

# BACHELOROPPGAVE

Emnekode: BAC360

Kandidatnr.: 2 & 12

---

Karbonlagring - i skog eller i  
skogindustriprodukter?

Carbon sequestration - in forest or forestry  
products?

---

Dato: 12.05.2016

Totalt antall sider: 66 + 13



**NORD**  
universitet

### SAMTYKKE TIL BRUK AV BACHELOROPPGAVE

**Forfattere:** Bertil Alexander Birkeland og Andreas Baskår Pedersen

**Norsk tittel:** Karbonlagring – i skog eller i skogindustriprodukter?

**Engelsk tittel:** Carbon sequestration – in forest or forestry products?

**Studieprogram:** Utmarksforvaltning

**Emnekode og navn:** BAC360

Vi samtykker i at oppgaven kan publiseres på internett i fulltekst i Brage, Nords' åpne arkiv

Vår oppgave inneholder taushetsbelagte opplysninger og må derfor ikke gjøres tilgjengelig for andre

**Kan frigis fra: 12.05. 2016**

**Dato: 12.05.2016**

Underskrift

Underskrift

BACHELOROPPGAVE I  
UTMARKSFORVALTNING.

**Karbonlagring – i skog eller skogindustriprodukter?**

Carbon sequestration – in forest or forestry products?

Av:

*Bertil A. Birkeland & Andreas B. Pedersen*



*Andreas Baaldr Pedersen*

## FORORD

Ideen om oppgavetema ble formet gjennom samtaler i ettertid av NRKs dokumentar "Skogen verden glemte" som omhandler emnet. Etter en gjennomgang av materiale ble arbeidet iverksatt, parallelt med utforming av problemstillingen.

Vi legger ikke skjul på at det er en spennende og til gangs utfordrende problemstilling vi har kommet frem til. Denne er særlig rettet mot vår felles interesse for en bærekraftig fremtid og interesse for bevaring av naturen for øvrig. Dette har vært en lærerik prosess, som har resultert i økt kompetanse innen karbonets rolle og påvirkninger - på godt og vondt i natur og for samfunnet.

Utarbeidelsen av oppgaven har skjedd i fellesskap hvor den største utfordringen har vært om det var praktisk mulig å finne tallmateriale og data knyttet til problemstillingen.

Det rettes en stor takk til professor Ole J. Sørensen, som var med på utforming av oppgaven, har bidratt med innspill vedrørende aktuell litteratur og var hjelpsom under hele prosessen. Gjennom nyttige drøftinger har han støttet oss med «å lande» luftige tanker til definerte oppgaver, samt hjulpet oss å holde stø kurs i en til tider hektisk prosess.

Gjensidig takk til forfatterne for godt humør, god innsats, kritiske kommentarer og utallige gode kaffekopper. Kort oppsummert, en bra avslutning på vårt gode samarbeid gjennom årene her på Nord Universitet.

Andreas Baskår Pedersen

12/05/2016

Bertil Alexander Birkeland

12/05/2016

Forsidefoto: Andreas Baskår Persen, 2013

## SAMMENDRAG

Potensialet for binding og lagring av karbon i terrestrisk biomasse har i senere tid fått stor nasjonal og internasjonal oppmerksomhet. Søkelyset for forskningen peker stadig mot skog som en avgjørende faktor for et mer positivt klimaregnskap. Stående kubikkmasse i norske skoger utgjør i dag ca. 929 mill. m<sup>3</sup>. Tilveksten utgjør på ca. 25,9 mill. m<sup>3</sup> biomasse med potensiale for binding og lagring av karbon. Avvirkningen av tømmer fra skogsindustrien anslås til omlag 10 mill. m<sup>3</sup>.

I dag pågår det en debatt mellom «vernesiden» og skognæringen. Debatten omhandler hvem som mener å ha den mest klimapositive planen for bevaring av karbonlagre i skog.

«Vernesiden» vil beskytte mest mulig skog gjennom vern som klimatiltak, hvor naturlige prosesser og omløpstider vil binde og lagre karbon. Skognæringen vil avvirke tømmeret i større grad for å lagre karbonet i produkter fra skurtømmer og massevirke. Dette skaper en form for karbonkreditt som skal tilbakeføres med foryngelse og tilvekst av ny skog. Hvilken strategi har størst potensiale?

Estimatene er beregnet ved bruk av massetetthetsverdier og karbonprosent i kombinasjon med estimater for volum knyttet til ulike verdier for skog, tilvekst og avvirkning.

Estimatene for karbon bundet og lagret i biomasse og død ved resulterte i om lag 475 Mt karbon. Forutsatt bruk av tilvekstverdier for skog i 2014 binder tilveksten om lag 10 Mt karbon. Avvirkningen står for et uttak på om lag 2 Mt karbon i biomasse og et totalt utslipp for aktivitet for skogbruket på tilnærmet 3 Mt.

I diskusjonskapittelet presenteres tanker rundt problemstillingen og resultatene som er beregnet. Videre vil også feilkilder og avvik i henhold til resultater, metode og datamateriale blir diskutert.

## ABSTRACT

The potential for binding and storing carbon in terrestrial biomass has recently received considerable national and international attention. The spotlight of research is pointing increasingly towards forests as a crucial factor accounting for a more positive climate. Growing stock in Norwegian forests represent approximately 929 mill. m<sup>3</sup>. This increment represents approximately 25.9 mill. m<sup>3</sup> biomass with potential for binding and storing carbon. Felling of timber from the forest industry is estimated at around 10 mill. m<sup>3</sup>.

Today debated between the "conservation side" and the forestry industry. The deliberation concerns who claims to have the most climate positive plan for the future pertaining to the conservation of carbon sinks in forests. The "conservation side" will protect most forests through alleviated conservation practice, where natural processes and turnaround times will bind and store carbon. The forestry industry will harvest the timber to a greater extent concerning storing carbon in products from sawn wood and pulpwood. This creates a form of carbon loan, repayable with regeneration and growth of new forest. Which strategy has the greatest potential?

The estimates are calculated using the bulk density values and carbon percentage, in combination with estimated volumes associated with different values concerning forest growth and harvesting. Estimates of carbon attached (which is stored in biomass and dead wood) resulted in about 475 Mt. Assuming the use of increment values concerning forests in 2014 binds increment around 10 Mt of carbon. Felling is responsible for a reduction of about 2 Mt of carbon in biomass and a total amount of activity for forestry of approximately 3 Mt.

The discussion section presents thoughts regarding the problem and the results calculated. Furthermore, all errors and deviations according to results, methodology and data are discussed.

## INNHOLDSFORTEGNELSE

Forside.....	1
Samtykkeerklæring.....	2
Tittelblad .....	3
Forord.....	4
Sammendrag.....	5
Abstract .....	6
Innholdsfortegnelse .....	7
1. Innledning.....	8
1.1 Problemstilling.....	9
1.2 Karbonlagring .....	10
1.3 Karbon lagret i norske naturtyper .....	14
1.4 Menneskeskapte klimaendringer – karbonkretsløp i ubalanse.....	15
1.5 CO <sub>2</sub> – utfordringer og konsekvenser.....	19
2. Metode.....	23
3. Resultat.....	27
3.1 Tall for stående masse.....	28
3.2 Densitet for ulike treslag .....	29
3.3 Estimat av karbonprosent.....	30
3.4 Estimat av karbon i tilvekst.....	31
3.5 Estimat av karbon i hogstavfall.....	34
3.6 Estimat av karbon i avvirket skog.....	35
3.7 CO <sub>2</sub> -utslipp for aktivitet i skogbruksnæringen.....	36
3.8 Tall for levetid på trevirke.....	37
3.9 Totalt karboninnhold i norske skoger.....	38
3.10 Industrivirke for salg .....	39
4. Diskusjon og konklusjon.....	40
4.1 Diskusjon.....	44
4.2 Konklusjon .....	46
5. Litteraturreferanser.....	47
6. Illustrasjonsreferanser .....	54
7. Vedlegg .....	58

## 1. INNLEDNING

Bachelor oppgaven ble formet ut fra en felles interesse for en bærekraftig fremtid og entusiasme for naturen generelt. Med mennesket i spissen for det globale samfunnet av levende organismer går vi en utfordrende tid i møte! Skal man tru de siste 20 års med klima forskning. Temaet for bacheloroppgaven vil være sterkt knyttet til grunnstoffet karbon og lagrene av karbon i terrestrisk biomasse. Skogene i kan Norge fungere som karbonlager og er med på å redusere den menneskelige påvirkningen av den atmosfæriske karbon konsentrasjonen (Framstad et al., 2013).

Målet med oppgaven er å få frem estimater over hvor mye karbon som er lagret i årlig tilvekst av biomasse i skog, estimatene for tilvekst vil bli sammenlignet med avvirking av tømmer og karbonutslipp fra skogbruksrealtert virksomhet. Som en følge av dette vil også estimat for total karboninnhold i norske skoger og skogsjord bli presentert.



## 1.1 PROBLEMSTILLING

Problemstillingen bygger på debatten mellom vern og bruk av norske skoger.

Tilhengere av karbonlagring gjennom vern påstår at det må foreligge utstrakt vern i den hensikt at naturlige karbonlagringsprosesser kan foregå uforstyrret.

Skogbruksnæringen hevder den optimale løsningen er avvirkning og karbonlagring gjennom skogindustriprodukter.

- Kan trevirke fra økt avvirkning av skog bidra til langtidslager for karbon?
- Kan vern av skog bidra til større lagringsgevinst for karbon?
- Kan en sammensetning av vern og avvirkning av skog være et alternativ for økt karbonlagring?

## 1.2 KARBON BINDING OG LAGRING

Klimaforandringene som oppleves i dag har ført til en økende internasjonal interesse både blant forskere og politikere. Dette har økt fokuset rett mot karbonlagring i naturlige terrestriske «karbonsluk» (carbon sinks) (Royal Society, 2001).

«Karbonsluket» er resultatet av prosesser som tar ut karbon fra karbonkretsløpet og lagrer karbonet i biomasse eller jordsmonn i en større hastighet enn det som slippes ut igjen til atmosfæren ved nedbrytning og ånding. På en naturlig måte blir karbonet lagret i biomasse og senere i geologiske forekomster som jord og fossile brennstoff. Den unaturlig lagringen skjer ved hjelp av menneskelige teknologiske systemer kaldt CCS (Carbon dioxide Capture) (Rush, 2012)(Myhre, 2013). Karbonets rolle og syklus blir utdypet i kapittelet: «Menneskeskapte klimaendringer – karbonkretsløp i ubalanse».

Karbonet kan grovt sett lagres på fire måter i terrestriske miljøer:

- I permanente lager som fossile brennstoff: olje, gass, kull og humus.
- Som lager i ved hjelp av CO<sub>2</sub>-fangst og lagring (CCS).
- Langtidslagre permafrost, torv og jordsmonn.
- Kort tids lager i levende og død biomasse.

(Royal Society, 2001) (Lou & Zhou, 2006) (Myhre, 2013).

I Norge har fokuset for karbonlagring vært rettet mot økosystemene og de økosystemtjenester norsk natur har å by på (Rush, 2012). Økosystemtjenestene dekker de tjenester og goder som samfunnet nytter fra naturen som en følge av de naturlige prosessene som tar sted.

Økosystem tjenestene er:

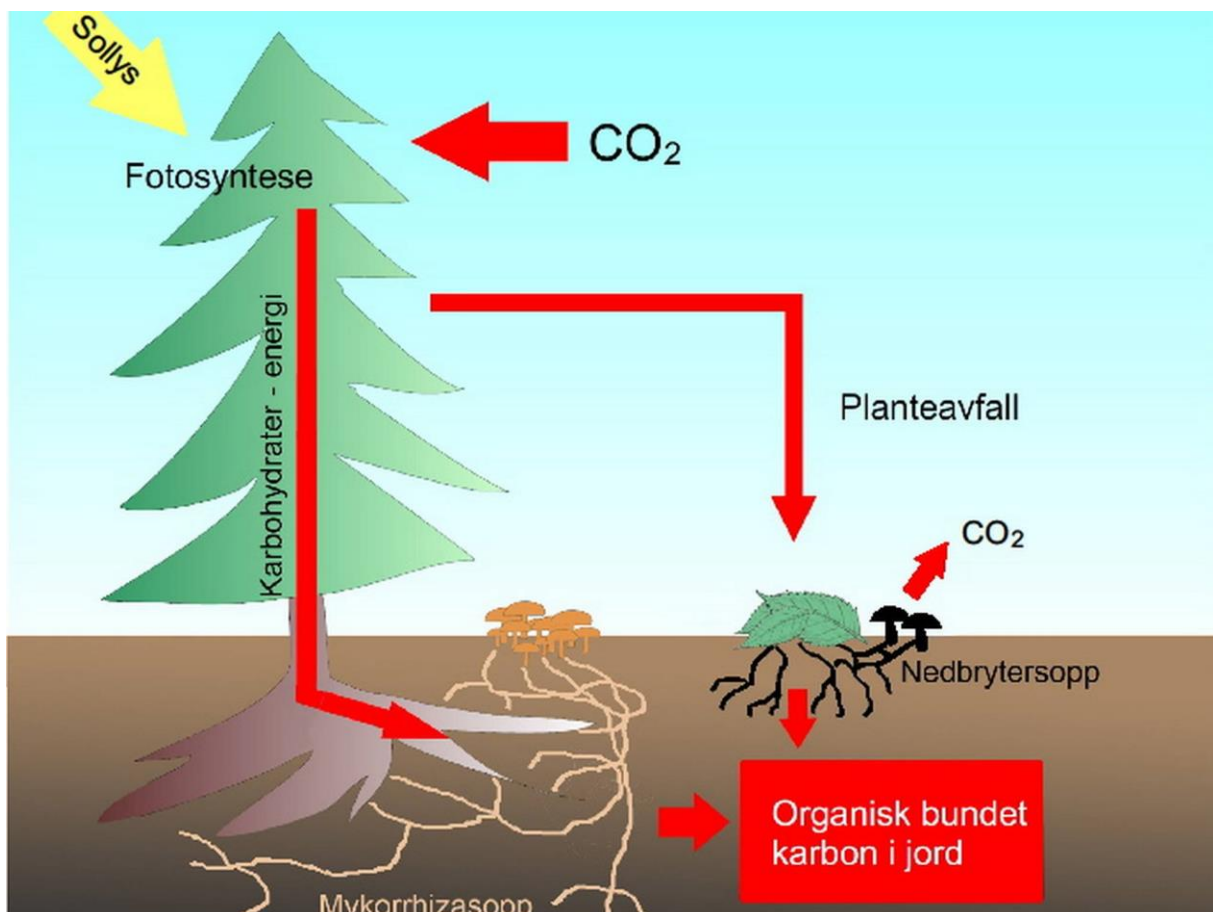
- Forsyningstjenester: vann, mat og brensel.
- Regulerings-tjenester: erosjonsbeskyttelse, luftrensing, vannrensing og flombeskyttelse.
- Kulturelletjenester: spirituelle og kulturelle goder.
- Støttende tjenester: jorddannelse, O<sub>2</sub>-produsenter, primærproduksjon, ren luft og resirkulering av næringsstoffer (Sukhdev, 2010).

Det lagres store mengder karbon i økosystemene i form av biomasse i vegetasjon, levende individer og jordsmonn. Andelen karbon som lagres variere fra naturtypen og de

forutsetningene som finnes for plantevekst, klima, arealbruk og forvaltning. (Grønlund, Bjørkelo, Hysten, Tomte, 2010) (Rush, 2012).

Atmosfærisk CO<sub>2</sub> tas opp i planten, dødt plantemateriale faller til bakken og brytes ned til humus. Over tid vil jordlagene bygge seg opp og karbon som ikke er resirkulert er fanget og vil bli lagret i jorden (Ohlson & Kausrud, 2014).

I tillegg til denne prosessen vil symbiotiske samspill mellom planterøtter og mykorrhizasopp lagre atmosfærisk CO<sub>2</sub> på en mer direkte måte nedi jordsmonnet. Mykorrhizasopp danner store mycelnettverk i skogen og utveksler næringsstoffer med trær via røttene. Samtidig fungerer mykorrhizasoppen som hovedvei for transport av karbohydrater, mellom trærne (Bjørja, Dalsgaard, Kjønnaas, 2014). Soppen får tilført karbohydrater i form av sukker, mens trærne får vann og næringsstoffer som fosfor og nitrogen fra soppen jf. figur 1 (Bjørja et al., 2014, Ohlson & Kausrud, 2014).



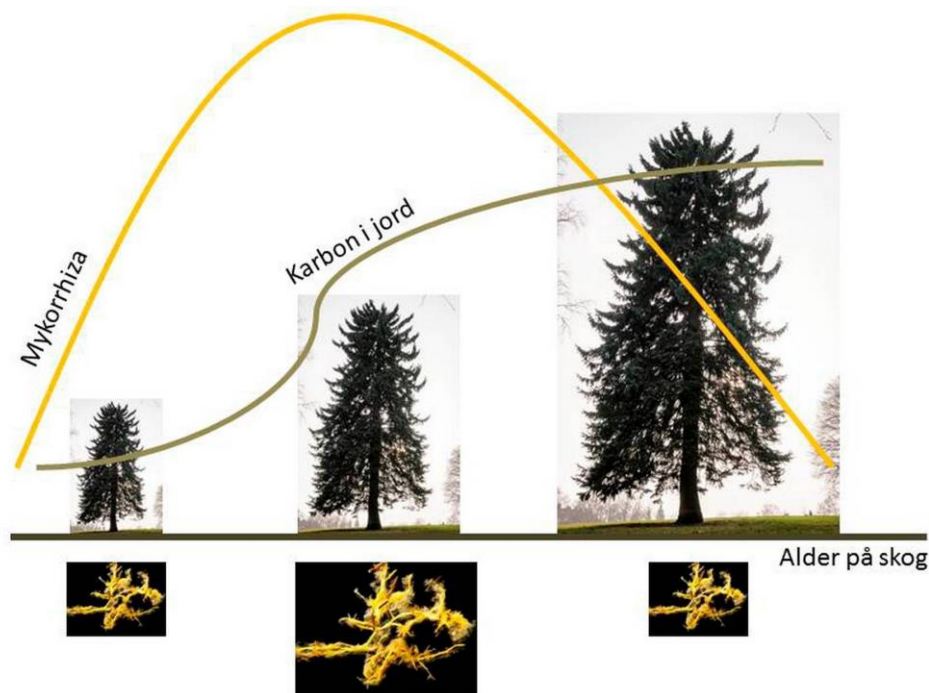
Figur 1. Figuren illustrerer de kjente prosessene forklart med tekst Opphav: Ohlson & Kausrud, 2014

Karbon fra atmosfærisk CO<sub>2</sub> lagres dermed relativt direkte i jordsmonnet som byggeklosser for soppmycel, dette har vært kjent i lang tid. Clemmetsen et al. (2013) beskriver i sin rapport «*Roots and Associated Fungi Drive Long-Term Carbon Sequestration in Boreal Forest*» at soppmycelet er vanskelig å bryte ned, nesten helt umulig.

Over tid vil mengden av dødt mycel forbli i jorden og utgjøre deler av karbonlageret. Dette er en viktig nyhet ettersom det redefinerer karbonlagring i skog, istedenfor en topp til bunn oppbygning av karbonlagrene vil lagrene heller bygge seg opp fra bunn til topp i jordorganiske forbindelser (SOM- Soil Organic Matter) (Framstad et al., 2013) (Ohlson & Kauserud, 2014).

Karbonlagringsprosessene nevnt ovenfor gir en grunnleggende, men mangelfull forståelse i hvordan atmosfærisk karbon tilføres jorden. Det mangler fremdeles heldekkende forståelse for hvordan karbon lagres, og hvilke prosesser som deltar i å lagre karbon i jord.

