



○ *Kostenefficiënte en
verantwoorde oogst van
tak- en tophout*

Martijn Boosten & Jan Oldenburger

Wageningen, december 2013

*Kostenefficiënte en
verantwoorde oogst van
tak- en tophout*

Martijn Boosten & Jan Oldenburger

Wageningen, december 2013

Martijn Boosten, Jan Oldenburger, Stichting Probos
met medewerking van Martijn Boertjes, Van den Nagel Bio-energie B.V.

Kostenefficiënte en verantwoorde oogst van tak- en tophout

Wageningen, Stichting Probos

In opdracht van:
Jan Iepsma, Agentschap NL
Annika van Dijk, Bosschap



Agentschap NL
Ministerie van Economische Zaken



December 2013

Stichting Probos, Wageningen 2013
Postbus 253, 6700 AG Wageningen, tel. 0317-466555, fax 0317-410247
Email: mail@probos.nl; website: www.probos.nl

VOORWOORD

Tak- en tophout uit bos vormt een belangrijk nog vrijwel onbenut potentieel aan houtige biomassa voor energieopwekking. Om te zorgen dat in de toekomst meer tak- en tophout uit het Nederlandse bos kan worden ingezet voor de opwekking van duurzame energie is er inzicht nodig in de mogelijkheden voor oogst van deze biomassa. De oogst dient enerzijds kostenefficiënt te gebeuren, zodat tak- en tophout kan concurreren met biomassa uit andere bronnen. Anderzijds moet de oogst op een verantwoorde manier plaatsvinden, zodat er geen onacceptabele effecten optreden op de biodiversiteit en de nutriëntenhuishouding van het bos.

In opdracht van Agentschap NL en het Bosschap heeft Stichting Probos in samenwerking met Van den Nagel Bioenergie B.V. een studie uitgevoerd waarbij de oogstmogelijkheden van tak- en tophout uit het Nederlandse bos in kaart zijn gebracht.

Onze dank gaat uit naar alle geïnterviewden die bereid waren ons te woord te staan en die ons van de zeer waardevolle informatie hebben voorzien. Speciale dank gaat uit naar Jaap van den Briel en Annika van Dijk voor hun kritische blik op het rapport.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	7
1 INLEIDING	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Doel	12
1.3 Werkwijze & leeswijzer	12
2 OOGST TAK- EN TOPHOUT: DE HUIDIGE PRAKTIJK	13
2.1 Situaties en redenen voor de oogst van tak- en tophout	13
2.2 Toegepaste werkwijzen	14
2.3 Aandachtspunten rondom de oogst	16
2.4 Het kosten-baten plaatje	18
3 TAK EN TOPHOUTPOTENTIEEL EN DE RANDVOORWAARDEN VOOR KOSTENEFFICIENTE EN VERANTWOORDE OOGST	19
3.1 Theoretisch potentieel in verschillende bostypen	19
3.2 Oogstmogelijkheden tak- en tophout op basis van economische en ecologische randvoorwaarden	26
4 CONCLUSIES & AANBEVELINGEN	33
4.1 Conclusies	33
4.2 Aanbevelingen	34
BRONNEN	35
BIJLAGE I - TAK- EN TOPHOUTPOTENTIEEL UIT DUNNING	
BIJLAGE II - TAK- EN TOPHOUTPOTENTIEEL UIT EINDVELLING	
BIJLAGE III - TAK- EN TOPHOUTPOTENTIEEL UIT EINDVELLING GERELATEERD AAN OPPERVLAKTE	

SAMENVATTING

Tak- en tophout uit bos vormt een belangrijk nog vrijwel onbenut potentieel aan houtige biomassa voor energieopwekking. Een aantal grote bosexploitanten heeft al enige jaren ervaring met het oogsten van tak- en tophout. De kennis is echter nog lang niet wijd verspreid onder alle bosexploitatiebedrijven. Bovendien hebben nog maar weinig boseigenaren en -beheerders goed zicht op de mogelijkheden voor oogst van tak- en tophout in hun terrein. Men is zich bijvoorbeeld niet bewust van deze oogstopitie. Ook heeft men onvoldoende in beeld in welke situaties oogst van tak- en tophout kostenefficiënt kan worden uitgevoerd, welke logistiek hierbij komt kijken en wat de opbrengsten zijn. Daarnaast heeft men onvoldoende zicht op de ecologische effecten van de oogst van tak- en tophout. Daarmee zijn veel boseigenaren en -beheerders bewust of onbewust terughoudend in (het toestaan van) de oogst van tak- en tophout in hun terrein of het aanbieden van bosopstanden voor de oogst van tak- en tophout. Het is daarom zaak de kennis over de oogst van tak- en tophout in Nederland te verhogen.

