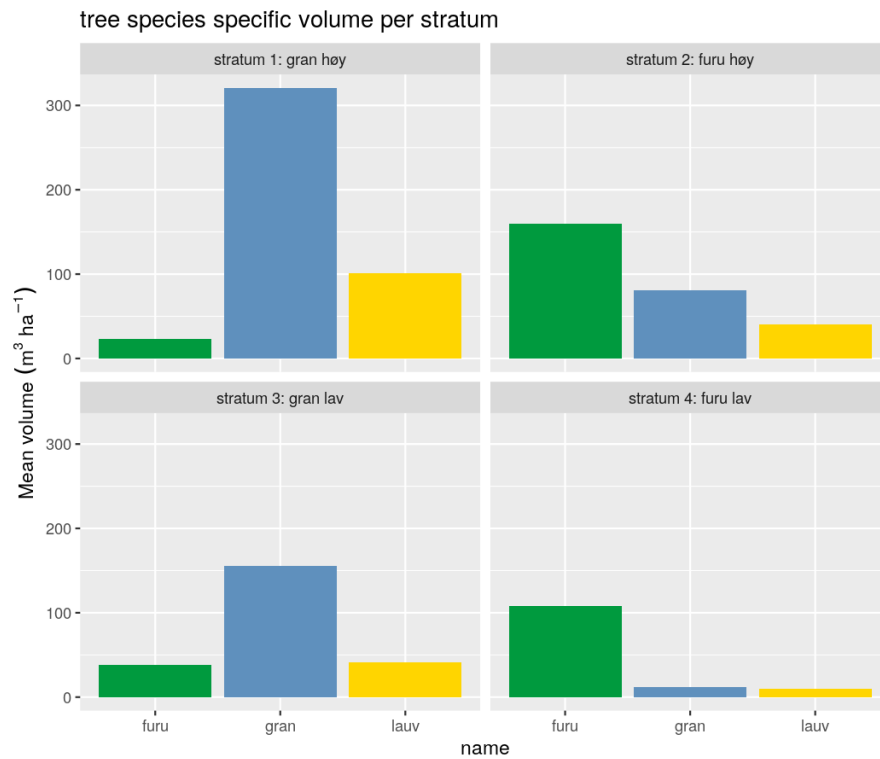


Figur 33: Kart over kontrollflater i Asker kommune

Alver



Asker



Figur 34: Volumfordeling per treslag og stratum

8 Vedlegg 2: SQL kode for volumberegning i Landsskogtakseringen

```
--*****
--***** Funksjon for granvolum med og uten bark **** Vestjordet *****
--*****

function GranVol (dbh number, f_dbh number, trh number, bark char, enhet char) return NUMBER is
--enhet : l = liter (volumberegning) c=centiliter (tilvekst)
-- Ved tilvekstberegning (differanse) er viktig å bruke den samme funksjonen for begge
volumberegningene
-- det skaper problemer når en beregnet diameter ett år tilbake krysser funksjonsgrensa. Derfor brukes
en diameter (f_dbh) til å velge funksjon og en (dbh) til å beregne volum

vol number(9,3) := 0;
dmb number(5,3);
dub number(5,3);
f_dmb number(3,1); --Diameter for å gå inn i riktig funksjon ved tilvekstberegning
f_dub number(3,1);
h number(6,3);
begin
dmb := dbh/10;
f_dmb := f_dbh/10;
h := trh/10;
if bark = 'ub' then
-- Byttet barkfunksjon
-- Vestjordet dub:=dmb - ((-0.34+(0.831648*dmb)-(0.002832*power(dmb,2))-
(0.010112*power(h,2)))/10);
-- f_dub:=f_dmb - ((-0.34+(0.831648*f_dmb)-(0.002832*power(f_dmb,2))-
(0.010112*power(h,2)))/10);
-- Gobakken 09-2006
dub:= dmb - ((1.07745 + 0.88992 * dmb - 0.00327 * dmb * dmb - 0.01346 * h * h + 0.03278 * dmb *
dmb / (h * h))/10);
f_dub:=f_dmb - ((1.07745 + 0.88992 * f_dmb - 0.00327 * f_dmb * f_dmb - 0.01346 * h * h + 0.03278 *
f_dmb * f_dmb / (h * h))/10);
end if;
```

```

--***** Med bark*****
if bark = 'mb' then
if f_dmb < 10.1 then
  vol := 0.52 + (0.02403*power(dmb,2)*h) + (0.01463*dmb*power(h,2)) - (0.10983*power(h,2)) +
(0.15195*dmb*h);
  elseif f_dmb between 10.1 and 12.9 then
    vol := -31.57 + (0.0016*dmb*power(h,2)) +(0.0186*power(h,2)) + (0.63*dmb*h) - (2.34*h) +
(3.20*dmb);
    elseif f_dmb > 12.9 then
      vol := 10.14 + (0.01240*power(dmb,2)*h) +(0.03117*dmb*power(h,2))-(0.36381*power(h,2)) +
(0.28578*dmb*h);
    end if;
--***** Uten bark *****
elseif bark = 'ub' then
if f_dub < 10.1 then
  vol := 0.38 + (0.02524*power(dub,2)*h) + (0.01269*dub*power(h,2)) - (0.07726*power(h,2)) +
(0.111671*dub*h);
  elseif f_dub between 10.1 and 12.9 then
    vol := -27.19 + (0.0073*dub*power(h,2)) +(0.0228*power(h,2)) + (0.5667*dub*h) - (1.98*h) +