Paradoksalt nok er det vanskelig å se noen sammenheng mellom karbonlagrene i gammel og ung skog i tilknytning til mykorrhizasoppen. Karbonlagrene i gammelskog er større enn i unge skoger, men det er en større andel mykorrhizasopp i ungskog i vekst sammenlignet med gammelskog. Reduksjonen av mykorrhizasopp i gammelskog skyldes at gammelskog vokser



Figur 2. Viser andelen av mykorrhizasopp og karbon i jord i forhold til alder på skog Opphav: Aftenposten, 2014

saktere enn ungskog og karvet til næring er lavere enn i tidligere vekst fase, jf. figur 2 (Bjørja et al., 2014).

Flere har hevdet at norske politikere ikke reflekterer over at vi faktisk befinner oss i et av verdens største sammenhengende karbonlagre, nemlig det boreale barskogbeltet:

*«Å ikke hugge skog er verdens enkleste klimatiltak» «sa Norge og bevilget 3 milliarder i året til bevaring av regnskog i sør. Hvorfor gjør ikke regjeringen det samme her hjemme?» (Haltbrekken, Steel, Vestre, 2014).*

Arne Grønlund m.fl. (2010) estimerer karbon for globale økosystemer, i vegetasjon og jordmonn. Målt ned til 1 meter under bakken:

- Tropiske skoger inneholder totalt 428 Gt karbon (Giga tonn C) på et areal som er 17,6 millioner km<sup>2</sup>. Dette gir en karbonmengde per areal (dekar) på 24,3 tonn, der 12 tonn er bundet i vegetasjon og 12,3 tonn er bundet i jord.
- Boreal skog har ett total innhold av karbon på 559 Gt karbon fordelt på et areal på 13,7 millioner km<sup>2</sup> noe som resulterer i 40,8 tonn/da der 6,4 tonn er bundet i vegetasjon, mens hele 34,4 tonn er bundet i jord.

FNs klimapanel og IEA (Det internasjonale energibyrået) er enige om at det ikke er mulig å nå klimamålene som partene ble enige om i Paris, uten en bruk av storskala karbonfangst og -lagring, såkalt CCS (Regjeringen, 2014). Den engelske forkortelsen CCS (Carbon dioxide Capture, transport and Storage) oversettes til CO<sub>2</sub>-fangst og -lagring, gjerne kalt CO<sub>2</sub>-håndtering på norsk. Prosessen fanger CO<sub>2</sub> fra store punktutslipp og lagres deretter i underjordisk. IEA anslår at man allerede i 2020 kan redusere klimagassutslipp med opptil 28% med bruk av CCS-teknologi. Videre visjoner er at man innen 2050 skal være i stand til å øke dette volumet opp mot 48% (IEA, 2013).

### 1.3 KARBON LAGRET I NORSKE NATURTYPER

I rapporten «CO<sub>2</sub>-opptak i jord og vegetasjon i Norge» av Grønlund et al. (2010) redegjøres det for fire av Norges naturtyper (Tabell 14, s. 27) om estimert karbonmengde i norsk natur. Beregninger viser at skog i Norge (125.000 km<sup>2</sup>) har en total mengde bundet/lagret karbon på ca. 2 milliarder tonn, med en årlig tilvekst på ca. 8,5 millioner tonn i form av vegetasjon og død ved. Dette gjør skog til det største naturlige karbonlageret på Norsk landjord.

Myr (ekskl, torvmark) som er den naturtypen som inneholder mest karbon per arealenhet er estimert til å inneholde om lag 950 millioner tonn. Myr i Norge er beregnet til å ha et total areal på (20.000 km<sup>2</sup>) noe som gjør at myr inneholder om lag 3 ganger så mye karbon som noen annen naturtype per areal enhet.

Åpenfastmark er estimert til omlag 1 millioner tonn med et areal på 143.000 km<sup>2</sup>.

Dyrket jord er anslått et karboninnhold på ca. 200 millioner tonn karbon med et areal på 11.000 km<sup>2</sup>.

Beregninger for norske terrestriske arealer anslås til i overkant av 4 milliarder tonn karbon. Dette tilsvarer i underkant av 15 milliarder tonn CO<sub>2</sub> av dette er ca. 11% lagret i vegetasjon, mens 89% er lagret i jord.

## 1.4 KLIMAENDRINGER – KARBONKRETSLØP I UBALANSE

Menneskeheten står nå overfor en av sine største utfordringer noensinne. Det er bred enighet om at de menneskeskapte klimaendringene kan kobles opp mot utslipp fra fossilt energiforbruk (IPCC, 2007). Klimaet har gjennom tiden gjennomgått store svingninger og det er derfor vanskelig å skille mellom naturlige variasjoner og menneskeskapte.

Temperaturmessig er vi per i dag omtrent der hvor vi var midt i siste istid. Utfordringene ligger i at temperaturprognosene 100 år fram i tid overgår hva som tidligere har funnet sted på millioner av år, med andre ord lenge før menneskeheten eksisterte. Klimaendringene skjer i et forrykende tempo sammenlignet med tidligere og konsekvensen er at naturen ikke har mulighet til å omstille seg (Meteorologisk Institutt, 2009).

Sett i forhold til førindustrielt nivå foreligger det en betraktelig økning i konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren. Konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i atmosfæren - den primære driveren av nyere klimaendringer - ble i 2013 for første gang målt til over 400 ppm. For å illustrere hva dette tallet utgjør vil dette med andre ord si at det finnes 400g karbondioksid per tonn atmosfæriske gasser (10<sup>6</sup> gram). I april 2016 var nivået målt til 406,57 ppm (parts permillion), noe som tilsvarer mer enn 100 ppm jf. førindustriell tid hvor nivået var på 300 ppm (NOAA, 2016).

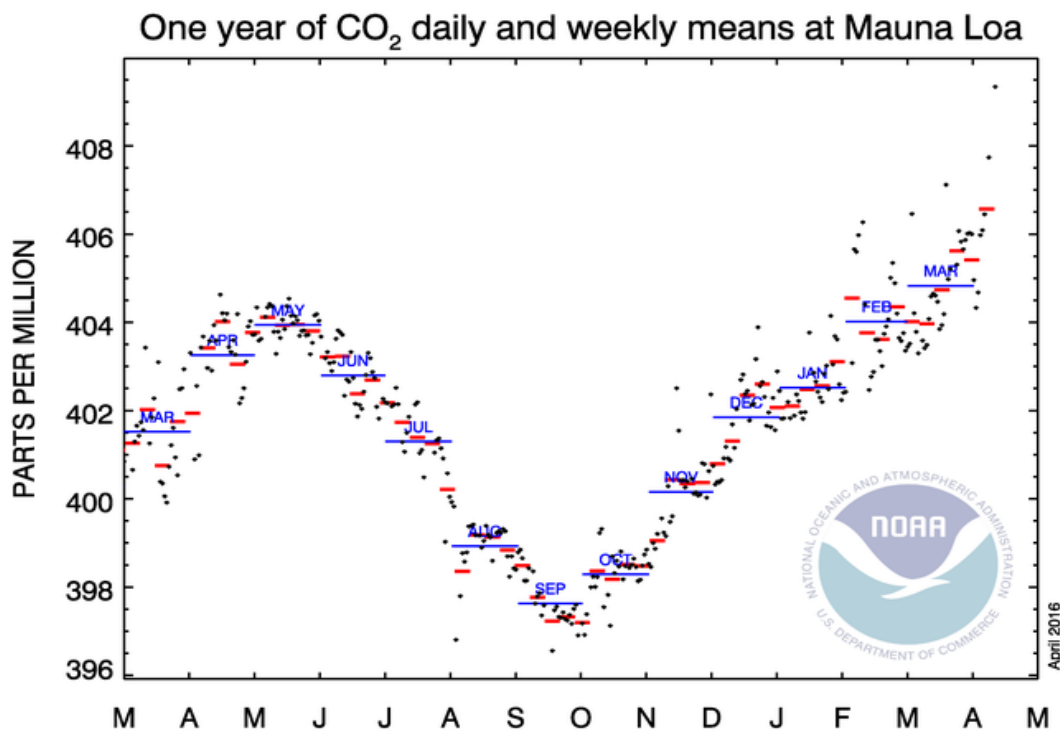


Diagram 1. Diagrammet viser konsentrasjon av CO<sub>2</sub> i atmosfæren ukentlig (rød linje), månedlig (blå linje) og daglig (svarte punkter på Mauna Loa (Hawaii) siste år. Opphav: NOAA, 2016

Denne nye kulmineringen er en økning på 85 ppm i de siste 55 årene siden oppstarten av målingene på Mauna Loa. Atskilligere alarmerende enn omfanget av denne endringen er at frekvensen av CO<sub>2</sub>-oppbygning i atmosfæren har vært jevnt økende de siste tiårene, noe som betyr at fremtidige oppganger vil skje raskere. Gjennomsnittlig økning siste 55 år har vært på omtrent 1,55 ppm CO<sub>2</sub> per år, mens de nyeste dataene gir oss prognoser på over 2,75 ppm CO<sub>2</sub> per år (NASA, 2016). Denne økningen i atmosfærisk CO<sub>2</sub> forårsaker reelle, betydelige forandringer i jordsystemet nå, og ikke i et fjernt fremtidig klima. Klimaforskerne kan studere konsekvensene av endringene i den hensikt å forstå hvordan jorda reagerer på fremtidige forandringer. Med mindre betydelige tiltak iverksettes uten tap av tid risikerer vi at neste terskel kan være et endelig vippepunkt for menneskehetens utilsiktede fullskala globale eksperimentering med kloden (Bellerby, Olsen, Nondal, 2008).

Karbonets rolle i klimaendringene ligger kort fortalt i at karbon eksisterer i ulike former og at det foregår en regelmessig transport mellom disse formene. En forenklet framstilling av balansen mellom karbon i ulike former, karbonkretsløpet, tar utgangspunkt i at det meste av karbon i atmosfæren eksisterer som karbondioksid. Fotosyntesen er naturens metode for å omforme sollys til kjemisk energi, hovedsakelig gjennom planter, hvor CO<sub>2</sub> i gassform tas opp og omdannes til organiske stoffer - primært sukkerarter (karbohydrater). Disse benyttes som energikilde av dyr og mikroorganismer som bryter stoffene ned til karbondioksid som går tilbake til atmosfæren. I tillegg skilles karbondioksid ut av atmosfæren gjennom nedbør eller ved vekselvirkninger i havet.



*Bilde 1. Flom i Flåm høsten 2014 medførte store materielle skader på infrastruktur som hus og broer. Opphav: NTB/SCANPIX, 2014*



Her vil CO<sub>2</sub> felles ut som karbonat (eksempelvis kalsium-karbonat, CaCO<sub>3</sub>) (Uggerud, 2016). Når sjøer og hav endrer pH-verdi eller får en temperatur-økning skilles CO<sub>2</sub> ut i atmosfæren. Noe karbon tas ut av dette kretsløpet og danner det vi kjenner som fossile energikilder. Karbon som er "tatt ut" av kretsløpet (ikke fornybare energikilder) har fra naturen logistikkmessig blitt lagt på lager til "evig tid". Utfordringen er at vi mennesker henter ut fossilt brennstoff som forbrennes og CO<sub>2</sub> frigis til atmosfæren. Forskjellen på å forbrenne karbon fra eksempelvis trær og karbon fra fossilt brennstoff ligger nettopp i at fossilt brennstoff var lagt på lager mens karbonet i trær fortsatt er en del av karbonkretsløpet. Dette skjer i tillegg til naturlig avgassing og det totale karbondioksidnivået økes. Effekten av dette gjør at drivhuseffekten tiltar og klimaet endres (Uggerud, 2016).

Klimaendringene påvirker hele jorden og er betydelige i nordområdene. Den globale oppvarmingen foregår dobbelt så raskt i arktiske strøk sammenlignet med resten av verden (ACIA, 2004). Havisen i Arktis minker med hensyn til utbredelse og tykkelse. Prognoser fra amerikanske og kinesiske forskere viser at Arktis kan være fullstendig isfritt omkring år 2054 og 2058 – forutsatt utslipp av klimagasser på dagens nivå (Liu, Song, Horton & Hu, 2013). Et isfritt Arktis får store innvirkninger på hav- og atmosfærestømninger, samt at åpne hav tiltrekker seg mer solenergi sammenlignet med et hvitt isdekke. Konsekvensen vil være at den globale oppvarmingen vil akselerere ytterligere, forringelse av dyrelivet med artstap og isprefererende plankton vil miste sitt habitat som fører til at flere fiskebestander kan miste sitt livsgrunnlag (ACIA, 2004). Konsekvensene for Norge i forbindelse med forventede klimaendringer vil være betydelige. I det følgende vil vi gi noen eksempler (ACIA, 2004):

- 2°C økning i vanntemperatur kan medføre at oppdrettsanlegg vil måtte flyttes nordover til mer egnede kalde områder. En noe mer moderat temperaturøkning vil gi rask vekst hos fisken, men utfordringer forbundet med sykdom og algeproblematikk.
- Fiskebestander kan trekke nordover grunnet mindre mattilgang. Vi vil se en endring i vandringsmønster hos fisk samt at man forventer en raskere vekstkurve hos enkelte fiskeslag.
- En temperaturøkning kan medføre at vegetasjonen trekker nordover. Eksempelvis er reinlav (*Cladonia ssp.*) følsom for klimaendringer og vil reduseres i utbredelse. Dette vil få anselige følger for reindriftsnæringen. Dominoeffekten vil her gjøre at rovdyr som prefererer reinsdyr vil møte utfordringer.

- Toppene i smånagerbestanden vil bli betydelig lavere sammenlignet med tidligere grunnet varmere vintre og variable snøforhold. Dette kan føre til en nedgang i eksempelvis skogshøns, fjellrev og snøugle bestander. Høyfjellsarter er særlig utsatt da de ikke har noen steder å trekke om habitatene endrer karakter.

Forskningsprosjektet RegClim, et prosjekt finansiert av Norges forskningsråd for å anskueliggjøre klimascenarier for Norden, omkringliggende havområder og deler av Arktis som følge av global oppvarming, mener følgende utvikling er sannsynlig frem mot år 2100:

- *"Avhengig av landsdel vil den årlige nedbørmengden øke med mellom 5 og 20 prosent, med størst økning på Vestlandet, i Midt-Norge og i Nord-Norge".*
- *"Vestlandet kan påregne mer enn 20 prosent flere døgn i året der nedbøren overgår 20 millimeter, og helt nedbørfrie døgn vil bli sjeldnere vest for vannskillet".*
- *"Nedbørsøkningen vil bli størst om høsten, mens somrene kan bli tørrere på Sørlandet og Østlandet".*
- *"Tilfeller av kraftig nedbør vil forekomme oftere i hele Norge".*

De nevnte scenarioene er ikke å regne for fasitsvar da endringene er basert på nokså kompliserte beregninger hvor flere faktorer samvirker. Karakteristikkene må sees på som et resultat av flere mulige utfall hvor dagens klimamodeller er mer sannsynlige enn andre sekvenser. Når nyere forskningsresultater foreligger vil disse eksisterende modellene og resultatene med overveiende sannsynlighet endres (Regjeringen, 2008).

## 1.5 CO<sub>2</sub>-UTFORDRINGER OG KONSEKVENSER

Endringer i klima påvirker blant annet økosystemene og verdensøkonomien. Konsekvensene av utslipp av karbondioksid vil øke i tiårene fremover. Konsekvensene av dette avhenger av hvor godt beredt verdenssamfunnet er. Kunnskapsgrunnlaget som omhandler klimarelaterte utfordringer og konsekvenser har de siste årene blitt betraktelig forbedret mht.

temperaturendringer, ismelting og forsøringsproblematikk med mer. Gjennom dette har forskningen har gjort oss i stand til å forutsi fremtidige klimaendringer (Miljødirektoratet, 2014a). FNs Klimapanel konkludere i sin synteserapport av 2014 med at verden er inne i en irreversibel utvikling med tilhørende klimaendringer som følge av klimagassutslipp.

Konsekvensene forverres med mindre verdens ledere blir enige om at økningen i den globale gjennomsnittstemperaturen begrenses til +1,5°C sammenlignet med førindustriell tid.

Hovedutfordringene på verdensbasis er blant annet at CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen har steget med 40% sammenlignet med førindustriell tid. Dette skyldes i hovedsak utslipp fra fossile brennstoff samt avskoging eller annen arealbruksendring. Videre ser man at I-land har størst utslipp av karbondioksid pr. innbygger og at mellomvekstland alene står for ¾ av vekst i utslipp. I-land for øvrig har høye men stabile klimagassutslipp jf. diagram 5 (FN, 2015).

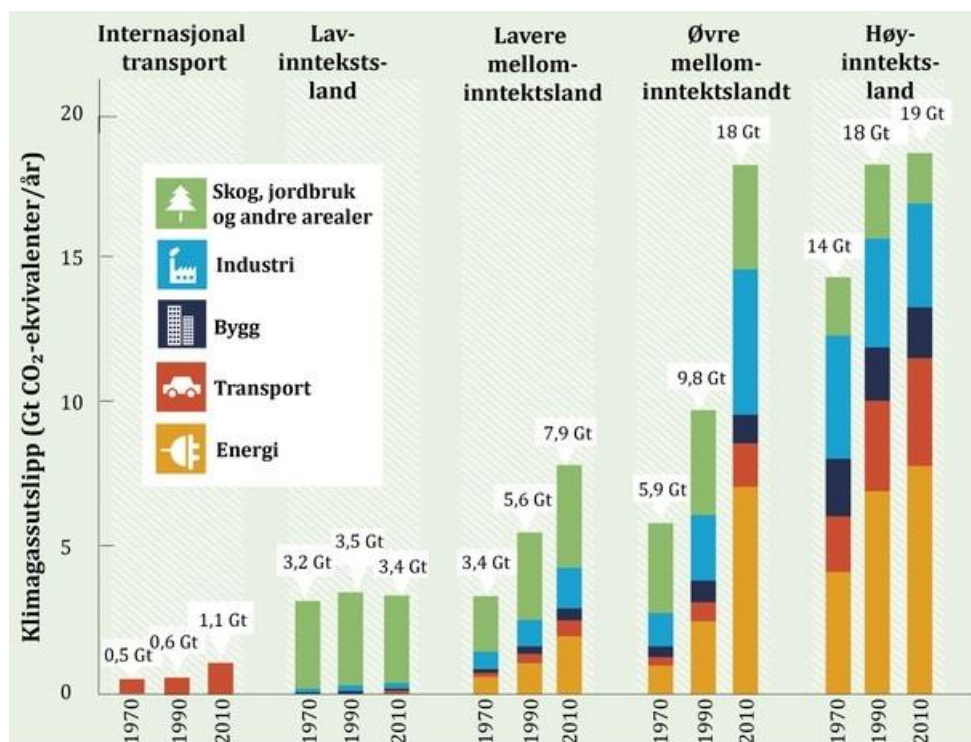


Diagram 2. Viser årlige Klimagassutslipp gruppert på økonomiske regioner og sektorer.