Stichting Probos heeft in opdracht van Agentschap NL en het Bosschap in samenwerking met Van den Nagel Bioenergie B.V. een studie uitgevoerd naar de oogstmogelijkheden van tak- en tophout uit het Nederlandse bos. Voor de studie zijn twee uitgangspunten gehanteerd. De oogst van tak- en tophout dient enerzijds kostenefficiënt te gebeuren, zodat tak- en tophout kan concurreren met biomassa uit andere bronnen. Anderzijds moet de oogst op een verantwoorde (duurzame) manier plaatsvinden, zodat er geen onacceptabele effecten optreden op de biodiversiteit en de nutriëntenhuishouding van het bos.

Door middel van interviews met bosexploitanten en enkele bosbeheerders zijn de Nederlandse praktijkervaringen met oogst, verwerking en afvoer van tak- en tophout verzameld. Vervolgens is voor verschillende situaties het theoretisch potentieel aan tak- en tophout uit dunningen en eindvelling berekend. Op basis van de interviews en literatuuronderzoek zijn vervolgens de economische en ecologische randvoorwaarden in beeld gebracht voor een kostenefficiënte en verantwoorde oogst van tak- en tophout.

Uit interviews blijkt dat de oogst van tak- en tophout uit bos in Nederland op dit moment nog niet veel wordt toegepast. Oogst van tak- en tophout vindt momenteel met name plaats bij kaalkap. Hierbij gaat het om:

- Kaalkap ten behoeve van omvorming van bos naar een ander landgebruik (bijv. wegverbreding) of een ander natuurype (bijv. heide of stuifzand);
- Kaalkap binnen het reguliere bosbeheer.

Binnen het reguliere bosbeheer is de belangrijkste reden voor oogst van tak- en tophout het verkrijgen van een betere uitgangssituatie voor bosverjonging en het creëren van een netter bosbeeld (voor recreanten en omwonenden).

Tabel 1 geeft een overzicht van de kosten per onderdeel voor de oogst van tak- en tophout. Bij kaalkap zijn de kosten gemiddeld 24 euro per ton chips aan de bosweg. De kosten kunnen hierbij variëren tussen de 19 euro en 29 euro per ton. Bij oogst van tak- en tophout uit dunningen ligt de gemiddelde kostprijs rond de 31,50 euro per ton aan de bosweg (met een bandbreedte 29 euro tot 34 euro per ton. Wanneer de chips aan de bosweg liggen, moeten er nog kosten worden gemaakt voor het transport naar de eindgebruiker. Deze kosten (inclusief het laden van de vrachtwagen) variëren van 9 tot 17 euro per ton. De prijzen die worden geboden voor houtchips (van tak- en tophout) aan de bosweg liggen gemiddeld genomen tussen de 20 en 25 euro per ton. Voor echt groene chips met een hoog gehalte aan naalden wordt ongeveer 18 euro per ton aan de bosweg betaald.

Tabel 1

Kosten voor verschillende onderdelen van de oogst van tak- en tophout. De kosten zijn gebaseerd op interviews met bosexploitanten met praktijkervaring in Nederland. Tussen haakjes staan de gemiddelde kosten vermeldt.

Onderdeel	Kosten
Voorconcentreren in de opstand	€1 á 2 (1,50) per ton
Uitrijden met forwarder	€8 – 15 (11,50) per ton bij kaalkap €18 – 20 (19) per ton bij dunning
Chippen	€10-12 (11) per ton
Laden vrachtwagen met kraan	€2 per ton
Transportkosten naar eindgebruiker	€7 – 15 (11) per ton

Met de huidige prijzen die voor houtige biomassa worden geboden is de oogst van tak- en tophout in dunningen momenteel niet of slechts zeer moeilijk rendabel te krijgen. De hoeveelheden tak- en tophout die bij dunningen vrijkomen per hectare zijn te laag om rendabel te kunnen werken. Pas bij verdere kostenreducties in het oogsten, verwerken en transporteren is tak- en tophoutoogst uit dunningen rendabel te maken. Hierbij moet tevens worden gewerkt op grote oppervlaktes (minimaal 20 hectare op goede groeiplaatsen), zodat er voldoende tak- en tophout vrijkomt om machines rendabel aan het werk te houden. Populier vormt hierop een uitzondering. Bij populier kan bij dunningen vanaf 6 hectare in theorie al rendabel tak- en tophout geogst worden.