(2.75*dub);
    elseif f_dub > 12.9 then
      vol := 8.66 + (0.01218*power(dub,2)*h) +(0.02976*dub*power(h,2))-(0.31373*power(h,2)) +
(0.25452*dub*h);
    end if;
  end if;
if enhet = 'l' then
return round(vol,2);
elseif enhet = 'c' then
return round(vol*100);
end if;
end; --function GranVol
--*****

```

```

--***** Funksjon for granvolum Vestlandet med og uten bark **** Bauger (1995)
*****
__*****

function GranVolV (dbh number, trh number, bark char, enhet char) return NUMBER is
--enhet : l = liter (volumberegning) c=centiliter (tilvekst)

vol number(9,3) := 0;
dmb number(5,3);
dub number(5,3);
h number(6,3);

begin
dmb := dbh/10;
h := trh/10;
if bark = 'ub' then
-- Byttet barkfunksjon
-- Vestjordet dub:=dmb - ((-0.34+(0.831648*dmb)-(0.002832*power(dmb,2))-
(0.010112*power(h,2)))/10);
-- Gobakken 09-2006
dub:= dmb - ((1.07745 + 0.88992 * dmb - 0.00327 * dmb * dmb - 0.01346 * h * h + 0.03278 * dmb *
dmb / (h * h))/10);
end if;
--***** Med bark*****
if bark = 'mb' then
Vol := 0.6844 * (power(h,3.0296))*(power(dmb,2.056))*(power((H-1.3),-1.7377))*(power((dmb+40),-
0.9756));
--***** Uten bark *****
elsif bark = 'ub' then

Vol := 0.6127*(power(h,2.9157))*(power(dub,2.0294))*(power((h-1.3),-1.6173))*(power((dub+40),-
0.9359));
end if;
if enhet = 'l' then
return round(vol,2);

```

```

elsif enhet = 'c' then
return round(vol*100);
end if;
end; --function GranVolV

__*****
--***** Funksjon for sitkavolum med og uten bark ***** Bauger *****
__*****

function SitkaVol (dbh number, trh number, bark char, enhet char) return NUMBER is
--enhet : l = liter (volumberegning) c=centiliter (tilvekst)
vol number(9,3) := 0;
dmb number(5,3);
dub number(5,3);
h number(6,3);
begin
dmb := dbh/10;
h := trh/10;
if bark = 'ub' then
-- Byttet barkfunksjon
-- Vestjordet dub:=dmb - ((-0.34+(0.831648*dmb)-(0.002832*power(dmb,2))-
(0.010112*power(h,2)))/10);
-- f_dub:=f_dmb - ((-0.34+(0.831648*f_dmb)-(0.002832*power(f_dmb,2))-
(0.010112*power(h,2)))/10);
-- Gobakken 09-2006
dub:= dmb - ((1.07745 + 0.88992 * dmb - 0.00327 * dmb * dmb - 0.01346 * h * h + 0.03278 * dmb *
dmb / (h * h))/10);
end if;
--***** Med bark*****

if bark = 'mb' then

vol := 0.1614*(power(h,3.706))*(power(dmb,1.9747))*(power((h-1.3),-2.2905))*(power((dmb+40),-
0.6665));