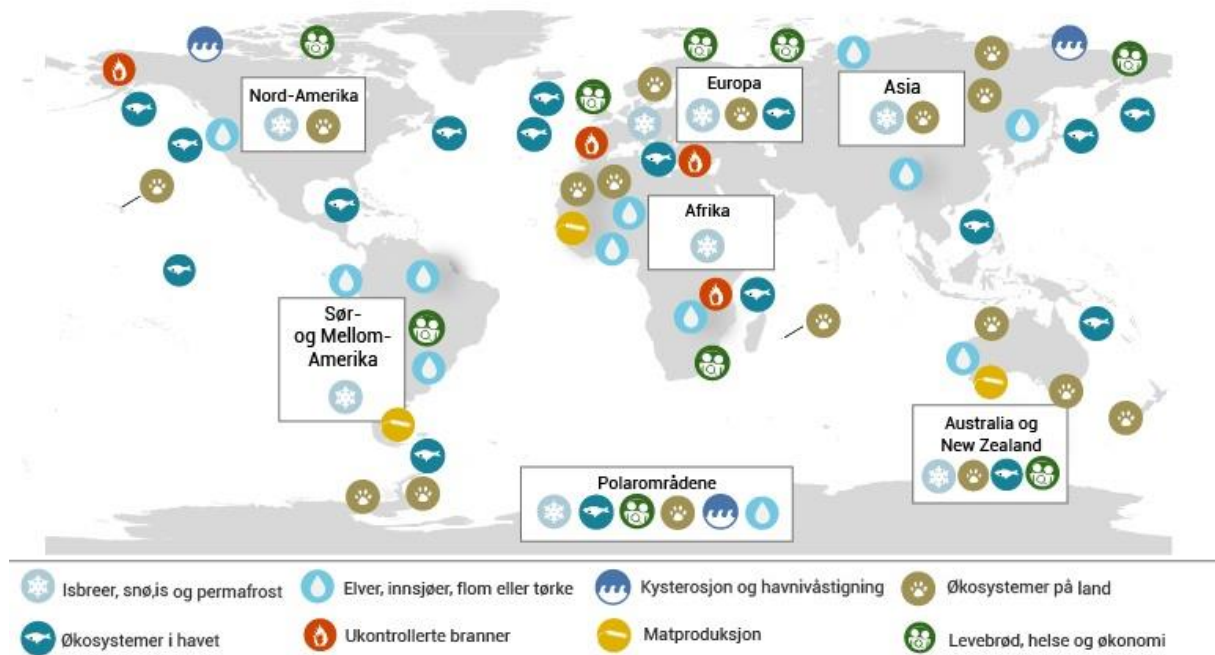
Opphav: FN, 2015

FNs Klimapanelers synteserapport av 2014 oppsummerer:

- Man innehar kunnskap og materiell for å relativt hurtig redusere klimautslipp.
- Det er overveiende sannsynlighet for at det er utslipp fra menneskelig aktivitet som er bakgrunnen for global oppvarming sammenlignet med førindustriell tid.
- Økes utslippene ytterligere risikerer man irreversible og alvorlige klimaendringer.
- Verdenshavene assimilerer >90% av energimengde grunnet drivhuseffekten.
- Nedbørsendringer i kombinasjon med snø- og ismeltinger påvirker kvalitet og tilgang på vann.

For å nå målene som er satt gjennom Paris-avtalen og stanse utslippene av klimagasser må en rekke tiltak iverksettes. Utslipp fra energisektor står for de største klimagassutslippene. For å forandre dette kreves det at det satses på fornybar energi relatert til vind, vann og sol.

#### ALLEREDE OBSERVERTE KONSEKVENSER FRA KLIMAENDRINGER



Figur 3. Kartet viser observerte virkninger av klimaendringer på lokasjoner verden rundt. Opphav: FN, 2013

Dagens menneskeskapt klimaendringer skjer i et tempo som ikke kan sammenlignes med naturlige endringer. Artsmangfold kan gå tapt om samspillet mellom arter og habitat endres jf. figur 3. Naturen er i utgangspunktet mer sårbar grunnet ytre påvirkninger fra verdens befolkning sammenlignet med tidligere. >50% av verdens befolkning er bosatt i byer og man regner med at tallet vil stige opp mot 70% innen 2050. Utfordringene relatert til dette er mange og sammensatte. Det må tilrettelegges for «lavutslippsbyer» gjennom miljøvennlig infrastruktur og utbygging av kollektivtransport. Videre ser man at forbruks vaner og livsstil må endres til bærekraftig gjennom utstrakt bruk av kollektivtransport, preferere produkter som er produsert bærekraftig og redusere inntak og produksjon av kjøtt. På denne måten kan den enkelte forbruker kutte i klimagassutslipp (Miljødirektoratet, 2014a).

Skog, jord og andre arealer må redusere utslippene opp mot 11 milliarder tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter hvert år gjennom å tilbakeføre økosystemer, redusere avskoging, øke planting i skog og utvikle forvaltning av skog i en bærekraftig retning (Miljødirektoratet, 2014b)

Totale CO<sub>2</sub>-utslipp i Norge har i 2014 hatt en økning på om lag 14% sammenlignet med 1990, jf. diagram 6.

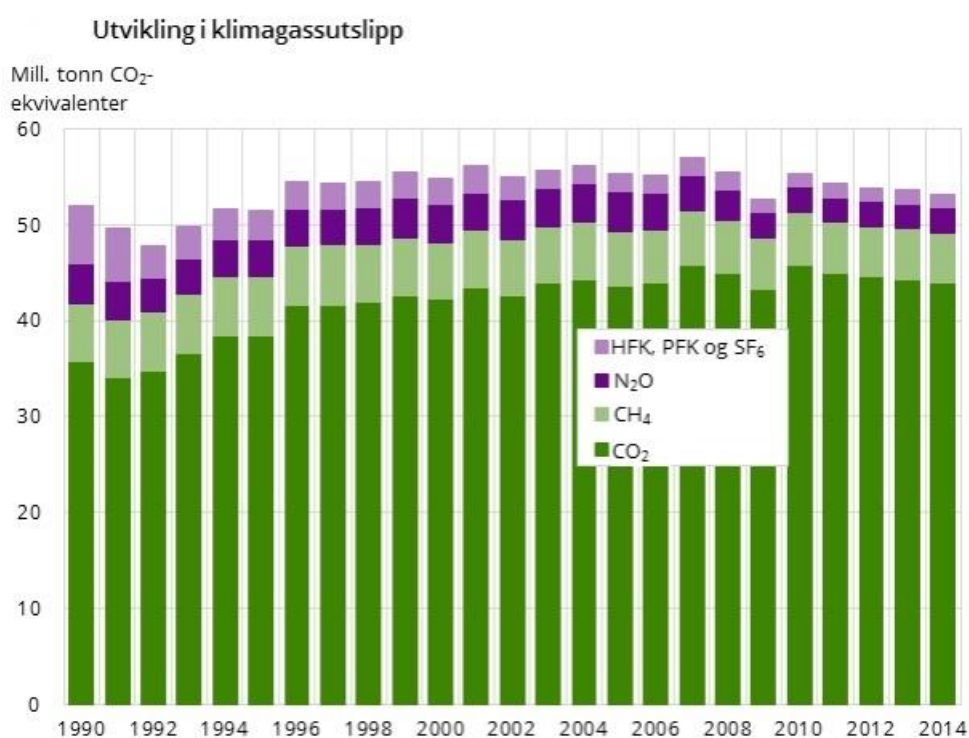


Diagram 3. Sammenlignet med 2013 ser man en nedgang på 0,3% (tilsvarer 0,2 millioner tonn) CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2012. Opphav: SSB, 2015

Det positive er at klimagassutslippene siden 2010 har hatt en samlet reduksjon av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter tilsvarende 4% fram mot 2014. Ser man på andelen CO<sub>2</sub> fra 2010 – 2014 har denne vært stabil men nedadgående. Olje- og gassutvinning er den sektoren med størst økning av utslipp. Økningen begrunnes med at industrien har benyttet naturgass i utvinningen av olje (SSB, 2015a). Som oljenasjon med vesentlige inntekter har vi et særskilt ansvar med å gå foran som et godt eksempel. For oljeindustriens del omtales Paris-avtalen av enkelte som «starten på slutten».

## 2. METODE

Definisjonen på en litteraturstudie betegnes fritt oversatt til: «...en omfattende studie og tolkning av litteratur som er relatert til et bestemt emne» (Aveyard, 2014). Metodikken omhandler fremgangsmåten man har nyttet for å hente ut relevant informasjon, hvordan man har analysert denne og hva den forteller av vitenskapelig interesse. Besvarelsen klassifiseres som en kvantitativ tilnærming som er teoretisk, hvor data fremstilles som tallmateriale. I forskningsarbeidet som besvarelsen bygger på står innsamling og analysing av data sentralt. Valg av design er gjort på bakgrunn av hva som er praktisk i forhold til problemstilling og tilnærming, samt tidligere forskning. Forfatterne har anstrengt seg for å søke innsikt og samsvar om emnet, da sammensatte data ikke er omtalt i stor grad tidligere. Det eksisterer svært mye data som omhandler emnet generelt, men disse er i liten grad satt sammen i tilsvarende kontekst tidligere. Designet kan på bakgrunn av dette klassifiseres som eksplorativt (Silkose, Olsson & Gripsrud, 2010).

Oppgaven er en litteraturstudie hvor vi har søkt etter forskningsrelatert informasjon knyttet til emnet i databaser som Idunn, Oria, Biological abstract og Science direct samt offentlig informasjon hos Statistisk Sentralbyrå (SSB) og Regjeringen.no med flere. Videre har faglitteratur som "Fra sorte til grønne karboner" og "Energi, teknologi og klima – utfordringer og handlingsrom" vært nyttet blant flere. For å finne relevante studier har man benyttet oss av søkeord på norsk og engelsk som eksempelvis «skogbrukshistorie, carbon storage in wood, carbon sequestration of boreal forest, CO<sub>2</sub>-handling, CO<sub>2</sub>-fangst", CO<sub>2</sub>-rensing, CCS» med flere. På bakgrunn av dette har vi silt ut et utvalg litterære artikler, studier og relevant informasjon på bakgrunn av validitetsnivå og kvalitet på disse.

Videre har vi analysert relevante data fra utallige bidragsytere. Dette har gjort oss i stand til å beregne tallmaterialet som omtales i datapresentasjonskapittelet. Dette har vært en omfattende prosess hvor man har satt ulike data i sammenheng for å kunne kalkulere totale potensialer for binding og lagring av karbondioksid i biomasse relatert til tre. Aktuelle originaldata som har vært benyttet i utregninger ligger som vedlegg hvor selve framgangsmåten for hver enkelt utregning blir beskrevet i tilknytning til aktuelle tabeller. Resultatene vi regnet ut har man sammenlignet med data oppgitt av skognæringen med flere i ulike forum i den hensikt å se om disse samsvarer med våre estimater.

Det teoretiske rammeverket for denne bacheloroppgaven bygger i grove trekk på litteratur hentet fra fagområdet skogproduksjon og karbonlagring, forskjellige forskningsartikler og rapporter, samt annen relevant teori som omhandler emnet.

Innledningsskapittelet er ment å sette leseren inn i dagens situasjonen for klimaet og utfordringer knyttet til klimagassen CO<sub>2</sub>. Det blir også presentert mulige metoder for karbon reduksjon.

Datapresentasjonskapittelet fokuserer på presentasjon av estimatutregninger for karbon lagret i norske boreale skoger, karbon i jord, avvirket tømmer, CO<sub>2</sub>-utslipp ved transport, foredling, levetid på trevirke og aktivitet i skogbruket. Temaene skal kaste lys over problemstillingen og resultere i en utregning av CO<sub>2</sub>-kostnader knyttet til avvirkning, hogst og transport av tømmer som skal sammenlignes med karbonbinding -binding i boreal skog, samt nedbrytning og nedbrytningstid i skog.

Man har valgt å bruke følgende fremgangsmåte for å estimere karboninnhold.

- For å beregne karboninnholdet i organisk masse, forutsettes at det foreligger data for hvor stor andel av massen som er karbon, kalt karbonprosent.
- Det forutsettes at massetettheten til objektet er kjent (kg/m<sup>3</sup>).
- Karbonetettheten (kg karbon/m<sup>3</sup>) blir funnet ved formel ((Massetetthet x prosent karboninnhold)/100), jf. eksempel 1.
- Videre brukes karbonetettheten til å beregne karboninnhold i kg ved formel: Masse (kg) = Tetthet (kg/m<sup>3</sup>) x Volum (m<sup>3</sup>), jf. eksempel 1 under.
- Estimatet resulterer i kilogram (kg) eller megatonn (Mt) karbon/karbondioksid.
- Omregning av karbon  $\leftrightarrow$  karbondioksid jf. eksempel 2 under.
- Gjennomsnittstall er nyttig grunnet datamangel på spesifikke faktorer. Man har valgt å nytte større dataserie og snitt er beregnet utfra dette. Disse oppgis i hvert enkelt tilfelle.
- Feilkilder på grunndata som er nyttig kan forklares med ymse resultater som følge av treets størrelse, abiotiske- og biotiske faktorer for voksested.



*Eksempel 1. Estimat av karboninnhold.*

Vi har  $40\text{m}^3$  med furutrær.

Karbonprosenten for ved i furustammen uten bark er  $\approx 52\%$ .

Massetetthet for furu er  $\approx 440\text{ kg/m}^3$ .

Av dette kan vi estimere karbontettheten (karbon i  $\text{kg/m}^3$ ).

Karbontetthet =  $(440\text{kg/m}^3 \times 52\%)/100 \approx 230\text{ kg karbon/m}^3$ .

Av formel masse = tetthet x volum, får vi  $(230\text{ kg karbon/m}^3 \times 40\text{m}^3) \approx \underline{9.200\text{ kg karbon}}$ .

$40\text{m}^3$  inneholder altså ca  $9.200\text{ kg karbon}$ .

*Eksempel 2. Omregning fra karbon til  $\text{CO}_2$ .*

Kjemisk formel:  $\text{CO}_2$

Atomvekt  $\text{CO}_2 = 44\text{u}$

Atomvekt karbon =  $12\text{u}$

Hvor mye karbondioksid er det i  $9.200\text{ kg karbon}$  fra eksempel 1?

Av atomvektfordelingen får vi:  $44/12 \approx \underline{3,67}$

Delsummen  $3,67$  nyttes som omregningstall fra karbon til karbondioksid (Romm, 2008).

$9.200\text{kg karbon} \times 3,67 \approx 33.764\text{ kg karbondioksid}$  i  $40\text{m}^3$  furustamme uten bark.

Dersom man skal regne fra  $\text{CO}_2$  til karbon benyttes:

$\text{Kg CO}_2 / 3,67 \approx \text{kg karbon}$ .

$33.764/3,67 \approx 9.200$

Inngangsverdier for estimering av karbon

- For å estimere karbonmengde lagret i norske skoger er det vesentlig å vite hvor stort volum stående skog som eksisterer.
- Det er av vesentlig for estimatene å kjenne til massetetthet og karbonprosentverdier for objektene karboninnholdet skal regnes ut for.
- Utvalg av treslag for kategorien lauvtrær i massetetthets tabell er gjort på bakgrunn av hva som eksisterte av data for karbonprosentinnhold.
- Samtlige estimat er gjort utfra tørrdensitet. Med mindre annet er oppgitt er alle data fra 2014.

Resultatene dras inn i diskusjonskapittelet hvor disse blir drøftet opp mot eksisterende tallmateriale og satt i sammenheng for å kunne fremstille et helhetlig bilde. For øvrig vil også utfordringer som omhandler skog- og klimapolitikk i Norge bli drøftet gjennom presentasjon av ulike synsvinkler.

Avslutningsvis vil man forsøke å resonnerer valide resultater gjennom konklusjonskapittelet med våre anbefalinger for fremtidig forskning.

### 3. RESULTAT

Som problemstillingen beskriver er det nødvendig for oppgaven at man har tall for karboninnholdet (kg karbon) og utslippstall for CO<sub>2</sub> (kg karbondioksid).

Majoriteten av datamaterialet er estimert av forfatterne selv da datamaterialet ikke var oppdatert og/eller ikke var tilgjengelig, samt at tilgjengelig data var satt i en annen kontekst. Dette presiseres gjennom tabeller for estimater. Man har sett det påkrevd å samle inn data for tema oppgitt i tabell 1 for å kunne belyse problemstillingen.

*Tabell 1. Viser oversikt over nødvendige data for estimat av karbon/CO<sub>2</sub>.*

<b>Datamateriale</b>	
<b>Karbon i skog</b>	<b>Karbon og CO<sub>2</sub> i skognæringen</b>
Estimat av karbon i stående volum	CO <sub>2</sub> -utslipp for aktivitet i skogbruksnæring
Estimat av karbon i tilvekst	Estimat av karbon i hogstavfall
Estimat av karbon i jordsmonn	Estimat av karbon i avvirket skog uten bark
Estimat av karbon i greiner	Estimat av karbon i avvirket skog med bark
Estimat av karbon i stubber og røtter	Tall for levetid på foredlet materiale
Estimat av karbon i bark	
Estimat av karbon i død ved	

### 3.1 TALL FOR STÅENDE KUBIKKMASSE

Statistikken fra landskogstakseringen har opphav i 22.000 permanente prøveflater fordelt på hele Norges landareal (Nibio, 2013).

Tabell 2. Viser stående kubikkmasse ( $m^3$ ) i norske skoger, samt årlig tilvekst for 2014.

Opphav: SSB,2015

<b>Tall for stående kubikkmasse i Norge</b>	
<b>Landskogtakseringen (2010-2014)</b>	<b>I 1 000 kubikkmeter</b>
<b>2014</b>	
<b>I alt</b>	<b>929.393</b>
Gran ( <i>P. abies L.</i> )	407.099
Furu ( <i>P. sylvestris L.</i> )	286.489
Lauv	235.804
<b>Årlig tilvekst</b>	
<b>I alt</b>	<b>25.912</b>
Gran ( <i>P. abies L.</i> )	13.821
Furu( <i>P. sylvestris L.</i> )	6.115
Lauv	5.975

### 3.2 DENSITET FOR ULIKE TRESLAG

Treets densitet eller massetetthet angir forholdet mellom masse (vekt) og volum, det vil si egenvekt. Celleveggen hos samtlige treslag har omtrent lik densitet i tørr tilstand. Det er forholdet mellom cellevegg og cellehulrom i trevirket som avgjør densiteten. Fuktigheten i treet varierer med temperatur og luftfuktighet. Fuktigheten påvirker volum og masse av tre som sveller ut når fuktigheten øker og krymper når vanninnholdet avtar. Når man omtaler densitet på tre må man på grunn av dette angi hvilken fuktighet den gjelder. Samtlige estimat er gjort utfra et gjennomsnitt av rådensitet og tørrdensitet («oven-dry density»). Med tørrdensitet menes tørr masse i forhold til tørt volum (0% fuktighet) (Weider & Skogstad, 1999).

Lauvtrærne som er presentert i tabellen over er benyttet da det kun var disse trærne det var tilgjengelige data for i tabell 5. Det ble dermed estimert et gjennomsnitt av verdiene for massetetthet for lauvtrær. Dette ansees som et representativt utvalg for arter med datamangel.

Tabell 3. Tabell viser massetettheten til ulike treslag ved tørr-rådensitet. Opphav: Tveitdal, 2005.

<b>Massetetthet kg/m<sup>3</sup></b>	
Furu ( <i>P. sylvestris</i> L.)	440
Gran ( <i>P. abies</i> L.)	405
Gråor ( <i>A. incana</i> L.)	360
Svartor ( <i>A. glutinosa</i> L.)	440
Dunbjørk ( <i>B. pubescens</i> )	510
Hengebjørk ( <i>B. pendula</i> )	510
Osp ( <i>P. tremula</i> )	405
Gjennomsnitt lauvtrær	445

### 3.3 Estimat av karbonprosent

Karbonprosenten forteller andelen karbon i biomasse målt i prosent. Tallene under er beregnet i kubikkmeter (m<sup>3</sup>). Karbonprosenten er funnet ved analyse av aske etter bombekalorimeter (Nurmi, 1993). Av tabell 4 ser vi varierende karboninnhold etter hvilken komponent av treet som er testet.