Bij eindvelling (kaalkap of grotere groepenkap) is de oogst van tak- en tophout eenvoudiger rendabel te maken. Zij het, dat de winst nog altijd vrij beperkt is. Om de oogst van tak- en tophout kostenefficiënt te kunnen uitvoeren is het van belang dat er:

1. Enerzijds een kwalitatief hoogwaardige biomassa wordt geproduceerd door:
 - het vermijden van vervuiling met grond en stenen;
 - het aandeel blad en naalden in de biomassa laag te houden; en
 - het zoveel mogelijk separaat houden van tak- en tophout van naaldhout en van loofhout.
2. Anderzijds de inzet van machines (harvester, forwarder, chipper en vrachtwagen) zo efficiënt mogelijk te laten gebeuren door:
 - Bij de oogst van het stamhout al rekening te houden met de oogst en afvoer van het tak- en tophout (voorconcentreren etc.).
 - Te zorgen voor voldoende oogstbare biomassa. Als grove richtlijn kan hierbij worden aangehouden dat de hoeveelheid te oogsten tak- en tophout minimaal 200 ton moet bedragen. Dit wordt bij de meeste opstanden pas bereikt op de betere groeiplaatsen bij een minimale oppervlakte van 5 hectare. Het spreekt voor zich dat deze oppervlakte niet aaneengesloten hoeft te zijn, maar ook mag bestaan uit meerdere verspreid liggende opstanden op korte afstand van elkaar.

Met het oog op de ecologische effecten kan hieraan worden toegevoegd dat:

- Op arme, verzuringsgevoelige en droge bodems over het algemeen de oogst van tak- en tophout moet worden afgeraden, omdat dit kan leiden tot verzuring van de bodem, een verlaging van het organisch stofgehalte en een aanzienlijk verlies aan nutriënten. Dit kan een langdurig verlies aan productiviteit en bijgroei van het bos tot gevolg hebben.
- Waar mogelijk moet worden getracht bladeren en naalden in de opstand achter te laten.
- Het aan te raden is altijd een bepaald aandeel (minimaal 30%) tak- en tophout in de opstand achter te laten, omdat dit van belang is:
 - voor de bodemvruchtbaarheid;

- als habitat voor diverse paddenstoel- en insectensoorten en in minder mate voor (kost)mossoorten;
- als schuil- en nestgelegenheid voor vogels, zoogdieren en insecten.
- Tevens het van belang is om niet te frequent tak- en tophout uit een opstand te oogsten (dus niet bij elke dunning) en dit te beperken tot bijvoorbeeld eenmaal per rotatie (eenmaal per 75 tot 100 jaar).
- In gevallen waar verschraling van de bodem (en bijhorende vegetatie), het bevorderen van mycorrhiza of het tegengaan van verzuuring gewenst is, de oogst van tak- en tophout positief kan uitpakken.

De mate waarin de ecologische effecten in de praktijk zullen optreden zijn sterk afhankelijk van de hoeveelheid geoogst tak- en tophout, de frequentie van oogst, de boomsoortensamenstelling, de groeiplaats (bodemvruchtbaarheid, verstoringgevoeligheid bodem), de ontwikkelingsfase van het bos (leeftijd) en het voorkomen van kwetsbare plant- en diersoorten. Het is daarom aan te raden om voorafgaand aan de oogst van tak- en tophout voor het betreffende bosgebied een risicoanalyse te maken om de effecten van de oogst van tak- en tophout in te schatten. De studie naar een adviessysteem voor biomassa-oogst uit bos met het oog op een evenwichtige nutriëntenbalans die momenteel door Alterra en Probos wordt uitgevoerd (Spijker *et al.*, in prep.) kan hiervoor handvatten bieden.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Een aanzienlijk deel van de hernieuwbare energie in Nederland wordt opgewekt door middel van houtige biomassa (CBS, 2013; zie ook kader). De verwachting is dat de vraag naar houtige biomassa de komende jaren alleen maar zal toenemen. In scenariostudies wordt zelfs op de middellange termijn een tekort voorspeld (Mantau *et al.*, 2010; Oldenburger, 2011).