```

```
--***** Uten bark *****
```

```
elsif bark = 'ub' then
```

```
vol := 0.1507*(power(h,3.7177))*(power(dub,1.962))*(power((h-1.3),-2.2808))*(power((dub+40),-0.659));
```

```
end if;
```

```
if enhet = 'l' then
```

```
return round(vol,2);
```

```
elsif enhet = 'c' then
```

```
return round(vol*100);
```

```
end if;
```

```
end; --funksjon Sitkavol
```

```
__*****
```

```
--***** Funksjon for furuvolum med og uten bark ***** Brantzeg *****
```

```
__*****
```

```
function FuruVol (dbh number, f_dbh number, trh number, bark char, enhet char) return NUMBER is
```

```
--enhet : l = liter (volumberegning) c=centiliter (tilvekst)
```

```
-- Ved tilvekstberegning er viktig å bruke samme funksjon for volumberegning ett år tilbake som for dagens volumberegning
```

```
-- det skaper problemer når en beregnet diameter ett år tilbake krysser funksjonsgrensa. Derfor brukes en diameter (f_dbh) til å velge funksjon og en (dbh) til å beregne volum
```

```
vol number(9,3) := 0;
```

```
dmb number(5,3);
```

```
dub number(5,3);
```

```
f_dmb number(3,1);
```

```
f_dub number(3,1);
```

```
h number(6,3);
```

```
b number(5,2);
```

```

begin
dmb := dbh/10;
f_dmb := f_dbh/10;
h := trh/10;
--***** beregner diameter u bark***

-- Brantzeg 1967 b := (2.9571 + (1.1499*dmb) - (0.7304*(dmb/h)));
-- Gobakken 2006
b := 3.17935 + 1.02890 * dmb - 0.27023 * dmb / h;
if bark = 'ub' then
dub:=dmb - (b/10);
-- f_dub := f_dmb - ((2.9571 + (1.1499*f_dmb) - (0.7304*(f_dmb/h)))/10);
f_dub := f_dmb - ((3.17935 + 1.02890 * f_dmb - 0.27023 * f_dmb / h)/10);
end if;

--***** Volum Med bark*****

if bark = 'mb' then

if f_dmb < 11.1 then
vol := 0.6716 + (0.075708*power(dmb,2)) + (0.029679*power(dmb,2)*h) +
(0.004341*dmb*power(h,2));
elseif f_dmb > 11 then
vol := -6.3954 + (0.178053*power(dmb,2)) +(0.033170*power(dmb,2)*h)-
(0.003008*power(dmb,2)*b);
end if;

--***** volum uten bark *****

elseif bark = 'ub' then
if f_dub < 11.1 then
vol := 2.3393 + (0.010045*power(dub,2)) + (0.038834*power(dub,2)*h) +
(0.002732*dub*power(h,2));
elseif f_dub > 11 then
vol := -3.5425 + (0.128182*power(dub,2)) +(0.028268*power(dub,2)*h)+(0.008216*dub*power(h,2));