Tabell 4. Viser karboninnhold for ulike treslag og ulike deler av treet i prosent. Opphav: Nurmi, 1993

Treslag og karboninnhold	Ved			Indre bark		Ytre bark		Bark	Nåler / blader
	Stamme	Kvister		Stamme	Kvister > 5mm	Stamme	Kvister > 5mm	Kvister > 5mm	
		> 5mm	< 5mm						
Furu ( <i>P. sylvestris</i> L.)	52,34	53,53	50,83	40,83	52,33	55,75	56,35	54,99	52,20
Gran ( <i>P. abies</i> L.)	52,43	53,36	50,37	49,70	50,20	55,56	56,10	54,02	51,30
Gråor ( <i>A. incana</i> L.)	49,09	48,21	49,17	49,67	48,34	64,09	60,58	51,53	49,75
Svartor ( <i>A. glutinosa</i> L.)	46,64	47,90	48,45	50,29	50,09	58,52	62,06	53,97	50,95
Dunbjørk ( <i>B. pubescens</i> )	50,97	50,97	48,39	52,20	52,49	72,64	68,37	57,82	49,12
Hengebjørk ( <i>B. pendula</i> )	47,43	48,67	48,05	48,00	48,60	66,71	64,34	50,24	48,68
Osp ( <i>P. tremula</i> )	46,21	46,84	50,23	48,95	47,81	52,71	52,94	48,05	48,23

### 3.4 ESTIMAT AV KARBONBINDING I TILVEKST

Beregninger er gjort jf. eksempel 1. For å kunne estimere karboninnholdet i tilvekst har det vært nødvendig å inkludere tilvekst, med og uten bark, for å få en totaloversikt av karboninnholdet. Tabellen «Karbon i tilvekst uten bark» er videreført fra tabell 2, for tilvoksende kubikkmasse. Massetetthet er ført fra tabell 3 og karbonprosenten er hentet fra tabell 4. Estimatenes er gjennomført i henhold til eksempel 1.

Tabellen «Karbon i bark for tilvekst» har opphav i tabell 2-4. Massetettheten for bark er estimert utfra tilgjengelig data (Miles & Smith, 2009), jf. vedlegg 1. Man har anvendt gjennomsnittsverdier for massetetthet slik Miles & Smith beskriver i sin rapport med hensyn til framgangsmåten for beregning av gjennomsnittsverdier.

Karbonprosenten er estimert utfra tabell 4, hvor verdiene for hvert treslag for indre og ytre karbonprosent er summert. Videre er det beregnet gjennomsnitt for alle verdiene.

Gjennomsnittsverdiene for lauvtrær er bearbeidet hvor det er tatt gjennomsnitt av snittverdiene, for på denne måten få et representativt utvalg lauvtrær.

Utrekningene følger eksempel 1, med unntak av endring av kubikkmassen for tilvekst hvor denne multipliseres med barkprosent. For øvrig er estimerer i henhold til eksempel 1.

Samme prosedyre for (tabell 7) gjennomsnittsverdier er anvendt her som beskrevet på side 28. Massetettheten for greiner er hentet fra tabell 3. Biomasseprosent greiner er hentet fra vedlegg 3 (Hobbestad, 2007). Karbonprosent for bark er estimert utfra tabell 4. Barkprosent for treslag er estimert ved at indre og ytre prosentforhold er summert for deretter å beregne gjennomsnitt for samtlige. Snittverdier for lauvtrær er bearbeidet ved at det er tatt gjennomsnitt av snittverdiene, for på denne måten få et representativt utvalg lauvtrær.

Karbonprosenten for ved kvister ( $5 > < 5$ ) er hentet fra tabell 4. Her er verdiene for hvert treslag summert, og det er beregnet gjennomsnitt for alle verdiene. Tabellen følger utregningene i eksempel 1. med unntak av biomasseprosent for greiner som multipliseres med verdier for stående kubikkmasse i tilvekst. Resultatet gir volum av biomassen for greiner representert i tilveksten. For øvrig jf. eksempel 1.

Tabell (7) Karbon i stubber og røtter for tilvekst har opphav i tabell 2-4. Massetettheten for bark er estimert utfra tilgjengelig data (Miles & Smith, 2009), jf. vedlegg 1. Dette er tidligere beskrevet på side 28. Data for massetetthet som er benyttet for ved i stubber og røtter svarer til data for stamme ved. Bakgrunnen for skyldes at det ikke er praktisk mulig å finne data for

massetetthet for røtter og stubber. Vi er av den formening at ved for stamme og stubber harmonerer. Noen avvik kan forekomme mellom massetetthet for stamme og røtter. Biomasseprosent er hentet fra vedlegg 3 (Hobbestad, 2007). Karbonprosent for bark er estimert utfra tabell 5, hvor enkeltverdier for hvert treslag, indre og ytre bark karbonprosent, er summert. Videre er det beregnet gjennomsnitt for alle verdiene. Gjennomsnittsverdiene for lauvtrær er bearbeidet og det er kalkulert gjennomsnitt for resultatet. Dette i den hensikt av tallene skal representere et representativt utvalg for lauvtrær. Karbonprosent for ved er videreført fra tabell 4, hvor karbonprosent for stamme ved er nyttet. Det er estimert gjennomsnittsverdier for lauvtrær. Tabellen følger estimat jf. eksempel 1. med unntak av at biomasseprosent for stubber og røtter multipliseres med verdier for stående kubikkmasse i tilvekst. Resultatet gir volum av biomassen for greiner representert i tilveksten.

Tabell 5. Tabellen viser karboninnhold for tilvekst uten bark, \* markerer gjennomsnittsverdier

Opphav. Miles & Smith, 2009/Nurmi, 1993/SSB, 2015/Tveitdal, 2015

<b>Karbon i tilvekst uten bark</b>					
Treslag	Tilvekst kubikkmasse	Masse-tetthet per m <sup>3</sup>	Karbon-innhold per m <sup>3</sup> i prosent	Karbon-tetthet i kg/m <sup>3</sup> .	Karbon-innhold totalt i Mt
Furu	6.115.000	440	52,34	230,29	1,4
Gran	13.821.000	405	52,43	212,34	2,93
Lauvtrær	5.975.000	445*	48,07*	213,91	1,27
Sum					5,6

Tabell 6. Tabellen viser karboninnhold i bark for tilvekst, \*markerer gjennomsnittsverdier

Opphav: Nurmi, 1993/SSB, 2015/Tveitdal, 2015

<b>Karbon i bark for tilvekst</b>							
Treslag	Tilvekst i kubikkmasse uten bark m <sup>3</sup>	Bark %	Kubikkmasse bark i stående volum m <sup>3</sup>	Masse-tetthet per m <sup>3</sup> bark	Karbon-innhold per m <sup>3</sup> i %	Karbon-tetthet i kg/m <sup>3</sup> .	Karbon-innhold totalt i Mt
Furu	6.115.000	16,1	984.515	438	48,29	211,51	0,208
Gran	13.821.000	12,6	1.741.446	406,42	52,63	213,89	0,372
Lauvtrær uten bark*	5.975.000	11,3*	678.760	546,66*	56,38*	308,17	0,209
Sum							0,789



Tabell 7. Tabellen viser karboninnhold i stubber og røtter for tilvekst, \*markerer gjennomsnittsverdier.

Opphav: Hobbestad, 2007/Miles and Smith, 2009/ Nurmi, 1993/SSB, 2015/Tveitdal, 2015

### Karbon i stubber og røtter for tilvekst

Treslag	Stående kubikkmasse tilvekst m <sup>3</sup>	Biomasse prosent stubber/grove røtter	Andel biomasse for stubber/grove røtter	Massetetthet for ved i stubber / grove røtter	Masse-tetthet for bark greiner	Karboninnhold ved per m <sup>3</sup> i prosent	Karboninnhold bark per m <sup>3</sup> i prosent	Karbontetthet i kg/m <sup>3</sup> i ved	Karbontetthet i kg/m <sup>3</sup> for bark	Karbon-innhold totalt i Mt
Furu	6.115.000	21	1.284.150	440	438	48,29	48,29	212,48	211,51	0,54
Gran	13.821.000	21	2.902.410	405	406,42	52,63	52,63	213,15	213,90	1,24
Lautrær	5.975.000	12*	717.000	445*	546,66*	56,38*	56,37	245,80	308,15	0,40
Sum										2,18

Tabell 8. Tabellen viser karboninnhold i greiner for tilvekst, \*markerer gjennomsnittsverdier.

Opphav: Hobbestad, 2007/Miles and Smith, 2009/ Nurmi, 1993/SSB, 2015/Tveitdal, 2015

### Karbon i greiner for tilvekst.

Treslag	Stående kubikkmasse tilvekst m <sup>3</sup>	Biomasse prosent greiner	Andel biomasse for greiner i tilvekst.	Massetetthet for ved greiner	Massetetthet for bark greiner	Karboninnhold ved for greiner m <sup>3</sup> i prosent	Karboninnhold bark per m <sup>3</sup> i prosent	Karbontetthet i Kg/m <sup>3</sup> i ved	Karbontetthet i Kg/m <sup>3</sup> for bark	Karbon-innhold totalt i Mt
Furu	6.115.000	14	856.100	440	438*	52,32*	48,29*	212,48	211,51	0,36
Gran	13.821.000	17	2.349.570	405	406,42*	52,05*	52,63*	213,15	213,89	1,00
Lautrær	5.975.000	18*	1.075.500	445*	546,66*	48,48*	56,35*	250,87	308,17	0,60
Sum										1,96

### 3.5 ESTIMAT AV KARBONINNHOLD I HOGSTAVFALL

Hogstavfall er beregnet til å være ca 0,56 m<sup>3</sup> hogstavfall per m<sup>3</sup> tømmer (Løken, Eriksen, Astrup, Eid, 2012). Beregnet hogstavfall estimeres slik: Volum for avvirket tømmer multiplisert med 0,56 = beregnet hogstavfall. Det er beregnet et gjennomsnitt av verdier for karbonprosent og massetetthet. Dette er totalverdier ut i fra vedlegg 4 for massetetthet og karbonprosent. Det anslås å være miljømessig forsvarlig med et uttak av hogstavfall beregnet til 60% (Løken et al., 2012).

Tabell 9. Tabellen viser estimat for karboninnhold i hogstavfall for 2015, \* markerer gjennomsnittsverdier  
Opphav. Løken et al., 2012/SSB, 2015d/ Nurmi, 1993/Tveitdal, 2015

Estimat av karboninnhold i hogstavfall 2015						
Avvirket tømmer i m <sup>3</sup>	Beregnet hogstavfall i m <sup>3</sup>	Gjennomsnittlig karbonprosent for treslag	Gjennomsnittlig massetetthet for treslag	Karbontetthet i hogstavfall	Karboninnhold i hogstavfall i Mt	Miljømessig forsvarlig uttak på 60% i Mt
10.159.000	5.689.040	52,34*	438,57*	229,54	1,3	0,78

### 3.6 ESTIMAT FOR KARBON I AVVIRKET SKOG

Karbon lagret i avvirket tømmer har opphav fra Landskogstakseringen (SSB, 2015b).

Massetettheten er hentet fra tabell 3. Verdier og utregning brukt er samme som for tabell 5.

Tabell 10. Tabellen viser estimat for karboninnhold i avvirket skog for 2015, \*markerer gjennomsnittsverdier.

Opphav: SSB, 2015d/Tveitdal, 2015

#### Karbon lagret i avvirket skog, uten bark 2015

Treslag	Årlig avvirkning i m <sup>3</sup>	Massetetthet kg/m <sup>3</sup>	Karbondetthet kg/m <sup>3</sup>	Karbon i avvirket tømmer i kg	Karbon i avvirket tømmer i Mt
Furu	2.441.000	440	230,30	562.162.300	0,56
Gran	7.551.000	405	199,23	1.504.385.730	1,50
Lauvtrær	167.000	445*	209,59*	35.001.530	0,035
Sum				2.101.549.560	2,1

### 3.7 CO<sub>2</sub>-UTSLIPP FOR AKTIVITET I SKOBRUKSNÆRINGEN

Tabell 11 er hentet fra aktivitetsdata 2007 (Flæte, 2009), avvirket volum i m<sup>3</sup>-verdier stammer fra «Skogavvirking for salg 2015» (SSB, 2015c).

Tabell 11. Tabellen viser estimat på utslipp per m<sup>3</sup> avvirket fra aktivitet i skogbruket fordelt på ulike faktorer.  
Opphav: Flæte, 2009/SSB, 2015d

<b>CO<sub>2</sub> - utslipp for skogbruksnæringen 2015</b>				
Utslippsfaktor	Gram/m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> - utslipp	Avvirket i m <sup>3</sup>	Utslipp CO <sub>2</sub> i gram	Utslipp CO <sub>2</sub> i tonn
Skogfrøproduksjon, herunder drift av Skogfrøverket	1,61	10.159.000	16.355.990	16,35
Produksjon av skogplanter, herunder oppvaring av veksthus (olje fyr)	162,37	10.159.000	1.649.516.830	1.649,51
Markberedning- diesel	37,28	10.159.000	378.727.520	378,72
Skogplanting, bensin til transport av mannskap, utstyr og planter	21,69	10.159.000	220.348.710	220,34
Ungskogpleie, bensin (ryddesag)	137,56	10.159.000	1.397.472.040	1.397,47
Avvirkning og terreng transport, diesel hogstmaskin/lassbærer	6257,58	10.159.000	63.570.755.220	63.570,76
Tømmertransport på bilvei av sagtømmer, diesel	4526,76	10.159.000	45.987.354.840	45.987,35
<b>Sum CO<sub>2</sub></b>				<b>113.220,53</b>

### 3.8 TALL FOR LEVETID PÅ TREVIRKE

ISO-standard 15686-1 (2011) definerer levetid som: «den tiden etter oppføring hvor bygningen eller bygningsdelene møter kravene til ytelse». Tilnærmingen med å bedømme de viktigste påvirkningsfaktorene er logisk og egnet for modellering av levetiden til trevirke (Brischke & Thelandersson, 2014). Gjennom feltstudier, aktuell litteratur og eksperterfaringer er det utarbeidet data for levetid i år for et utvalg av trematerialer på ulike bruksområder utendørs i Norge (Gobakken, Alfredsen, Brischke & Flæte, 2014). Man skiller mellom utskifting av trematerialer grunnet endt levetid (manglende yteevne) og utskifting grunnet foreldelse (estetiske-, teknisk-, eller økonomisk karakter). Med foreldelse menes her at trematerialet skiftes ut med nytt materiale på tross av at funksjon og yteevne er intakt (Gobakken et al., 2014).

Tabell 12. Tabellen viser bruksområde og forventet levetid på treslag med hensyn til råtesopp.  
Opphav: Gobakken et al., 2014

Forventet levetid i år på trevirke		
Trevirke	Bruk	Forventet levetid
Furu kjerneved	Kledning	60
	Terrasse	>15
	Jordkontakt	<5
Furu yteved	Kledning	>15
	Terrasse	>5
	Jordkontakt	<5
Gran	Kledning	60
	Terrasse	>5
	Jordkontakt	<5
Bjørk	Kledning	>15
	Terrasse	>5
	Jordkontakt	<5
Or	Kledning	>15
	Terrasse	>5
	Jordkontakt	<5
Osp	Kledning	>15
	Terrasse	>5
	Jordkontakt	<5

### 3.9 INDUSTRIVIRKE FOR SALG

Tabellen viser avvirking fordelt på ulike sortimenter, verdier for sortimenter i m<sup>3</sup> er hentet fra «Avvirking av industrivirke for salg, etter sortiment» (SSB, 2016) og tabellene 2-4.

Utrekningene følger eksempel 1. Samtlige verdier i «Karbon i Mt» er avrundet.

Tabell 13.. Viser sortiment for avvirket tømmer for 2015.

Opphav: SSB, 2015d

<b>Avvirking av industrivirke for salg</b>					
Sortiment	Volum m <sup>3</sup>	Massetetthet	Karbonprosent	Karbontetthet	Karbon i Mt
<b>Furu skurtømmer</b>	1.404.000	440	52,34	230,29	0,32
<b>Furu sams skurtømmer og massevirke</b>	54.000	440	52,34	230,29	0,01
<b>Furu massevirke</b>	982.000	440	52,34	230,29	0,23
<b>Gran skurtømmer</b>	4.047.000	405	52,43	212,34	0,86
<b>Gran sams skurtømmer og massevirke</b>	403.000	405	52,43	212,34	0,09
<b>Gran massevirke</b>	3.100.000	405	52,43	212,34	0,66
<b>Lauvtre skurtømmer</b>	0	445	48,07	213,98	0,00
<b>Lauvtre sams skurtømmer og massevirke</b>	0	445	48,07	213,95	0,00
<b>Lauvtre massevirke</b>	167.000	445	48,07	213,95	0,035
<b>Totaler</b>					
Sum massevirke	4.249.000				0,92
Sum skurtømmer	5.451.000				1,18
Sum sams skurtømmer og massevirke	457.000				0,10
Sum Totalt	10.157.000				2,20

### 3.10 TOTALT KARBONINNHOLD I NORSKE SKOGER

Estimatet et gjort for karbon i stående kubikkmasse som fører resulterer i 17.556,9 Mt CO<sub>2</sub> lagret i norsk skog og skogsjord. Fremgangsmåten tilsvare metoden nyttet for tabell 5-8.

Tabellen er ment som et supplement til 14 & 16.

Tabell 14. Viser resultater for totale estimater for karbon i tilvekst.

<b>Karbon i tilvekst totaler.</b>	
Totalt karbon i tilvekst	Karbon i Mt
Karbon i stående tilvekst	5,6
Karbon i bark for tilvekst	0,79
Karbon i greiner for tilvekst	1,85
Karbon i stubber og røtter for tilvekst	2,18
Sum total for tilvekst i karbon	10,35
Sum total for tilvekst i CO <sub>2</sub>	37,98

Tabell 15. Viser resultater for totale estimater for karbon i norske skoger. Opphav: jf. vedlegg 10-14

<b>Karbon totalt for norske skoger</b>	
Kategori	Karbon i Mt
Karboninnhold i stående volum uten bark	202,85
Karbon i bark for stående volum	28,90
Karbon i greiner for stående volum	66,07
Karbon i stubber for stående volum	70,83
Karbon for død ved i skog	106,67
Karbon lagret i jord	4309,82
Sum totalt karbon	4783,90
Sum totalt CO <sub>2</sub>	17556,90

Tabell 16. Viser resultater for totale estimater for karbon i skog industrien.

<b>Karbon totalt for skogbruksindustrien</b>	
Kategori	Karbon i Mt
Karbon i årlig avvirkning	2,10
Karbonutslipp for aktivitet i skogbruket	0,03
Karbon i hogstavfall (miljømessig forsvarlig uttak på 60%)	0,78
Sum totalt karbon	2,91
Sum i totalt i CO <sub>2</sub>	10,67

## 4. DISKUSJON OG KONKLUSJON

### 4.1 DISKUSJON

Siste års debatter omkring karbonlagring i skog involverer to ytterpunkter. Man har talsmenn for vern av skog, og for skogsektoren som har visjoner om økt avvirking. Partene forkynner at deres visjon for skogbruket er bærekraftig for miljøet. Det later til at partenes standpunkt ikke lar seg forene, muligens grunnet betydelige interessekonflikter. Partene er enige om at karbonlagringspotensialet i biomasse er betydelig. «Vernesiden» har ytret at man ønsker å utnytte potensialet under forutsetning av at skogen ikke blir påvirket i særlig grad. «Skogsiden» hevder at et kontinuerlig uttak hvor karbon lagres i trevirkeprodukter, med økt skogplanting er korrekt forvaltning av karbonlageret.

Det er en risiko å tenke seg at data som er innsamlet ikke kan ha avvik og er feilfrie. I særskilt grad gjelder dette når det forskes på temaer i tilknytning til naturen hvor man prøver å omforme «naturen» til konkrete tall. Naturlige påvirkningsfaktorer som abiotiske- og biotiske faktorer utgjør sammen med proveniens (stedegenhet) en sentral rolle i valideringen av data innsamlet for denne bacheloroppgaven.

Hvilken kontekst og metode man benyttet for å estimere tallmateriale i denne oppgaven er vesentlig for resultatet. Basisverdiene: massetetthet (Tveitdal, 2005), karbonprosent (Nurmi, 1993) og tall for ståendekubikkmasse og tilvekst (SSB, 2015), har andre anliggender enn hva som er gjeldene for denne bacheloroppgaven. Atskillige rapporter med mer har blitt veid og funnet for lett med hensyn til validitet, og er av denne årsaken ikke benyttet.