Tak- en tophout uit bos vormt een belangrijk, nog vrijwel onbenut potentieel aan houtige biomassa voor energieopwekking. Kuiper & De Lint (2008) schatten het aandeel oogstbaar tak- en tophout op 36 kton droge stof (ds) per jaar¹. Hoewel exacte cijfers over oogst van tak- en tophout ontbreken, wordt uit gesprekken met terreinbeheerders en bosexploitanten duidelijk dat dit potentieel aan tak- en tophout bij lange na niet wordt benut. Een aantal grote bosexploitanten heeft al enige jaren ervaring met het oogsten van tak- en tophout. Zij behoren tot de voorlopers. De kennis is echter nog lang niet wijd verspreid onder alle bosexploitatiebedrijven. Bovendien hebben nog maar weinig boseigenaren en -beheerders goed zicht op de mogelijkheden voor oogst van tak- en tophout in hun terrein. Men is zich bijvoorbeeld niet bewust van deze oogstoptie. Ook heeft men onvoldoende in beeld in welke situaties oogst van tak- en tophout kostenefficiënt kan worden uitgevoerd, welke logistiek hierbij komt kijken en wat de opbrengsten zijn. Daarnaast heeft men onvoldoende zicht op de ecologische effecten van de oogst van tak- en tophout. Daarmee zijn veel boseigenaren en -beheerders bewust of onbewust terughoudend in (het toestaan van) de oogst van tak- en tophout in hun terrein of het aanbieden van bosopstanden voor de oogst van tak- en tophout. Het is daarom zaak de kennis over de oogst van tak- en tophout in Nederland te verhogen.

Stichting Probos heeft in opdracht van Agentschap NL en het Bosschap een studie uitgevoerd naar de oogstmogelijkheden van tak- en tophout uit het Nederlandse bos. Hierbij is samengewerkt met Van den Nagel Bio-energie B.V. Voor de studie zijn twee uitgangspunten gehanteerd. De oogst van tak- en tophout dient enerzijds kostenefficiënt te gebeuren, zodat tak- en tophout kan concurreren met biomassa uit andere bronnen. Anderzijds moet de oogst op een verantwoorde (duurzame) manier plaatsvinden, zodat er geen onacceptabele effecten optreden op de biodiversiteit en de nutriëntenhuishouding van het bos.

Hernieuwbare energie uit houtige biomassa nu en in de toekomst

In 2012 was ongeveer 4,4% van het Nederlandse energieverbruik afkomstig uit hernieuwbare bronnen. Ruim 70% van de hernieuwbare energie komt uit biomassa. Binnen de hernieuwbare energie uit biomassa, neemt energie uit hout(verbranding) verreweg de grootste plaats in (CBS, 2013). De Nederlandse overheid is recent met diverse maatschappelijke partijen overeengekomen om het aandeel hernieuwbare energie in 2020 te verhogen tot 14% en in 2023 tot 16% (SER, 2013). Dit laatste percentage komt overeen met ca. 340 PJ aan energie. Van de duurzame energiedoelstellingen moet, conform het in 2008 tussen de NBLH²-sector en het Rijk overeengekomen 'convenant Agrosectoren' 32 PJ worden gerealiseerd met de inzet van (houtige) biomassa uit bos, natuur, landschap en de houtketen. Bij de berekening van deze doelstelling is er van uitgegaan dat uit bos en

¹ Het totale aandeel tak- en tophout dat jaarlijks bijgroeit in het Nederlandse bos is hoger. Bij het hier genoemde getal is ervan uitgegaan dat maximaal 25% van het tak- en tophout daadwerkelijk kan worden geoogst rekening houdend met beperkingen ten aanzien van toegankelijkheid, mechaniseerbaarheid en de wens om uit ecologische overwegingen tak- en tophout in het bos achter te laten.