```

```

end if;

end if;
if enhet = 'l' then
return round(vol,2);
elsif enhet = 'c' then
return round(vol*100);
end if;

end; --function FuruVol

--*****
--***** Funksjon for furuvolum Vestlandet med og uten bark ***** Bauger 1995
--*****
--*****

function FuruVolV (dbh number, trh number, bark char, enhet char) return NUMBER is
--enhet : l = liter (volumberegning) c=centiliter (tilvekst)
vol number(9,3) := 0;
dmb number(5,3);
dub number(5,3);
h number(6,3);
b number(5,2);
--eb number(5,2);
begin
dmb := dbh/10;
h := trh/10;
--***** beregner diameter u bark***
-- b := (2.9571 + (1.1499*dmb) - (0.7304*(dmb/h)));
--eb := b/2;
b := 3.17935 + 1.02890 * dmb - 0.27023 * dmb / h;
if bark = 'ub' then

```



```
dub:=dmb - (b/10);
end if;
```

```
--***** Volum Med bark*****
```

```
if bark = 'mb' then
```

```
Vol := 0.1424 * (power(h,2.0786))*(power(dmb,1.9028))*(power((h-1.3),-1.0259))*(power((dmb+100),-0.264));
```

```
--***** volum uten bark *****
```

```
elsif bark = 'ub' then
```

```
Vol := 0.1346 * (power(h,2.0041))*(power(dub,1.9116))*(power((h-1.3),-0.8778))*(power((dub+100),-0.2844));
```

```
end if;
```

```
if enhet = 'l' then
```

```
return round(vol,2);
```

```
elsif enhet = 'c' then
```

```
return round(vol*100);
```

```
end if;
```

```
end; --function FuruVolV
```

```
--*****
```

```
--***** Funksjon for lauvvolum med og uten bark ***** Braastad 1966 *****
```

```
--*****
```

```
function LauvVol (tsl char, dbh number, trh number, bark char, enhet char) return NUMBER is
```

```
--enhet : l = liter (volumberegning) c=centiliter (tilvekst)
```

```
vol number(9,3) := 0;
```

```
dmb number(5,3);
```

```

dub number(5,3);
h number(6,3);
-- eb number(3,1);
begin
dmb := dbh/10;
h := trh/10;
if bark = 'ub' then
--Braastad 1966 dub:=dmb - ((1.046*dmb)/10);
--Gobakken 2006
/* * Dunbjørk 30;
bark = 0.83979 + 0.84069 * d;
* Hengebjørk 31;
bark = -4.04765 + 1.25672 * d;
* Osp 32;
bark = 2.42692 + 1.06035 * d;
* Alle treslag på 40-serien i LS-instruks untatt Eik;
bark = 5.45042 + 0.35234 * d;
* Eik 40;
bark = 7.77720 + 0.61607 * d;
* 50 og 60 nr i LS instruks untatt annet lauv;
bark = 1.60844 + 0.74334 * d;
* Annet lauv 59;
bark = 2.95966 + 0.68558 * d;
*/
if tsl = '30' then dub:=dmb - ((0.83979 + 0.84069 * dmb)/10);
elseif tsl = '31' then dub:=dmb - ((-4.04765 + 1.25672 * dmb)/10);
elseif tsl = '32' then dub:=dmb - ((2.42692 + 1.06035 * dmb)/10);
elseif tsl = '40' then dub:=dmb - ((7.77720 + 0.61607 * dmb)/10);
elseif tsl between '41' and '49' then dub:=dmb - ((5.45042 + 0.35234 * dmb)/10);
elseif tsl between '50' and '58' then dub:=dmb - ((1.60844 + 0.74334 * dmb)/10);
else dub:=dmb - ((2.95966 + 0.68558 * dmb)/10);

```

```
end if;
end if;
if bark = 'mb' then
vol := 0.1 * (-18.6827 +(2.1461*power(dmb,2)) +(0.1283*power(dmb,2)*h) + (0.1380*dmb*power(h,2))
- (0.6311*power(h,2)));
elseif bark = 'ub' then
vol := 0.1 * (-14.8081 +(1.6949*power(dub,2)) +(0.1834*power(dub,2)*h) + (0.1018*dub*power(h,2)) -
(0.4510*power(h,2)));
end if;
if enhet = 'l' then
return round(vol,2);
elseif enhet = 'c' then
return round(vol*100);
end if;

end; --function LauvVol
```