Tveitdal's (2005) tabell i vedlegg 4, viser median verdi for massetettheten for tørt minus rått trevirke. Dette kan være en påvirkningsfaktor for resultatene i og med at massetettheten til trær i sitt naturlige miljø bør være høyere sammenlignet med tørt virke. Massetetthet inngår i alle utregningene foretatt i tilknytning til karbon i denne oppgaven og kan således påvirke resultatet.

Nurmi's (1993) tabell for karbonprosent er basert på små trær. Nurmi påpeker at resultatet for karbonprosent var noe varierende for tre innenfor samme art. Det er avgjørende for densiteten hvilke vekstforhold treet har hatt. Små trær og godt voksne trær kan altså ha en forskjellig



karbonprosent. Dermed tiltar usikkerhetsmomentet for vekstforutsetningen noe og validiteten reduseres noe.

Data for stående volum og tilvekst (SSB, 2015) er tall basert på 22.000 prøveflater delt på hele landet. Resultatene er utfra prøveflatene kan kun resultere i et gjennomsnitts estimat for hele landet, stokastiske forandringer kan føre til avvik i representative verdier.

Ikke alt datamateriell i kildene er diskutert her, da feilkildene kan bestå av det samme som er angitt tidligere, med andre ord statistisk usikkerhet. Dataene som er benyttet bygger på estimater og ikke presise tall. Vi har vurdert det dithen at de er pålitelige da de har blitt godkjent, utgitt og har mottatt aksept innenfor berørte fagfelt. Det er lagt ned mye ressurser i kvalitetskontroll av tabeller og utregninger, så man formoder at det vil foreligge et minimum feilkalkuleringer.

Studerer man tall for stående masse og tilvekst i tabell 2 ser man at tilveksten utgjør i underkant av 3% av stående masse. SSB (2015e) opplyser at det ble plantet hele 30,9 millioner planter på landsbasis i 2015. Dette utgjør en økning av skogplanting som tilsvarer over 30% sammenlignet med 2011. Det er dog rimelig å tenke at man enda ikke ser resultatet av resultatet av økningen i planteintensiteten, da disse treerne enda vil være unge.

Økningen i planting samsvarer med norsk skogpolitikk hvor man har satt som mål å øke avvirkingen, fra 10 millioner m<sup>3</sup> til 15 millioner m<sup>3</sup>, innenfor rammen av et bærekraftig økonomisk skogbruk (Framstad & Sverdrup-Thygeson, 2015). I Meld. St. nr. 21 (2011-2012) *Norsk klimapolitikk* (Klima- og miljødepartementet, 2012) kunngjorde styresmaktene å øke produktivt skogareal gjennom økt skogplanting. Skogbruksloven regulerer forynging etter hogst jf. § 6 *Forynging og stell av skog* (bærekraftforskriften §§ 6, 7 og 8). Dette alene forklarer naturligvis ikke det faktum at vi har en årlig tilvekst på om lag 25 mill. m<sup>3</sup> da avvirkingen kan anslås til 10 mill. m<sup>3</sup>. Det er nærliggende å anta at det kan være en kombinasjon av skogbrukslovens forskrifter om tilskuddsordning, politiske føringer og skognæringens mål som bunner ut i den kraftige økningen av skogplanting.

Det bør nevnes at skogen i sin helhet utvikler seg hurtigere enn hva plantingens tilsier. Bakgrunnen for dette diskuteres av forskerne. Man tror at en sammensetning av varmere klima, utvidet vekstsesong, reduksjon i beitetrykk, økende CO<sub>2</sub>-konsentrasjon og nitrogen i lufta kan være en medvirkende årsak (Pretzsch, Biber, Schütze, Uhl & Rötzer, 2014). Det anbefales her videre forskning for å kartlegge hvilke faktorer som bidrar til hurtigere vekst.

Som nevnt tidligere har norsk skogpolitikk målsetning om økning i avvirkning og tilvekst. Det må kunne antas at blant annet rapporten «*Planting av skog på nye arealer som klimatiltak*» fra Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning samt Norsk institutt for skog og landskap (2013) kan ha bidratt til kunnskapsgrunnlaget som førte til et politisk vedtak om økning i tilvekst. Her fastslås det at granplanting kan økes med 40% sammenlignet med dagens nivå. Det fastslås videre at gran har høyest CO<sub>2</sub>-opptak og er av økonomisk betydning for skognæringen. Vårt estimat på karboninnhold pr. m<sup>3</sup> (Tabell 4) bekrefter at treslaget gran har høyest opptak. Sistnevnte rapport konkluderer med at planting i størrelsesorden 50.000 daa over en 20-års periode, noe som tilsvarer 1 mill. daa. Rapporten anslår ikke karbonlagringspotensialet (Miljødirektoratet med flere, 2013). Derimot har rapporten «*Klimakur 2020*» fra Klima- og forurensningsdirektoratet, Oljedirektoratet, NVE, Vegdirektoratet og SSB (2010) anslått at en planting i denne størrelsesorden over en 20-års periode vil kunne ha et potensiale for lagring av CO<sub>2</sub> på i overkant av 40 mill. tonn (Klimakur 2020, 2010).

Økt planting og avvirkning av skog er et særlig omdiskuterte klimatiltak. Dette skyldes at man er usikker på om tiltakene bidrar positivt i klimasammenheng. Miljøvernorganisasjon WWF er av den formening at tiltakene, avvirkning og tilvekst, tvert imot vil kunne bidra til økt CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i atmosfæren. De uttaler at det sikreste klimatiltalet per i dag er vern av skog (Myhre, 2012).

Når det gjelder densitet eller massetetthet på treslag jf. tabell 3 vil dette normalt påvirkes av flere faktorer som treslag, bestand klima og vekstområde. Klimaendringer med en temperaturøkning vil kunne føre til lengre vekstsesong og varmere klima. Dette kan på sikt påvirke densiteten da man vil få en økning i andelen av sommerved. En høyere andel sommerved vil kunne gi høyere densitet (Weider & Skogstad, 1999). Om dette kan ha betydning for eksempelvis bæreevne i trevirke på sikt krever ytterligere forskning.

Karboninnhold i hogstavfall presenteres i tabell 9. Med hogstavfall menes i denne sammenhengen greiner og topper (GROT), og stubber er utelatt da det ikke foreligger uttak på disse per i dag. Jamfører man tallene for avvirket tømmer i m<sup>3</sup> og hogstavfall i m<sup>3</sup> er det tankevekkende at hogstavfallet fra avvirkningen utgjør 56% av totalt avvirket. Dersom hogstavfallet blir igjen i skogen etter avvirkning og på denne måten bidra til økt karboninnhold i jordsmonnet i skog. Det er verdt å merke seg at uttak av GROT reduserer

mengden «ground fuel» med hensyn til skogbranner, men samtidig øker risikoen for antennelse ved uttak grunnet gnistfare (Klimautvalget, 2016).

Løken et al. (2012) beskriver et miljømessig forsvarlig uttak av hogstavfall til å være 60% jf. tabell 9, noe som tilsvarer et betydningsfullt potensiale på 0,78 Mt karbon. Dette kunne vært utnyttet effektivt til fornybare energiformål som eksempelvis produksjon av biodiesel eller bioetanol. ECON Pöyry (2008) presenterer i sin rapport «*Virkemidler for andregenerasjons biodrivstoff*» at Norge med årlig uutnyttet biomasse kan produsere biodiesel til å dekke opp mot 50% av autodieselforbruket.

Avvirking av tømmer er beregnet til å medføre et tap fra naturlige karbonlager på ca. 2,1 Mt karbon jf. tabell 10, og her medregnes ikke hogstavfall på 0,78 Mt. Avvirkningen av skog står som den største utslippsposten av karbon for skogbruket totalt sett (tabell 16).

Dette er ikke redelig å formulere det slik da mye av karbonet ender opp i bygg og anlegg som skurtømmer eller som papp og papir fra massevirke jf. tabell 13 eller eventuelt som biobrensel. Nøyaktig hvor mye av karbonet som raskt returneres til atmosfæren er usikkert. Det er videre knyttet stor usikkerhet til både levetid for foredlet trevirke og levetid for trær i skog. Man har erfart gjennom innsamling av datagrunnlag at manglende forskning og/eller mangelen på tilgjengelig kvantitative data innfor fagfeltene setter en stopper for hva man kan hevde uten rimelig tvil.

Tabell 13 viser at det produseres mest skurtømmer og det innehar størst potensiale for lagring av karbon. For skurtømmer er den teknisk levetiden for bartrær i kledning på ca. 60 år, jf. tabell 12. Gobakken et al. (2014) beskriver i sin rapport at yteevnen på trevirke varierer etter faktorer som vedlikehold, estetiske, tekniske og økonomiske forhold. Dette resulterer i levetid for trevirke på omkring 30 år. Massevirke er det produktet som omdannes raskest til atmosfærisk CO<sub>2</sub> da den effektive levetiden er vesentlig mindre enn for skurtømmer, selv med resirkulering.

Effektene som følger uttak av tømmer er flere. Summen av biomasse som skogbruket avvirker jf. tabell 9 kunne inngått i biologiske prosesser og dannet et utpreget godt grunnlag for biologisk mangfold (Framstad & Sverdrup-Thygeson, 2015). Hvordan avvirkning av skog påvirker karbon lagret i jordsmonnet jr. (tabell 15) er lite fagstoff tilgjengelig. Dalsgaard et al. (2015) forventer et utslipp på 7-22% fra områder med flatehogst, men mener bindingen over

tid i ny skog veier opp for karbonet som tapes i tiden mellom hogst og etablert skog. En betraktelig økning i avvirkning av skog.

Norsk skogbruk slipper ut 113.220,53 tonn CO<sup>2</sup>, jf. tabell 11. Avvirkning med hogstmasking/terrengtransport og tømmertransport på bilvei må ansees som to markante bidrag til CO<sup>2</sup>-utslipp fra næringen. Disse prosessene utgjorde alene over 95% av totale CO<sup>2</sup>-utslipp. Resten av utslippene stammer fra diverse skogkulturarbeid. Bakgrunnen for disse høye CO<sup>2</sup>-utslippene kan nok i stor grad skyldes lang transportetappe fra hogstfelt til industrilevering. En økning av kjørelengde i terreng og på vei øke CO<sup>2</sup>-utslippet per avvirket m<sup>3</sup>.

I rapporten «*Klimagassutslipp i skogbruket – fra frø til industriport*» sammenligner Timmermann & Dibdiakova (2013) kjøretøy for transport av tømmer. Resultatene viser at større tømmerbiler har lave opp mot 25% lavere CO<sup>2</sup>-utslipp pr m<sup>3</sup> enn de mindre kjøretøyene. Alternativene som nevnes større bruk av jernbane eller båt som gir betraktelig lavere utslipp. Det foreligger utfordringer forbundet med disse mulighetene som kapasitetsmangel, beskjeden lønnsomhet på mindre transportetapper, logistikkmessige utfordringer og manglendeinfrastruktur som er tilrettelagt for lasting og lossing av tømmer.

Problemstillingens første del tar for seg om produkter fra økt avvirkning av skog kan bidra til langtidslager for karbon. For å sette dette i perspektiv jf. tabell 12 kan det være hensiktsmessig å nevne at man har gjort undersøkelser omkring langtidslagring. I skogøkosystemer som har vært skånet for inngrep fra menneskelig aktivitet har man undersøkt jordsmonnet. Her er det gjort funn av karbon i organisk materiale som er dannet om lag 1.000 år f.Kr. (Sabima, 2012). Når man vet at karbonlagring i trevirke i ytterkledning på hus har en levetid opp mot 60 år, jf. tabell 12 vil skognæringens argumentasjon kanskje omformuleres til temporære karbonlagre?

Det vil også ligge potensiale for bruk av tre som substituerende for andre klimanegative materialer som betong og stål. Potensialet krever mer forskning.

I tabell 9 kan en betrakte at avvirkning av trær i Norge lå på omlag 10 mill. m<sup>3</sup> avvirket skog for 2015. Fra tabell 16 ser vi at det totale karbonutslippet fra skogaktivitet lå på 2,91 Mt. Tilveksten utgjorde om lag 10,36 Mt. Estimaten kan brukes ved en diskusjon om hvorvidt vern av skogene i Norge kan føre til større binding og lagring av karbon. Først og fremst vil et utbredt vern av skogen gjøre at utslippene fra skogaktiviteten og uttak av karbon i biomasse

vil gå hurtig ned dersom verneprosessene skjer innen rimelig tid. Samtidig anslår man at tilveksten i fremtiden intensiveres som følge av siste års utstrakte beplantning på hele 30,9 mill. planter i 2015 (SSB, 2015e).

Tilvekst minus avvirkning = karbonlagring? Besparelsen av karbonutslipp ved å stoppe all avvirkning vil ligge på rundt 28.11 % eller 7,44 Mt karbon årlig dersom man forutsetter konstante verdier for avvirkning og tilvekst. Hvorvidt man konkret kan bespare 7,44 Mt karbon på å stoppe avvirkning av skog er kan ikke garanteres. Konsekvensene som følge av økt trelastimport, langtransport av treprodukter og økt bruk av klimanegative materialer vil kunne føre til betydelige utslipp av karbon gitt at den norsk tre produksjon stopper opp. Skogtypenes betydning for det biologiske mangfoldet er svært sammenfattende med skogtypens evne til å binde og lagre karbon (Framstad et al., 2011). Verdifulle skogarealer utgjør om lag 27% av skogarealet i Norge (Framstad et al., 2011) hvor fokus av vern burde ligge.

Problemstillingens siste del som omhandler en sammensetning av vern og skog som et miljømessig alternativ for karbonlagring kan antakelig med omfattende utredninger og tiltak være et alternativ. Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning og Norsk institutt for skog og landskap (2015) skisserer i sin oppdragsrapport «*Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030*» en beslektet modell med anbefalinger. Disse er blant annet planting av skog, i hovedsak gran, på nye arealer som klimatiltak. Intensjonen er å øke karbonlageret i skog ved å plante på nye arealer.

Forslaget møtte motstand av forskere og miljøorganisasjoner da den tar utgangspunkt i at treplanting er et positivt klimatiltak. Motstandernes hovedargument er granplanting utenfor utbredelsesområde er en trussel mot biologisk mangfold samt at det er i strid med FNs konvensjon om biologisk mangfold, artikkel 3 (FN, 1992). WWF (2013) uttaler at klimaeffekten av tiltaket er tvilsom og sannsynligvis negativ. Videre hevdes det at den økonomiske rammen for tiltaket kan utnyttes bedre gjennom skogvern. Andre interessante tiltak som nevnes er redusert avskoging, skogkulturtiltak, oppfylling av foryngelsesplikten, avverge hogst av ungskog og utnyttelse av hogstavfall. Det later til at kunnskapsgrunnlaget er for slett med hensyn til anbefalingene.

## 4.2 KONKLUSJON

Problemstillingene som har vært involvert i oppgaven har stor nasjonal og internasjonal interesse. Dette bunner ut i at det eksisterer mye forskning og datamateriale av ulik karakter om emnet. Hovedfunn i relasjon til problemstillingen gjengis i det følgende.

Langtidslagring av karbon gjennom økt avvirkning av skog og foredling til trevirke kan i beste fall påstås på bakgrunn av feilaktig eller mangelfullt kunnskapsgrunnlag. Primært fordi begrepet langtidslagring i denne sammenhengen må kunne betegnes som tvilsom om man studerer levetiden på trevirke. Sekundært kan avvirkningen være en trussel mot biologisk mangfold gjennom beskatning av viktige naturtyper, forringelse av habitater og økosystemer. Tertiært fordi karboninnholdet for den såkalte langtidslagringen i trevirke utgjør om lag 0,04 % karbon om man sammenligner med totalestimat for karboninnhold for norske skoger.

Vern av skog kan bidra til en økt lagringsgevinst for karbon sett fra et miljømessig perspektiv. Nå er den miljømessige gevinsten en av mange faktorer i skogforvaltning. Man har også økonomiske interesser, biologisk mangfold og friluftsverdier som skal besørges. Av denne grunnen må et utpreget vern av skog for allmenheten kunne ansees som uheldig. Det er en sterk sammenheng mellom skogtypenes betydning for det biologiske mangfoldet og skogtypens evne til opptak, binding og lagring av karbon.

En kombinasjon av vern og avvirkning av skog hvor intensjonen er å øke karbonlagringen må kunne antas å være det prefererte alternativet. Skognæringen bør ha som mål å oppfylle dagens forventninger om å være både økologisk og økonomisk bærekraftig. Næringa kan drive et relativt omfattende og profitabelt uttak av tømmer. Det er av vesentlig betydning for mangfoldet at man tar hensyn til biologisk betydningsfulle områder.

Det forekommer tilfeller hvor forskningsdata blir misbrukt eller misforstått. Man har nyttet data hvor det foreligger mangler og/eller er usikkerhetsmomenter knyttet til bruk av dette. Våre anbefalinger for skogbruksnæringen er å øke kunnskapsgrunnlaget, utvikle driftsmodeller for å møte det «grønne skiftet», stimulere til forskning og inspirere til holdningsendringer overfor miljøaspekter for øvrig.

## 5. LITTERATURREFERANSER

- ACIA (2004). *Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment*. Cambridge University Press. (s. 22-33).
- Aveyard, H. (2014). *Doing a Literature Review in Health and Social Care (3rd edition)*. (s.2). Maidenhead. Open University Press
- Bellerby, R, Olsen, A, Nondal, G. (2008). *Atmosfærens CO<sub>2</sub>-økning er menneskeskapt*. Hentet fra: <http://forskning.no/meninger/kronikk/2008/05/atmosfaerens-co2-okning-er-menneskeskapt>.
- Bjørja, I, Dalsgaard, L, Kjønnaas, O.J. (2014). *Når Gammel møter ung*. Hentet fra: <http://www.aftenposten.no/viten/Nar-gammel-moter-ung-7535492.html>.
- Brischke, C. & Thelandersson, S. (2014). *Modelling the outdoor performance of wood products – A review on existing approaches*. *Construction and Building Materials* 66. (s. 384 – 397). Hentet fra: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061814005893>.
- Dalsgaard, L, Granhus, A, Sørgaard, G, Andreassen, K, Bjørja, I, Clarke, N, Kjønnaas, J, og Stokland, J. (2015). *Karbondynamikk ved ulike hogstformer og avvirkningsstrategier- en litteraturstudie med fokus på Oslo kommuneskog*. (Oppdragsrapport skog og landskap 04/2015) Ås. Norsk institutt for skog og landskap.
- ECON Pöyry (2008). *Virkemidler for andregenerasjons biodrivstoff*. (s. 36). Hentet fra: <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2476/ta2476.pdf>.
- Flæte, O. P. 2009. *Energiforbruk og utslipp fra skogproduksjonen med utgangspunkt i aktivitets data fra 2007- Fra frø til industritomt*. (Skog og landskap rapport 20/2009). Ås. Norsk institutt for skog og landskap.