² NBLH = Natuur, Bos, Landschap en Houtketen

landschap circa 100 kton ds per jaar extra houtige biomassa (incl. 36 kton tak- en tophout) kan worden geoogst (Kuiper & De Lint, 2008). Een recente evaluatie heeft echter aangetoond dat in de periode 2009-2011 eerder minder dan meer houtige biomassa uit bos is geoogst (Boosten & Oldenburger, 2012). Ook in 2012 is de oogst uit bos nog afgenomen. De verwachting is wel dat de houtoogst uit bos de komende jaren zal toenemen, aangezien Nederlandse bosbeheerders extra inkomsten moeten generen door het wegvallen van subsidies (De Groot, 2013), maar harde cijfers ontbreken vooralsnog. Om de bovengenoemde doelstellingen te realiseren is het zaak de extra oogst van houtige biomassa uit bos te ook daadwerkelijk op gang te brengen. De oogst uit landschap lijkt weliswaar te stijgen (Boosten & Oldenburger, 2012), maar extra oogst uit landschap alleen is onvoldoende om de doelstelling van 100 kton te halen.

1.2 Doel

Deze studie heeft tot doel terreinbeheerders, terreineigenaren en bosexploitanten zicht te geven op de mogelijkheden van kostenefficiënte en verantwoorde (duurzame) oogst van tak- en tophout in het Nederlandse bos.

1.3 Werkwijze & leeswijzer

Door middel van interviews met bosexploitanten en enkele bosbeheerders zijn de Nederlandse praktijkervaringen met oogst, verwerking en afvoer van tak- en tophout verzameld. Deze resultaten worden besproken in hoofdstuk 2. Vervolgens is voor verschillende situaties het theoretisch potentieel aan tak- en tophout uit dunningen en eindvelling berekend. Dit wordt besproken in hoofdstuk 3 (paragraaf 3.1). Vervolgens is op basis van economische randvoorwaarden gekeken in welke situaties de oogst van tak- en tophout in Nederland reëel is (paragraaf 3.2.1). Tot slot is ook gekeken naar de ecologische randvoorwaarden (paragraaf 3.2.2). De ecologische randvoorwaarden zijn in deze studie slechts in beperkte mate in beeld gebracht, daar er op hetzelfde moment een uitgebreidere studie wordt uitgevoerd door Alterra en Probos naar een adviessysteem voor biomassa-oogst uit bos met het oog op een evenwichtige nutriëntenbalans (Spijker *et al.*, in prep.). Tot slot worden in hoofdstuk 4 de belangrijkste conclusies en aanbevelingen gegeven.

2 OOGST TAK- EN TOPHOUT: DE HUIDIGE PRAKTIJK

Binnen deze studie zijn 9 interviews uitgevoerd die tot doel hadden de huidige Nederlandse praktijk van de oogst van tak- en tophout in beeld te brengen. Het betrof 6 bosexploitanten die zich met de oogst van tak- en tophout bezighouden en 3 bosbeheerders die ervaring hebben met de oogst van tak- en tophout. In de onderstaande paragrafen worden de resultaten van de interviews besproken.

2.1 Situaties en redenen voor de oogst van tak- en tophout

De belangrijkste reden waarom op dit moment tak- en tophout wordt geoogst is de noodzaak of wens tot het opruimen van het tak- en tophout. Het komt niet of nauwelijks voor dat tak- en tophout louter vanuit financieel oogpunt wordt geoogst. Meestal gebeurt de oogst als onderdeel van een groter project waarin verschillende werkzaamheden worden uitgevoerd. Het komt niet of nauwelijks voor dat bosexploitanten worden gevraagd om alleen het tak- en tophout te oogsten, nadat een andere bosexploitant al het rondhout heeft geoogst. De geïnterviewde bosexploitanten geven aan dat het ook de voorkeur heeft om de rondhoutoogst en de oogst van tak- en tophout door één partij te laten uitvoeren. Zo kan tijdens de rondhoutoogst al rekening worden gehouden met de oogst van het tak- en tophout, bijvoorbeeld door het tak- en tophout al handig voor te concentreren in de opstand en het naald- en loofhout apart te houden. Ook probeert men te voorkomen dat er teveel met machines overheen wordt gereden (zie ook paragraaf 2.3). Dit alles komt de efficiënte oogst en afvoer van tak- en tophout en de kwaliteit van de biomassa ten goede. Dit werd door een van de geïnterviewden kernachtig samengevat in de zin: *“Je wil bij de oogst van tak- en tophout voorkomen dat je de rotzooi van een ander staat op te ruimen!”*.