- FN (1992). *Konvensjon om biologisk mangfold*. Hentet fra: [file:///C:/Users/Bertil/Downloads/Konvensjon%20om%20biologisk%20mangfold%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Bertil/Downloads/Konvensjon%20om%20biologisk%20mangfold%20(1).pdf).
- FN (2015). *Hvordan kan vi stoppe klimaendringene?* Hentet fra: <http://www.fn.no/Tema/Klima/Hva-skjer-med-klimaet/Hvordan-kan-vi-stoppe-klimaendringene>.
- Framstad, E, Sverdrup-Thygeson, A. (2015) *Økt hogst av skog i Norge – effekter på naturmangfold*. Hentet fra: <http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rapport/2015/1149.pdf>.
- Framstad, E., Stokland, J.N. & Hysten, G. (2011). Skogvern som klimatiltak. Verdifulle skogtyper for biologisk mangfold og karbonlagring. (Nina rapport 752. s3, 25-34).
- Framstad, E., Wit, H.D, Mäkipää, R, Larjavaara, M, Vesterdal, L, Klartun, E. (2013). *Biodiversity, carbon storage and dynamics of old northern forests*. (s 27-76). Nordisk ministerråd, Danmark.
- Gobakken, L.R, Alfredsen, G, Brischke, C, Flæte, P.O. (2014). *Levetid for tre i utendørskonstruksjoner i Norge*. Rapport fra Skog og landskap 16/2014. (s. 2, 18-19). Hentet fra: [http://www.skogoglandskap.no/publikasjon/levetid\\_for\\_tre\\_i\\_utendors\\_konstruksjoner\\_i\\_norge](http://www.skogoglandskap.no/publikasjon/levetid_for_tre_i_utendors_konstruksjoner_i_norge).
- Grønlund, A, Bjørkelo, K, Hysten, G, Tomte, S. M. (2010). *CO<sub>2</sub>-opptak i jord og vegetasjon i Norge. Lagring, opptak og utslipp av CO<sub>2</sub> og andre klimagasser*. (Bioforsk Rapport Vol. 5 Nr. 162). Hentet fra: <http://www.miljodirektoratet.no/old/dirnat/multimedia/48153/BIOFORSK-RAPPORT-nr-162.pdf>.
- Haltbrekken, S, Steel, C, Vestre, A. (2014). *Karbonet verden glemte*. Hentet fra: <http://www.dagsavisen.no/nyemeningar/karbonet-verden-glemte-1.456525>.
- Hobbestad, K. (2007) Ressurssituasjonen i Hedmark og Oppland. (Oppdragsrapport fra Skog og landskap 13/2). Ås. Skog og landskap. (s. 9).
- IEA. 2013. *Technology Roadmap – Carbon capture and storage*. (s. 5). International Energy Agency Paris. Hentet fra



<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapCarbonCaptureandStorage.pdf>.

- IPCC. (2007). *Climate Change 2007 Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., (s. 821-823). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Klima- og miljødepartementet. (2012). *Norsk klimapolitikk*. Meld. St. nr. 21 (2011-2012). Hentet fra:  
<https://www.regjeringen.no/contentassets/aa70cfe177d2433192570893d72b117a/no/pdfs/stm201120120021000dddpdfs.pdf>.
- Klimakur 2020. (2010). Klima- og forurensningsdirektoratet, Oljedirektoratet, NVE, Vegdirektoratet og SSB. *Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020*. Hentet fra:  
[https://www.regjeringen.no/contentassets/3fd187d0cd8e49d48841d7f552d6e2f9/klimakur\\_170210.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/3fd187d0cd8e49d48841d7f552d6e2f9/klimakur_170210.pdf).
- Klimautvalget. (2016). *Landbruk og klimaendringer*. (s. 130 & 171). Hentet fra:  
<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/landbruk-og-klimaendringer/id2476389/>.
- Kollmann. F, Scheiber. Chr, Wagenführ. R, Kucera. B, Nagoda. L, Foslie. M. (1999). *Tre - naturens vakreste råstoff*. Landbruksforlaget. Hentet fra:  
<http://www.lauvtrebruk.no/pages/25>
- Liu. J, Song. M, Horton. R. M, Hu. Y. (2013). *Reducing spread in climate model projections of a September ice-free Arctic*. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America.
- Lou. Y & Zhou. X. (2006). *Soil respiration and the enviromont* (1. utg.). London: ELSEVIER Academic Press. (s. 17 – 28).
- Løken. Ø, Eriksen. R, Astrup.R, og Eid. T. (2012). Den totale biomasse av trær i Norge. (Ressursoversikt fra Skog og landskap 01/2012). Norsk institutt for skog og landskap, Ås.

- Mahnert.K-C, & Gjerstrøm. J. T, (2012). *Treteknisk informasjon [Nr2]*. Hentet fra: [file:///C:/Users/Andreas/Downloads/TI\\_nr\\_2\\_7Tzbb.pdf](file:///C:/Users/Andreas/Downloads/TI_nr_2_7Tzbb.pdf)
- Meteorlogisk Institutt. (2009). *Menneskeskapte klimaendringer*. Hentet fra: [https://metlex.met.no/wiki/Menneskeskapte\\_klimaendringer](https://metlex.met.no/wiki/Menneskeskapte_klimaendringer). Nedlastet: 11042016
- Miles. P.D, & Smith. W.B. (2009) *Specific Gravity and other Properties of Wood and Bark for 156 Tree Species Found in North America* (s. 8, 24, 28, 35). Delaware. United States Department of Agriculture/U.S. Forrest Service.
- Miljødirektoratet. (2013). Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning samt Norsk institutt for skog og landskap. *Planting av skog på nye arealer som klimatiltak*. Hentet fra: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M26/m26.pdf>.
- Miljødirektoratet. (2014a). *FNs klimapanel konkluderer: Klimatilpasning og raske utslippskutt er nødvendig*. Hentet fra: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M254/M254.pdf>.
- Miljødirektoratet. (2014b). *Klima i endring – Store utfordringer, et mangfold av løsninger*. Hentet fra: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M97/M97.pdf>.
- Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning & Norsk institutt for skog og landskap (2015). *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030*. Hentet fra: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M386/M386.pdf>.
- Myhre. T. (2012). *Planting av gran et dårlig klimatiltak*. Hentet fra: [http://www.wwf.no/dette\\_jobber\\_med/klima/?35946/Planting-av-gran-er-et-drlig-klimatiltak](http://www.wwf.no/dette_jobber_med/klima/?35946/Planting-av-gran-er-et-drlig-klimatiltak).
- Myhre. T. (2013). *Karbonlager. Store norske leksikon*. Hentet 10. April 2016 fra: <https://snl.no/karbonlager>.
- NASA. (2016). *Global Climate Change*. Hentet fra: <http://climate.nasa.gov/>. Nedlastet: 12042016.
- Nibio. (2013). Fakta om landskogtakseringen. Hentet 6.Mai.2016. Fra [http://www.skogoglandskap.no/artikler/2013/fakta\\_om\\_landsskogtakseringen](http://www.skogoglandskap.no/artikler/2013/fakta_om_landsskogtakseringen)

- NOAA. (2016). National Oceanic & Atmospheric Administration/U.S. Department of Commerce/Global Monitoring Division. Hentet fra:  
<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/weekly.html>.
- Bøhn. N. (xxxx). *Skog og klima- skog en del av løsningen på klima problemet*. Det norske skogselskap og Norges skogeierforbund. Hentet fra:  
[http://www.skogeier.no/userfiles/files/skog\\_klima/skog\\_og\\_klima.pdf](http://www.skogeier.no/userfiles/files/skog_klima/skog_og_klima.pdf)
- Nurmi. J. (1993). *Heating values of the above ground biomass of small-sized trees*. (s. 29). Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station. Finland.
- Ohlson. M, Kauserud. H. (2014). *Skogens usynlige karbon politi*. Hentet fra:  
<http://www.aftenposten.no/viten/Skogens-usynlige-karbonpoliti-7502666.html>.
- Pretzsch. H, Biber. P, Schütze. G, Uhl. E, Rötzer. T. (2014). *Forest stand dynamics in Central Europe have accelerated since 1870*. Hentet fra:  
<http://www.nature.com/ncomms/2014/140912/ncomms5967/full/ncomms5967.html>.
- Regjeringen. (2008). *Klimatilpasninger i Norge - Regjeringens arbeid med tilpasning til klimaendringene*. (s. 3-5). Hentet fra  
[https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/md/vedlegg/klima/klimatilpasning/klimatilpasning\\_redegjorelse150508.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/md/vedlegg/klima/klimatilpasning/klimatilpasning_redegjorelse150508.pdf).
- Regjeringen. (2014). *Fangst, transport og lagring av CO<sub>2</sub>*. Hentet fra:  
<https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/co2-handtering/fangst-transport-og-lagring-av-co2/id443518/>
- Romm. J. (2008). The biggest source of mistakes: C vs. CO<sub>2</sub>. Climate progress. Hentet 28.April. 2016. Hentet fra:  
<http://thinkprogress.org/climate/2008/03/25/202471/the-biggest-source-of-mistakes-c-vs-co2/>
- Royal Society. (2001). *The role of land carbon sinks in mitigating global climate change* (s.6). London. Holbrooks Printers Ltd.
- Rusch. G.M. (2012). *Klima og økosystemtjenester. Norske økosystemers potensial for avbøting av og tilpasning til klimaendringer*. (NINA Rapport 792. s. 1- 40). Trondheim. Norsk institutt for naturforskning.

- Sabima (2012). *Karbon i skogsjord*.
- Skogbruksloven. Lov 1. januar 2006 om skogbruk. Hentet fra:  
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-05-27-31>.
- Silkøset. R, Olsson. U.H, Gripsrud. G. (2010). *Metode og dataanalyse: beslutningsstøtte for bedrifter ved bruk av JMP*. Kristiansand. Høyskoleforlaget AS.
- SSB. (2015a). *Utslipp av klimagasser, 1990-2014, endelige tall*. Hentet fra:  
<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/klimagassn/aar-endelige/2015-12-18#content>.
- SSB (2015b). *Liten nedgang i klimagassutslippene i 2013*. Hentet fra:  
<http://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/klimagassn/aar-endelige>.
- SSB. (2015c). Skogavvirkning for salg, 2015, foreløpige tall. Hentet 30. april. 2016 fra:  
<https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogav/aar-forelopige/2016-01-21?fane=tabell&sort=nummer&tabell=252770>.
- SSB. (2015d). *Avvirkning av industrivirke for salg, etter sortiment (1 000 m<sup>3</sup>) foreløpige tall 2015*. Hentet 4. mai.2016 fra:  
<https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>.
- SSB (2015e). Tabell 08750 *Skogplanting –areal og kostnad*. Hentet fra  
<https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectVarVal/Define.asp?MainTable=SkogplantingK&KortNavnWeb=skogkultur&PLanguage=0&checked=true>.
- Sukhdev, P. (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Local and Regional Policy Makers*. TEEB Foundations. Malta. Progress Press. (s. 1 – 41).
- Timmermann. V, Dibdiakova. J. (2013). *Klimagassutslipp i skogbruket – fra frø til industriport*. Hentet fra:  
[http://www.skogoglandskap.no/filearchive/rapport\\_20\\_13\\_klimagassutslipp\\_i\\_skogbruket\\_fra\\_fro\\_til\\_industriport.pdf](http://www.skogoglandskap.no/filearchive/rapport_20_13_klimagassutslipp_i_skogbruket_fra_fro_til_industriport.pdf).
- Tveitdal. S. S. (2005). *Veien til biovarme*. (s. 75). Norsk Bioenergiforening, Oslo. Hentet fra [http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme\\_skjerm.pdf](http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme_skjerm.pdf)
- Uggerud. E. (2016). *Karbonkretsløpet*. Hentet fra:  
<http://www.mn.uio.no/kjemi/tjenester/kunnskap/periodesystemet/vis.php?e=C&id=503>

- Weider. I, Skogstad. P. (1999). *Tretekknisk håndbok* (2.utg). (s. 25-29). Oslo: Norsk tretekknisk institutt.
- WWF (2013). *Pøbelgran truer*. Hentet fra:  
[http://www.wwf.no/dette\\_jobber\\_med/norsk\\_natur/skog/fremmede\\_treslag/](http://www.wwf.no/dette_jobber_med/norsk_natur/skog/fremmede_treslag/).

## 6. ILLUSTRASJONSREFERANSER

- Foto Pedersen. A. B. (2013). Det gis full rett til bruk av bilde. Privat, offentlig og ved utgivelser. Nord Universitet står fritt til å disponere bruken av bilde og kan anse dette jevngodt med en gave.
- Bilde 1. NTB SCANPIX (2014) Hentet fra:  
<http://www.nrk.no/norge/klimaendringene-en-storre-kilde-til-bekymring-1.12348502>.
- Diagram 1. NOAA. (2016) *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*. Hentet fra:  
<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>.
- Diagram 2. FN (2015). *Hvordan kan vi stoppe klimaendringene?* Hentet fra:  
<http://www.fn.no/Tema/Klima/Hva-skjer-med-klimaet/Hvordan-kan-vi-stoppe-klimaendringene>.
- Diagram 3. SSB (2015). *Liten nedgang i klimagassutslippene i 2013*. Hentet fra:  
<http://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/klimagassn/aar-endelige>.
- Figur 1. Ohlson & Kauserud (2014). *Skogens usynlige karbonpoliti*. Hentet fra:  
<http://www.aftenposten.no/viten/Skogens-usynlige-karbonpoliti-7502666.html>.
- Figur 2. Aftenposten (2014). *Når gammel møter ung*. Hentet fra:  
<http://www.aftenposten.no/viten/Nar-gammel-moter-ung-7535492.html>.
- Figur 3. FN (2013). *FNs klimapanel Delrapport 2*. Hentet fra:  
<http://www.miljostatus.no/tema/klima/konsekvenser-av-klimaendringer/>.
- Tabell 2. SSB. (2015). *Landskogtakseringen, 2010 – 2014*. Hentet fra:  
<https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>.
- Tabell 3. Tveitdal. S. S. (2005). *Veien til biovarme*. (s. 75). Norsk Bioenergiforening, Oslo. Hentet fra [http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme\\_skjerm.pdf](http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme_skjerm.pdf).
- Tabell 4. Nurmi. J. (1993). *Heating values of the above ground biomass of small-sized trees*. (s. 29). Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station. Finland.
- Tabell 5. SSB. (2015). *Landskogtakseringen, 2010 – 2014*. Hentet fra:  
<https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>.

- Tabell 5. Miles, P.D. & Smith, W.B. (2009) *Specific Gravity and other Properties of Wood and Bark for 156 Tree Species Found in North America* (s. 8, 24, 28, 35). Delaware. United States Department of Agriculture/U.S. Forrest Service.
- Tabell 5. Tveitdal. S. S. (2005). *Veien til biovarme*. (s. 75). Norsk Bioenergiforening, Oslo. Hentet fra [http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme\\_skjerm.pdf](http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme_skjerm.pdf).
- Tabell 6. SSB. (2015). *Landskogtakseringen, 2010 – 2014*. Hentet fra: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>.
- Tabell 6. Nurmi. J. (1993). *Heating values of the above ground biomass of small-sized trees*. (s. 29). Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station. Finland.
- Tabell 6. Tveitdal. S. S. (2005). *Veien til biovarme*. (s. 75). Norsk Bioenergiforening, Oslo. Hentet fra [http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme\\_skjerm.pdf](http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme_skjerm.pdf).
- Tabell 7. Nurmi. J. (1993). *Heating values of the above ground biomass of small-sized trees*. (s. 29). Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station. Finland.
- Tabell 7. Tveitdal. S. S. (2005). *Veien til biovarme*. (s. 75). Norsk Bioenergiforening, Oslo. Hentet fra [http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme\\_skjerm.pdf](http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme_skjerm.pdf).
- Tabell 7. SSB. (2015). *Landskogtakseringen, 2010 – 2014*. Hentet fra: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>.
- Tabell 7. Miles, P.D. & Smith, W.B. (2009) *Specific Gravity and other Properties of Wood and Bark for 156 Tree Species Found in North America* (s. 8, 24, 28, 35). Delaware. United States Department of Agriculture/U.S. Forrest Service.
- Tabell 8. Nurmi. J. (1993). *Heating values of the above ground biomass of small-sized trees*. (s. 29). Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station. Finland.
- Tabell 8. Tveitdal. S. S. (2005). *Veien til biovarme*. (s. 75). Norsk Bioenergiforening, Oslo. Hentet fra [http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme\\_skjerm.pdf](http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme_skjerm.pdf).

- Tabell 8. SSB. (2015). *Landskogtakseringen, 2010 – 2014*. Hentet fra: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>.
- Tabell 8. Miles, P.D. & Smith, W.B. (2009) *Specific Gravity and other Properties of Wood and Bark for 156 Tree Species Found in North America* (s. 8, 24, 28, 35). Delaware. United States Department of Agriculture/U.S. Forrest Service.
- Tabell 8. Hobbestad. K. (2007) Ressurssituasjonen i Hedmark og Oppland. (Oppdragsrapport fra Skog og landskap 13/2). Ås. Skog og landskap.
- Tabell 9. Løken, Ø., R. Eriksen, R. Astrup og T. Eid (2012). Den totale biomasse av trær i Norge. (Ressursoversikt fra Skog og landskap 01/2012). Norsk institutt for skog og landskap, Ås
- Tabell 9. SSB. (2015d). *Avvirkning av industrivirke for salg, etter sortiment (1 000 m<sup>3</sup>) foreløpige tall 2015*. Hentet 4. mai.2016 fra: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>.
- Tabell 9. Nurmi. J. (1993). *Heating values of the above ground biomass of small-sized trees*. (s. 29). Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station. Finland.
- Tabell 9. Tveitdal. S. S. (2005). *Veien til biovarme*. (s. 75). Norsk Bioenergiforening, Oslo. Hentet fra [http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme\\_skjerm.pdf](http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme_skjerm.pdf).
- Tabell 10. SSB. (2015d). *Avvirkning av industrivirke for salg, etter sortiment (1 000 m<sup>3</sup>) foreløpige tall 2015*. Hentet 4. mai.2016 fra: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>
- Tabell 10. Tveitdal. S. S. (2005). *Veien til biovarme*. (s. 75). Norsk Bioenergiforening, Oslo. Hentet fra [http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme\\_skjerm.pdf](http://www.gronnvarme.no/pdf-filer/Veien%2520til%2520biovarme_skjerm.pdf)
- Tabell 11. Flæte. O. P. 2009. *Energiforbruk og utslipp fra skogproduksjonen med utgangspunkt i aktivitets data fra 2007- Fra frø til industritomt*. (Skog og landskap rapport 20/2009). Ås. Norsk institutt for skog og landskap.



- Tabell 11. SSB. (2015d). *Avvirkning av industrivirke for salg, etter sortiment (1 000 m<sup>3</sup>) foreløpige tall 2015*. Hentet 4. mai.2016 fra:  
<https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>
- Tabell 12. Gobakken, L.R., Alfredsen, G., Brischke, C., Flæte, P.O. (2014). *Levetid for tre i utendørskonstruksjoner i Norge*. Rapport fra Skog og landskap 16/2014. (s. 2, 18-19). Hentet fra:  
[http://www.skogoglandskap.no/publikasjon/levetid\\_for\\_tre\\_i\\_utendors\\_konstruksjoner\\_i\\_norge](http://www.skogoglandskap.no/publikasjon/levetid_for_tre_i_utendors_konstruksjoner_i_norge).
- Tabell 13. SSB. (2015d). *Avvirkning av industrivirke for salg, etter sortiment (1 000 m<sup>3</sup>) foreløpige tall 2015*. Hentet 4. mai.2016 fra:  
<https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>

# 7. VEDLEGG

Vedlegg 1. Egenvekt, barkprosent med mer ulike typer trearter.

Opphav: Department of Agriculture/Forest Service

Table 1A.—Specific gravity and oven-dry weight and green weight of wood and bark for tree species found in North America. Reference numbers in this table refer to numbered citations found in Literature Cited section of this report.

Common name	Genus	Species	FIA code	Specific gravity and oven-dry weight of wood				Average moisture content (MC) and green weight of wood + bark*				Specific gravity and oven-dry weight of bark				Average moisture content (MC) and green weight of bark*				Bark volume					
				12% MC volume basis		Green volume basis		Avg. moisture content as a % of oven-dry weight		Reference		Avg. MC as a % of oven-dry weight		Reference		Avg. MC as a % of oven-dry weight		Reference							
				Specific gravity	Avg. oven-dry weight (lb/cf)	Specific gravity	Avg. oven-dry weight (kg/m <sup>3</sup> )	Reference	Avg. oven-dry weight (lb/cf)	Reference	Avg. green wt. (lb/cf)	Reference	Specific gravity	Avg. oven-dry weight (lb/cf)	Reference	Avg. green wt. (lb/cf)	Reference	Specific gravity	Avg. oven-dry weight (lb/cf)		Reference	Avg. green wt. (lb/cf)	Reference		
Pacific silver fir	Abies	amabilis	11	0.43	25	26.8	430	0.40	25	25.0	400	70	30	42	680	0.44	30	27.5	440	84	22	45	721	14.0	30
Balsam fir	Abies	balsamea	12	0.35	25	21.8	350	0.33	25	20.6	330	119	12	45	721	0.40	12	25.0	400	100	2	50	801	12.0	9
White fir	Abies	concolor	15	0.39	25	24.3	390	0.37	25	23.1	370	104	12	47	753	0.56	10	34.9	560	63	22	57	913	12.0	a
Grand fir	Abies	grandis	17	0.37	25	23.1	370	0.35	25	21.8	350	106	12	45	721	0.57	10	35.6	570	63	22	58	929	12.0	a
Subalpine fir	Abies	lasiocarpa	19	0.32	25	20.0	320	0.31	25	19.3	310	45	12	28	448	0.50	10	31.2	500	63	22	51	817	10.8	21
California red fir	Abies	magnifica	20	0.38	25	23.7	380	0.36	25	22.5	360	114	12	48	769	0.44	10	27.5	440	20	30	33	529	10.8	a
Noble fir	Abies	procera	22	0.39	25	24.3	390	0.37	25	23.1	370	30	12	30	481	0.49	10	30.6	490	64	22	50	801	10.8	a
Port-Orford-cedar	Chamaecyparis	lawsoniana	41	0.43	25	26.8	430	0.39	25	24.3	390	74	25	42	678	0.40	30	25.0	400	84	25	41	657	11.6	a
Alaska yellow-cedar	Chamaecyparis	nootkatensis	42	0.44	25	27.5	440	0.42	25	26.2	420	72	29	45	721	0.40	22	25.0	400	112	22	53	849	11.6	21
Atlantic white-cedar	Chamaecyparis	thyoides	43	0.32	25	20.0	320	0.31	25	19.3	310	86	29	36	577	0.40	14	25.0	400	100	30	50	801	11.6	a
Alligator juniper	Juniperus	depressa	63	0.51	2	31.8	510	0.48	2	30.0	480	34	28	40	641	0.40	6	25.0	400	60	6	40	641	12.0	a
Utah juniper	Juniperus	osteosperma	65	0.72	a	44.9	720	0.68	3	42.6	682	35	b	57	920	0.40	b	25.0	400	60	b	40	641	12.0	a
Southern redcedar	Juniperus	virginiana	67	0.44	2	27.5	440	0.42	2	26.2	420	41	b	37	593	0.40	b	25.0	400	60	b	40	641	12.0	a
Eastern redcedar	Juniperus	virginiana	68	0.47	25	29.3	470	0.44	25	27.5	440	35	29	37	593	0.40	23	25.0	400	60	b	40	641	12.0	23
Tamarack (native)	Larix	laricina	71	0.53	25	33.1	530	0.49	25	30.6	490	54	12	47	753	0.30	23	18.7	300	98	2	37	593	14.0	23
Western larch	Larix	occidentalis	73	0.52	25	32.4	520	0.48	25	30.0	480	60	12	48	769	0.33	12	20.6	330	85	2	34	545	14.0	a
Incense-cedar	Calocedrus	decurrens	81	0.37	25	23.1	370	0.35	25	21.8	350	106	30	45	721	0.25	10	15.6	250	28	30	20	320	17.0	a
Engelmann spruce	Picea	engelmannii	93	0.35	25	21.8	350	0.33	25	20.6	330	89	12	39	625	0.51	12	31.8	510	79	2	57	913	11.2	21
White spruce	Picea	glauca	94	0.40	25	25.0	400	0.37	25	23.1	370	52	12	35	561	0.39	12	24.3	390	77	30	43	689	13.0	a
Black spruce	Picea	mariana	95	0.46	25	28.7	460	0.38	25	23.7	380	48	12	35	561	0.42	12	26.2	420	91	2	50	801	13.0	a
Red spruce	Picea	rubens	97	0.40	25	25.0	400	0.37	25	23.1	370	47	12	34	545	0.32	14	20.0	320	75	b	35	561	13.0	a
Sitka spruce	Picea	sitchensis	98	0.36	25	22.5	360	0.33	25	20.6	330	60	12	33	529	0.55	10	34.3	550	81	22	62	993	12.5	21
Knobcone pine	Pinus	attenuata	103	0.42	a	26.2	420	0.39	30	24.3	390	105	b	50	801	0.38	30	23.7	380	69	b	40	641	12.0	30
Jack pine	Pinus	banksiana	105	0.43	25	26.8	430	0.40	25	25.0	400	100	12	50	801	0.41	12	25.6	410	92	2	49	765	14.0	9
Common or two-needle pinyon	Pinus	edulis	106	0.57	2	35.6	570	0.50	2	31.2	500	28	b	40	641	0.40	b	25.0	400	60	b	40	641	13.4	a
Sand pine	Pinus	clausa	107	0.48	25	30.0	480	0.46	25	28.7	460	32	12	38	609	0.45	14	28.0	450	89	2	53	849	15.0	26
Lodgepole pine	Pinus	contorta	108	0.41	25	25.6	410	0.38	25	23.7	380	64	12	39	625	0.38	12	23.7	380	64	2	39	625	8.9	21
Shortleaf pine	Pinus	echinata	110	0.51	25	31.8	510	0.47	25	29.3	470	77	12	52	833	0.35	12	21.8	350	60	b	35	561	16.0	26
Slash pine	Pinus	elliottii	111	0.59	25	36.8	590	0.54	25	33.7	540	72	12	58	929	0.35	12	21.8	350	88	2	41	657	18.0	26
Limber pine	Pinus	flexilis	113	0.42	2	26.2	420	0.37	2	23.1	370	95	b	45	721	0.50	b	31.2	500	12	b	35	561	13.4	a
Spruce pine	Pinus	glabra	115	0.44	25	27.5	440	0.41	25	25.6	410	76	b	45	721	0.45	14	28.1	450	25	b	35	561	13.4	a
Jeffrey pine	Pinus	jeffreyi	116	0.42	25	26.2	420	0.37	30	23.1	370	104	12	47	753	0.36	30	22.5	360	34	2	30	481	25.6	a
Sugar pine	Pinus	lambertiana	117	0.36	25	22.5	360	0.34	25	21.2	340	130	25	49	782	0.35	10	21.8	350	88	2	41	657	25.6	a

Species	FIA code	EQ	Bark void factor	DBT eq. coef.		Reference	d.b.h. class (inches)							AVG
				b0	b1		4	8	12	16	20	24	28+	
bark as percent of wood volume														
Subalpine fir	19	1	0.27	0.05	0.06	22	11.2	11.0	10.8	10.7	10.6	10.6	10.6	10.8
Alaska yellow-cedar	42	2	0.27	0.24	0.03	22	13.4	12.5	11.6	11.2	10.9	10.8	10.6	11.6
Engelmann/white spruce	93	3	0.27	0.15	0.04	22	12.3	11.8	11.2	11.0	10.8	10.7	10.6	11.2
Sitka spruce	98	4	0.27	0.39	0.01	22	15.5	14.0	12.6	11.9	11.5	11.3	11.1	12.5
Lodgepole pine	108	5	0.20	0.07	0.04	22	9.4	9.2	8.9	8.7	8.6	8.6	8.6	8.9
Western white pine	119	6	0.27	0.11	0.05	22	11.6	11.2	10.9	10.7	10.5	10.5	10.4	12.6
Ponderosa pine	122	7	0.26	0.21	0.10	22	27.6	26.6	25.6	25.2	24.9	24.7	24.6	25.6
Eastern white pine	129	8	0.27	0.02	0.10	a	18.5	18.4	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3
Loblolly pine	131	9	0.27	0.04	0.09	a	16.1	15.9	15.7	15.7	15.6	15.6	15.5	15.7
Douglas-fir, coastal	202	10	0.27	(0.23)	0.14	22	15.2	16.2	17.3	17.8	18.1	18.3	18.5	17.3
Douglas-fir, interior	202	11	0.27	(0.40)	0.17	22	14.5	16.2	18.1	19.0	19.6	20.0	20.3	18.3
W. redcedar, coastal	242	12	0.27	0.43	0.03	22	20.4	18.7	17.0	16.2	15.8	15.5	15.3	17.0
W. redcedar, interior	242	13	0.27	0.30	0.01	22	12.8	11.7	10.6	10.1	9.8	9.6	9.4	10.6
Eastern hemlock	261	14	0.27	0.18	0.08	a	21.5	20.7	20.0	19.6	19.4	19.2	19.1	19.9
W. hemlock, coastal	263	15	0.27	0.31	0.04	22	18.7	17.5	16.3	15.7	15.4	15.2	15.0	16.3
W. hemlock, interior	263	16	0.27	0.04	0.09	22	16.1	15.9	15.8	15.7	15.6	15.6	15.6	15.8
Red alder	351	17	0.23	0.16	0.04	22	13.3	12.7	12.1	11.8	11.6	11.5	11.4	12.0
Yellow birch	371	18	0.23	0.15	0.03	22	10.9	10.4	9.8	9.6	9.4	9.3	9.2	9.8
White birch	375	19	0.23	0.13	0.05	a	13.7	13.2	12.6	12.4	12.2	12.1	12.1	12.6
Ash	541	20	0.25	0.38	0.05	a	23.6	21.9	20.4	19.6	19.2	18.9	18.7	19.0
Trembling aspen	746	21	0.15	0.10	0.07	22	16.9	16.4	15.9	15.7	15.6	15.5	15.4	14.4
Black cottonwood	747	22	0.23	0.06	0.08	22	16.9	16.6	16.3	16.2	16.1	16.1	16.0	16.3
Red oak	806	23	0.20	0.19	0.07	a	19.7	18.8	18.0	17.6	17.4	17.2	17.1	18.0
Basswood	951	24	0.23	0.05	0.05	a	10.5	10.3	10.1	10.1	10.0	10.0	9.9	10.5
Softwoods, generic	25	0.27	0.30	0.02			13.8	12.7	11.6	11.1	10.8	10.6	10.4	13.4
Hardwoods, generic	26	0.23	0.12	0.06			15.0	14.5	14.0	13.8	13.6	13.5	13.5	15.0

a Adapted from McCormack (1995) using supplemental data from Forbes (1996) and Koch (1971)

NOTE: Bark voids are estimated based on data in Dwyer, J.L., et al. 2007.

Table 2B.—Diameter inside bark (DIB) regression coefficients, bark void factors, and average bole bark as a percentage of wood volume by species and d.b.h. class (Equation:  $DIB = b_0 + DOB + b_1 DOB^2/DBH$ ). Reference numbers in this table refer to numbered citations found in Literature Cited section of this report.

Species	FIA code	EQ	Bark void factor	DBT eq. coef.		Reference	D.b.h. class (inches)							AVG
				b0	b1		4	8	12	16	20	24	28+	
bark as percent of wood volume														
Redmaple	316	27	0.23	0.92	0.05	11	7.2	7.9	8.6	8.9	9.1	9.3	9.4	8.6
Sugarmaple	318	28	0.23	0.87	0.06	11	13.4	14.4	15.5	16.1	16.4	16.6	16.8	15.6
Beech	531	29	0.05	0.93	0.04	11	4.7	5.3	6.0	6.3	6.5	6.6	6.7	6.0
Yellow-poplar	621	30	0.23	0.84	0.09	11	15.5	17.1	18.8	19.6	20.2	20.5	20.8	18.9
Blackcherry	762	31	0.23	0.93	0.02	11	8.7	8.9	9.2	9.3	9.4	9.4	9.5	9.2
Whiteoak	802	32	0.23	0.88	0.06	11	12.5	13.4	14.4	14.9	15.2	15.4	15.6	14.5
Southernredoak	812	33	0.23	0.89	0.04	11	13.7	14.4	15.1	15.4	15.7	15.8	15.9	15.1
Chestnutoak	832	34	0.23	0.77	0.15	11	18.7	21.7	24.9	26.7	27.8	28.5	29.1	25.3
Blackoak	837	35	0.23	0.83	0.10	11	14.5	16.4	18.3	19.4	20.0	20.4	20.7	18.5

Table 3.—Estimated average green bark volume as a percent of green wood volume. Reference numbers in this table refer to numbered citations found in Literature Cited section of this report.

Species	Reference	FIA code	Bark %	Species	Reference	FIA code	Bark %
Pacific silver fir	30	11	14.0	Bigleaf maple	30	312	10.0
Balsam Fir	9	12	12.0	Red maple	11	316	8.6
Subalpine fir	21	19	10.8	Sugar maple	11	318	15.6
Alaska yellow cedar	21	42	11.6	Red alder	21	351	12.0
Eastern redcedar	23	68	12.0	Yellow birch	21	371	9.8
Tamarack (native)	23	71	14.0	White birch	a	375	12.6
Spruce	10	90	13.0	Hickory	9	400	16.0
Engelmann spruce	21	93	11.2	Giant chinkapin	30	431	12.0
Sitka spruce	21	98	12.5	Hackberry	23	462	15.0
Knobcone pine	30	103	12.0	Beech	11	531	6.0
Jack pine	9	105	14.0	Ash	9	540	16.0
Sand pine	26	107	15.0	Green Ash	26	544	16.0
Lodgepole pine	21	108	8.9	Walnut	23	600	15.0
Shortleaf pine	26	110	16.0	Sweetgum	5	611	15.0
Slash pine	26	111	18.0	Yellow-poplar	5	621	18.0
Western white pine	21	119	12.6	Tanoak	30	631	19.0
Longleaf Pine	26	121	14.0	Blackgum	26	693	14.0
Ponderosa pine	21	122	25.6	Sycamore	23	731	8.0
Red pine	23	125	16.0	E. cottonwood	30	742	22.0
Digger pine	30	127	22.0	Trembling aspen	21	746	14.4
Eastern white pine	9	129	16.0	Black cottonwood	21	747	16.3
Loblolly pine	19	131	16.6	Black cherry	11	762	9.2
Douglas-fir, coastal	21	202	17.3	White oak	5	802	16.0
Douglas-fir, interior	21	202	18.3	S. red oak	5	812	22.0
Redwood	30	211	18.0	Chestnut oak	5	832	23.0
Baldcypress	26	221	20.0	N. red oak	9	833	20.0
Pacific Yew	30	231	4.0	Black oak	11	837	18.5
N. white-cedar	9	241	14.0	Willow	23	920	16.0
W. redcedar, coastal	21	242	17.0	Basswood	a	951	10.5
W. redcedar, interior	21	242	10.6	Elm	23	970	14.0
Eastern hemlock	9	261	17.0	<b>Hardwoods, generic</b>		<b>999</b>	<b>15.0</b>
W. hemlock, coastal	21	263	16.3				
W. hemlock, interior	21	263	15.8				
<b>Softwoods, generic</b>		<b>299</b>	<b>13.4</b>				

a Adapted from McCormack (1955) using supplemental data from Forbes (1956) and Koch (1971)

NOTE: To express bark volume as a percentage of total volume, multiply the shown value by 1.0/(1.0 + shown value/100)

Table 4.—continued

Common name	Genus	Species	FIA Code	Wood Specific gravity (green volume basis dry weight)	Reference	Bark Specific gravity (green volume basis dry weight)	Reference	Avg. moisture content of wood as a % of oven-dry weight	Reference	Avg. moisture content of bark as a % of oven-dry weight	Reference	Wood Specific gravity (12 pct MC basis dry weight)	Reference	Bark volume %	Reference
European alder	<i>Alnus</i>	<i>glutinosa</i>	355	0.37	a	0.56	a	99	a	75	a	0.41	a	11.5	a
Serviceberry spp.	<i>Amelanchier</i>	spp.	356	0.66	1	0.50	e	48	26	60	e	0.79	1	8.6	f
Common serviceberry	<i>Amelanchier</i>	<i>arborea</i>	357	0.66	a	0.50	a	48	a	60	a	0.79	a	8.6	a
Roundleaf serviceberry	<i>Amelanchier</i>	<i>sanguinea</i>	358	0.66	a	0.50	a	48	a	60	a	0.79	a	8.6	a
Madrone spp.	<i>Arbutus</i>	spp.	360	0.58	d	0.60	d	66	d	60	d	0.65	d	15.0	d
Pacific madrone	<i>Arbutus</i>	<i>menziesii</i>	361	0.58	1	0.60	25	66	26	60	e	0.65	1	15.0	f
Arizona madrone	<i>Arbutus</i>	<i>arizonica</i>	362	0.58	d	0.60	d	66	d	60	d	0.65	d	15.0	d
Texas madrone	<i>Arbutus</i>	<i>xalapensis</i>	363	0.58	d	0.60	d	66	d	60	d	0.65	d	15.0	d
Pawpaw	<i>Asimina</i>	<i>triloba</i>	367	0.52	c	0.53	c	75	c	80	c	0.58	c	15.2	c
Birch spp.	<i>Betula</i>	spp.	370	0.51	b	0.58	b	74	b	55	b	0.58	b	11.0	f
Yellow birch	<i>Betula</i>	<i>alleghaniensis</i>	371	0.55	25	0.62	10	72	25	60	e	0.62	25	9.8	21
Sweet birch	<i>Betula</i>	<i>lenta</i>	372	0.60	25	0.62	e	73	25	53	1	0.65	25	9.8	f
River birch	<i>Betula</i>	<i>nigra</i>	373	0.49	1	0.55	e	86	e	46	e	0.56	1	9.8	f
Water birch	<i>Betula</i>	<i>occidentalis</i>	374	0.51	a	0.58	a	74	a	55	a	0.58	a	11.0	a
Paper birch	<i>Betula</i>	<i>papyrifera</i>	375	0.48	25	0.56	13	74	25	52	22	0.55	25	12.6	8
Virginia roundleaf birch	<i>Betula</i>	<i>uber</i>	377	0.51	a	0.58	a	74	a	55	a	0.58	a	11.0	a
Northwestern paper birch	<i>Betula</i>	<i>x utahensis</i>	378	0.51	a	0.58	a	74	a	55	a	0.58	a	11.0	a
Gray birch	<i>Betula</i>	<i>populifolia</i>	379	0.45	1	0.55	e	64	13	63	1	0.51	1	12.6	f
Chittamwood, gum bumelia	<i>Sideroxylon</i>	<i>lanuginosum</i>	381	0.52	c	0.53	c	75	c	80	c	0.58	c	15.2	c
American hornbeam, musclemwood	<i>Carpinus</i>	<i>caroliniana</i>	391	0.58	1	0.55	e	46	26	89	e	0.70	1	8.6	f
Hickory spp.	<i>Carya</i>	spp.	400	0.62	b	0.62	b	69	b	57	5	0.68	b	16.0	9
Water hickory	<i>Carya</i>	<i>aquatica</i>	401	0.61	25	0.60	14	84	25	60	e	0.62	25	16.0	f
Bitternut hickory	<i>Carya</i>	<i>cordiformis</i>	402	0.60	25	0.60	23	71	25	60	e	0.66	25	16.0	f
Pignut hickory	<i>Carya</i>	<i>glabra</i>	403	0.66	25	0.60	23	65	13	60	e	0.75	25	16.0	f
Pecan	<i>Carya</i>	<i>illinoensis</i>	404	0.60	25	0.60	14	66	25	60	e	0.66	25	16.0	f
Shellbark hickory	<i>Carya</i>	<i>laciniosa</i>	405	0.62	25	0.60	14	65	13	60	e	0.69	25	16.0	f
Nutmeg hickory	<i>Carya</i>	<i>myristiciformis</i>	406	0.56	25	0.60	14	77	29	60	e	0.60	25	16.0	f
Shagbark hickory	<i>Carya</i>	<i>ovata</i>	407	0.64	25	0.72	13	60	13	34	e	0.72	25	16.0	f
Black hickory	<i>Carya</i>	<i>texana</i>	408	0.62	a	0.62	a	69	a	57	a	0.68	a	16.0	a
Mocumut hickory	<i>Carya</i>	<i>alba</i>	409	0.64	25	0.60	23	63	25	60	e	0.72	25	16.0	f

Table 4.—continued

Common name	Genus	Species	FIA Code	Wood Specific gravity (green volume basis dry weight)	Bark Specific gravity (green volume basis dry weight)	Avg. moisture content of wood as a % of oven-dry weight	Avg. moisture content of bark as a % of oven-dry weight	Wood Specific gravity (12 pct MC volume basis dry weight)	Bark volume %	Reference
Red mulberry	Morus	rubra	682	0.52	0.53	75	80	0.58	15.2	c
Texas mulberry	Morus	microphylla	683	0.52	0.53	75	80	0.58	15.2	c
Black mulberry	Morus	nigra	684	0.52	0.53	75	80	0.58	15.2	c
Tupelo spp.	Nyssa	spp.	690	0.46	0.51	98	77	0.50	14.0	f
Water tupelo	Nyssa	aquatica	691	0.46	0.58	95	82	0.50	14.0	f
Ogeechee tupelo	Nyssa	ogeche	692	0.46	0.51	98	77	0.50	14.0	a
Blackgum	Nyssa	syriaca	693	0.46	0.44	101	71	0.50	14.0	26
Swamp tupelo	Nyssa	biflora	694	0.46	0.51	98	77	0.50	14.0	a
Eastern hophornbeam	Ostrya	virginiana	701	0.63	0.50	53	89	0.70	15.0	f
Sourwood	Oxydendrum	airoreum	711	0.50	0.60	70	26	0.55	15.0	f
Paulownia, empress-tree	Paulownia	tomentosa	712	0.52	0.53	75	80	0.58	15.2	c
Bay spp.	Persea	spp.	720	0.52	0.53	75	80	0.58	15.2	c
Redbay	Persea	borbonia	721	0.52	0.53	75	80	0.58	15.2	c
Water-elm, planetree	Planera	aquatica	722	0.52	0.53	75	80	0.58	15.2	c
Sycamore spp.	Platanus	spp.	729	0.46	0.60	81	84	0.49	8.0	d
California sycamore	Platanus	racemosa	730	0.46	0.60	81	84	0.49	8.0	d
American sycamore	Platanus	occidentalis	731	0.46	0.60	81	84	0.49	8.0	23
Arizona sycamore	Platanus	wrightii	732	0.46	0.60	81	84	0.49	8.0	d
Cottonwood and poplar spp.	Populus	spp.	740	0.35	0.46	106	88	0.39	18.4	f
Balsam poplar	Populus	balsamifera	741	0.31	0.50	107	86	0.34	22.0	f
Eastern cottonwood	Populus	deltoidea	742	0.37	0.38	117	56	0.40	22.0	30
Bigtooth aspen	Populus	grandidentata	743	0.36	0.59	91	90	0.39	14.4	f
Swamp cottonwood	Populus	heterophylla	744	0.35	0.46	106	88	0.39	18.4	a
Plains cottonwood	Populus	deltoidea	745	0.35	0.46	106	88	0.39	18.4	a
Quaking aspen	Populus	tremuloides	746	0.35	0.50	129	102	0.38	14.4	21
Black cottonwood	Populus	balsamifera	747	0.31	0.40	138	100	0.35	16.3	21
Fremont cottonwood	Populus	fremontii	748	0.41	0.41	30	56	0.45	22.0	f
Narrowleaf cottonwood	Populus	angustifolia	749	0.35	0.46	106	88	0.39	18.4	a
Silver poplar	Populus	alba	752	0.35	0.46	106	88	0.39	18.4	a
Lombardy poplar	Populus	nigra	753	0.35	0.46	106	88	0.39	18.4	a

Corrected Table 5.—Average specific gravity, dry weight, green weight, and moisture content for tree Genus groups found in North America. (The values in the columns with unit measurements lb/cf and kg/m<sup>3</sup> were corrected on Feb. 10, 2010.)

Common name	Genus	No. of species	Specific gravity and oven-dry weight of wood				Average moisture content (MC) and green weight of wood *				Specific gravity and oven-dry weight of bark				Average moisture content (MC) and green weight of bark *				Bark volume as % of wood volume
			12% MC volume basis		Green volume basis		12% MC volume basis		Green volume basis		12% MC volume basis		Green volume basis		12% MC volume basis		Green volume basis		
			Average specific gravity	Avg. oven-dry weight (lb/cf)	Avg. oven-dry weight (kg/m <sup>3</sup> )	Average specific gravity	Avg. oven-dry weight (lb/cf)	Avg. oven-dry weight (kg/m <sup>3</sup> )	Average specific gravity	Avg. oven-dry weight (lb/cf)	Avg. oven-dry weight (kg/m <sup>3</sup> )	Average specific gravity	Avg. oven-dry weight (lb/cf)	Avg. oven-dry weight (kg/m <sup>3</sup> )	Average specific gravity	Avg. oven-dry weight (lb/cf)	Avg. oven-dry weight (kg/m <sup>3</sup> )	Average specific gravity	
Fir	<i>Abies</i>	7	0.38	23.4	376	0.36	22.2	356	83.79	40.8	653	0.49	30.3	485	62.51	49.1	787	11.76	
Cedar	<i>Chamaecyparis</i>	3	0.40	24.8	396	0.37	23.3	373	77.27	41.1	659	0.40	25.0	400	92.32	48.0	769	11.58	
Juniper	<i>Juniperus</i>	4	0.54	33.4	535	0.51	31.5	505	36.11	42.9	687	0.40	25.0	400	60.25	40.0	641	12.00	
Larch	<i>Larix</i>	2	0.53	32.8	525	0.49	30.3	485	56.98	47.5	761	0.32	19.7	315	81.38	35.5	569	14.00	
Spruce	<i>Picea</i>	5	0.39	24.6	394	0.36	22.2	356	59.22	35.2	564	0.44	27.3	438	80.51	49.4	791	12.55	
Pine	<i>Pinus</i>	24	0.47	29.3	469	0.43	26.8	429	76.22	46.8	749	0.40	24.6	395	68.37	41.9	671	16.13	
Abonviteae	<i>Thuja</i>	2	0.32	19.7	315	0.30	18.7	300	69.26	31.5	505	0.40	24.6	395	73.35	43.0	689	12.28	
Hemlock	<i>Tsuga</i>	3	0.43	27.0	433	0.41	25.4	406	78.40	45.0	721	0.46	28.5	456	97.35	56.3	902	16.18	
Maple	<i>Acer</i>	7	0.52	32.2	515	0.47	29.5	473	70.16	50.0	801	0.53	33.3	533	90.54	63.1	1,011	10.81	
Birch	<i>Betula</i>	5	0.58	36.1	578	0.51	32.1	514	73.75	55.8	893	0.58	36.2	580	54.66	56.0	897	10.94	
Hickory	<i>Carya</i>	8	0.68	42.3	677	0.62	38.5	616	66.93	64.9	1039	0.62	38.4	615	56.91	60.0	961	16.00	
Dogwood	<i>Cornus</i>	2	0.68	42.1	675	0.61	38.1	610	39.58	53.0	849	0.58	36.2	580	90.66	69.0	1,105	15.00	
Ash	<i>Fraxinus</i>	6	0.55	34.3	550	0.51	31.6	506	61.08	50.7	812	0.46	28.6	458	86.05	53.2	852	16.00	
Walnut	<i>Juglans</i>	2	0.47	29.0	465	0.44	27.1	435	91.95	51.5	825	0.37	22.8	365	88.85	43.0	689	15.00	
Magnolia	<i>Magnolia</i>	4	0.47	29.3	470	0.43	26.8	430	91.83	51.5	825	0.44	27.5	440	93.03	53.0	849	15.00	
Tupelo	<i>Nyssa</i>	2	0.50	31.2	500	0.46	28.7	460	98.04	56.8	911	0.51	31.8	510	76.77	56.5	905	14.00	
Poplar	<i>Populus</i>	6	0.39	24.0	385	0.35	21.9	352	106.31	44.8	718	0.46	28.9	463	87.64	54.5	873	18.52	
Oak	<i>Quercus</i>	22	0.66	41.2	661	0.59	37.1	594	75.30	64.7	1036	0.58	36.1	579	82.95	65.7	1,053	19.12	
Elm	<i>Ulmus</i>	5	0.59	36.9	592	0.54	33.7	540	65.84	55.3	886	0.43	26.6	426	91.07	49.0	785	14.00	
Softwood		56	0.44	27.8	445	0.41	25.7	411	74.28	44.1	707	0.42	26.0	417	70.51	44.5	712	14.47	
Hardwood		100	0.58	36.0	577	0.52	32.6	523	75.12	56.1	899	0.53	32.9	527	80.64	58.8	942	15.32	

\* Moisture content is extremely variable and the values shown are averages or estimates based on the literature cited.

Decay classification for dead wood (modified from Stokland (2001) and Mäkinen et al. (2006)).

Decay class	Description
1. Recently dead	Wood hard, fresh or nearly fresh. Bark attached to the stem. Branches present. Rests in part on the ground. The knife penetrates only a few millimeters
2. Weakly decayed	Wood of outer layer starts to soften. Bark is loose but not fragmented (in case of pine and spruce). Fungus mycelium under bark well developed. Branches present. The knife penetrates for several (1–2) centimetres
3. Medium decayed	Wood of outer layers of stem soft, core still hard. Pine and spruce without bark. In case of birch, black alder and grey alder bark attached to the stem. The knife easily penetrates to the wood several centimeters (up to 5 cm)
4. Very decayed	Wood soft through the log. No branches. Most of the wood surface covered with mosses, lichens, and/or other plants. Wood absolutely a part of the land and timber elements lost due to fragmentation. Knife easily penetrates the wood in its entirety
5. Almost decomposed	Wood soft, fragmented (wood consistency lost). Surface covered with lichens, mosses and dwarf shrubs. Wood brakes up easily even by hand

Coarse woody debris density ( $\text{kg m}^{-3}$ ) (dry weight/raw volume), carbon (C) and nitrogen (N) concentration (%) for Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*), silver or downy birch (*Betula pendula* and *Betula pubescens*), black alder (*Alnus glutinosa*), grey alder (*Alnus incana*) and European aspen (*Populus tremula*) in five decay class system in sites with different moisture categories.  $n_n$  represents the number of sample discs per decay class analyzed for coarse woody debris density (for C and N concentration analyzes half of the discs were used). The number of samples for different moisture categories was distributed equally over all sites. SE, standard error within parentheses. Different superscript letters within the same tree species indicate differences according to Tukey's HSD test (significant differences at  $P < 0.05$ ).

Decay class	Coarse woody debris of:								
	Pine ( $n_1 = 25$ $n_2 = 26$ ; $n_3 = 23$ ; $n_4 = 25$ ; $n_5 = 25$ )			Spruce ( $n_1 = 27$ $n_2 = 23$ ; $n_3 = 24$ ; $n_4 = 25$ ; $n_5 = 23$ )			Birch ( $n_1 = 23$ $n_2 = 18$ ; $n_3 = 21$ ; $n_4 = 18$ ; $n_5 = 19$ )		
	Basic density ( $\text{kg m}^{-3}$ )	C concentration (%)	N concentration (%)	Basic density ( $\text{kg m}^{-3}$ )	C concentration (%)	N concentration (%)	Basic density ( $\text{kg m}^{-3}$ )	C concentration (%)	N concentration (%)
1	381.1 ( $\pm 15.7$ ) <sup>a</sup>	49.03 ( $\pm 0.42$ ) <sup>a</sup>	0.117 ( $\pm 0.012$ ) <sup>a</sup>	410.7 ( $\pm 25.2$ ) <sup>a</sup>	48.35 ( $\pm 0.09$ ) <sup>a</sup>	0.115 ( $\pm 0.010$ ) <sup>a</sup>	466.6 ( $\pm 21.6$ ) <sup>a</sup>	47.16 ( $\pm 0.22$ ) <sup>a</sup>	0.216 ( $\pm 0.022$ ) <sup>a</sup>
2	337.2 ( $\pm 16.5$ ) <sup>a</sup>	49.26 ( $\pm 0.29$ ) <sup>a</sup>	0.171 ( $\pm 0.022$ ) <sup>a</sup>	354.2 ( $\pm 17.9$ ) <sup>a</sup>	48.31 ( $\pm 0.07$ ) <sup>a</sup>	0.142 ( $\pm 0.013$ ) <sup>a</sup>	326.5 ( $\pm 17.1$ ) <sup>a</sup>	47.69 ( $\pm 0.19$ ) <sup>a</sup>	0.219 ( $\pm 0.013$ ) <sup>a</sup>
3	258.8 ( $\pm 28.1$ ) <sup>b</sup>	49.56 ( $\pm 0.48$ ) <sup>ab</sup>	0.191 ( $\pm 0.026$ ) <sup>a</sup>	280.7 ( $\pm 9.8$ ) <sup>a</sup>	47.93 ( $\pm 0.25$ ) <sup>a</sup>	0.157 ( $\pm 0.018$ ) <sup>a</sup>	230.0 ( $\pm 19.5$ ) <sup>b</sup>	47.45 ( $\pm 0.28$ ) <sup>a</sup>	0.352 ( $\pm 0.029$ ) <sup>b</sup>
4	233.7 ( $\pm 29.6$ ) <sup>bc</sup>	49.58 ( $\pm 0.38$ ) <sup>ab</sup>	0.277 ( $\pm 0.068$ ) <sup>ab</sup>	191.3 ( $\pm 12.6$ ) <sup>b</sup>	49.60 ( $\pm 0.71$ ) <sup>ab</sup>	0.192 ( $\pm 0.019$ ) <sup>a</sup>	175.9 ( $\pm 26.3$ ) <sup>b</sup>	48.80 ( $\pm 0.54$ ) <sup>b</sup>	0.399 ( $\pm 0.040$ ) <sup>b</sup>
5	141.8 ( $\pm 13.6$ ) <sup>c</sup>	50.21 ( $\pm 0.83$ ) <sup>b</sup>	0.547 ( $\pm 0.060$ ) <sup>b</sup>	124.8 ( $\pm 10.5$ ) <sup>c</sup>	51.33 ( $\pm 0.77$ ) <sup>b</sup>	0.307 ( $\pm 0.060$ ) <sup>b</sup>	112.1 ( $\pm 20.8$ ) <sup>b</sup>	50.12 ( $\pm 1.19$ ) <sup>b</sup>	0.573 ( $\pm 0.106$ ) <sup>b</sup>
	Aspen ( $n_1 = 17$ $n_2 = 18$ ; $n_3 = 19$ ; $n_4 = 15$ ; $n_5 = 16$ )			Grey alder ( $n_1 = 14$ $n_2 = 13$ ; $n_3 = 16$ ; $n_4 = 13$ ; $n_5 = 14$ )			Black alder ( $n_1 = 15$ $n_2 = 13$ ; $n_3 = 16$ ; $n_4 = 12$ ; $n_5 = 12$ )		
	Basic density ( $\text{kg m}^{-3}$ )	C concentration (%)	N concentration (%)	Basic density ( $\text{g cm}^{-3}$ )	C concentration (%)	N concentration (%)	Basic density ( $\text{g cm}^{-3}$ )	C concentration (%)	N concentration (%)
1	391.3 ( $\pm 18.0$ ) <sup>a</sup>	47.19 ( $\pm 0.16$ ) <sup>a</sup>	0.121 ( $\pm 0.012$ ) <sup>a</sup>	426.9 ( $\pm 17.5$ ) <sup>a</sup>	48.02 ( $\pm 0.20$ ) <sup>a</sup>	0.271 ( $\pm 0.050$ ) <sup>a</sup>	422.4 ( $\pm 29.8$ ) <sup>a</sup>	47.98 ( $\pm 0.16$ ) <sup>a</sup>	0.313 ( $\pm 0.014$ ) <sup>a</sup>
2	330.6 ( $\pm 21.2$ ) <sup>a</sup>	47.37 ( $\pm 0.23$ ) <sup>a</sup>	0.132 ( $\pm 0.015$ ) <sup>a</sup>	345.3 ( $\pm 31.9$ ) <sup>a</sup>	48.07 ( $\pm 0.14$ ) <sup>a</sup>	0.291 ( $\pm 0.027$ ) <sup>a</sup>	289.4 ( $\pm 20.8$ ) <sup>b</sup>	48.24 ( $\pm 0.13$ ) <sup>a</sup>	0.392 ( $\pm 0.042$ ) <sup>a</sup>
3	230.6 ( $\pm 15.4$ ) <sup>b</sup>	47.38 ( $\pm 0.51$ ) <sup>a</sup>	0.193 ( $\pm 0.020$ ) <sup>a</sup>	220.7 ( $\pm 25.7$ ) <sup>b</sup>	48.71 ( $\pm 0.38$ ) <sup>b</sup>	0.366 ( $\pm 0.027$ ) <sup>a</sup>	212.9 ( $\pm 24.5$ ) <sup>bc</sup>	48.07 ( $\pm 0.15$ ) <sup>a</sup>	0.486 ( $\pm 0.027$ ) <sup>a</sup>
4	161.1 ( $\pm 46.9$ ) <sup>bc</sup>	46.56 ( $\pm 0.62$ ) <sup>a</sup>	0.221 ( $\pm 0.032$ ) <sup>a</sup>	184.9 ( $\pm 19.5$ ) <sup>b</sup>	47.95 ( $\pm 0.27$ ) <sup>a</sup>	0.446 ( $\pm 0.064$ ) <sup>a</sup>	158.9 ( $\pm 29.2$ ) <sup>bc</sup>	48.35 ( $\pm 0.42$ ) <sup>a</sup>	0.778 ( $\pm 0.119$ ) <sup>b</sup>
5	60.7 ( $\pm 33.5$ ) <sup>b</sup>	46.31 ( $\pm 0.86$ ) <sup>a</sup>	0.590 ( $\pm 0.102$ ) <sup>b</sup>	152.6 ( $\pm 23.9$ ) <sup>b</sup>	48.04 ( $\pm 0.60$ ) <sup>ab</sup>	0.929 ( $\pm 0.151$ ) <sup>b</sup>	95.6 ( $\pm 35.2$ ) <sup>c</sup>	48.11 ( $\pm 0.45$ ) <sup>a</sup>	1.117 ( $\pm 0.127$ ) <sup>c</sup>



Tredeler	Prosentisk fordeling av biomasse på tredeler		
	Gran	Furu	Bjørk
Greiner	17%	14%	18%
Stamme med bark	62%	65%	70%
Stubbe/grove røtter	21%	21%	12%

Greiner, stubber og røtter er ikke enkle å måle på en økonomisk forsvarlig måte. Det er derfor utviklet funksjoner for sammenhengen mellom stammens form og mengde greiner og røtter. Her er brukt funksjoner av Marklund (1988) som har utviklet slike funksjoner i Sverige i forbindelse med den økende interesse for hele treets biomasse i forbindelse med bioenergi. Fordelingen av biomassen mellom de ulike tredeler vil avhenge av treets størrelse. Ved prognoser for en større region er det estimert gjennomsnittstall som gir et inntrykk av hvordan biomassen for et gjennomsnittlig avvirkningskvantum er fordelt på ulike tredeler for ulike treslag:

<b>Treslag</b>	<b>Tørr-rådensitet</b> <b>kg/fm<sup>3</sup></b>
Gråor	360
Gran	405
Osp	405
Pil-arter (Salix-arter/energiskog)	390
Selje	430
Svartor	440
Furu	440
Bjørk	510
Lønn	530
Ask	550
Eik	550
Bøk	570
Rogn	530