Oogst van tak- en tophout vindt op dit moment met name plaats bij kaalkap. Hierbij gaat het om:

- Kaalkap ten behoeve van omvorming van bos naar een ander landgebruik (bijv. wegverbreding) of een ander natuurtype (bijv. heide of stuifzand);
- Kaalkap binnen het reguliere bosbeheer.

Bij omvorming naar een ander landgebruik of natuurtype spreekt de noodzaak voor het afvoeren van het tak- en tophout voor zich, omdat het terrein een andere bestemming krijgt. Bij een bosbouwkundige kaalkap is tot nu toe een van de belangrijkste redenen voor het opruimen van tak- en tophout het verkrijgen van een betere uitgangssituatie voor bosverjonging. Door het ruimen van het tak- en tophout wil men een beter zaaibed creëren voor natuurlijke verjonging of het terrein makkelijker toegankelijk maken voor het uitvoeren van plantwerkzaamheden. Ook wil men met het verwijderen van tak- en tophout verrijging voorkomen, waardoor de bosverjonging een betere start krijgt.

Het oogsten van tak- en tophout vindt ook plaats bij dunning, maar eigenlijk alleen als hierom specifiek door de bosbeheerder of -eigenaar wordt gevraagd. Dit gebeurt in de praktijk zelden. Het tak- en tophout wordt in deze gevallen vooral verwijderd om een opgeruimd bosbeeld te verkrijgen, bijvoorbeeld in parkbossen of landgoedbossen waar veel gewandeld wordt.

Ook bij eerste dunningen wordt sporadisch tak- en tophout geoogst. In dat geval wordt gebruik gemaakt van de hele-boom-methode, waarbij er geen onderscheid wordt gemaakt tussen rondhout en tak- en tophout.

Vanuit het oogpunt van de kwaliteit van de te produceren houtchips en de kosten zijn volgens de geïnterviewden met name oudere bosopstanden met veel zwaar³ loofhout en grove den interessant voor tak- en tophoutoogst. Zwarte douglas en fijnspar zijn minder geschikt vanwege het grote aandeel naalden.

2.2 Toegepaste werkwijzen

Tijdens de interviews is gebleken dat de door de bosexploitanten gekozen werkwijze bij de oogst van tak- en tophout met name wordt ingegeven door de machines die zij in eigendom hebben. Er kunnen grofweg twee werkwijzen worden onderscheiden: (1) chippen in de opstand en (2) chippen buiten de opstand. Bij de ene werkwijze wordt het tak- en tophout in de opstand gechipt en worden de chips uitgereden en bij de andere werkwijze wordt het tak- en tophout de opstand uitgereden en langs de bosweg of op een andere locatie gechipt. Hieronder worden beide werkwijzen beschreven.

Chippen in de opstand

Deze werkwijze wordt vooral toegepast bij kaalkap of grotere groepenkap. Bij dunningen is er te weinig plek voor deze werkwijze. Deze methode wordt uitgevoerd door bosexploitanten die een lichte mobiele chipper in eigendom hebben, waarmee ze in de opstand kunnen manoeuvreren (zie figuur 2.1).

De bomen worden met de harvester geveld. De machinist concentreert vervolgens het tak- en tophout op hopen verspreid over de opstand. Vervolgens gaat de chipper de opstand in en worden de hopen met takken ter plaatse gechipt in een kieper of carrier met containerbak die achter een trekker hangt. Sommige mobiele chippers zijn uitgerust met een eigen bunker waarin de chips worden opgevangen. De chips worden vervolgens de opstand uitgereden en gelost op een plek die makkelijk bereikbaar is voor verder transport met een vrachtwagen. Het komt ook voor dat een volle containerbak aan de rand van de opstand wordt gelost, waarna er weer een nieuwe (lege) container wordt geladen. De opslaglocatie voor de chips kan afhankelijk terreinomstandigheden soms op een afstand van 3 km liggen. Wanneer de chips los worden gestort, dan worden ze op het moment van levering met behulp van een kraan in een vrachtwagen geladen. Volle containers met chips die aan de rand van de opstand staan, worden in hun geheel op een vrachtwagen geladen en afgevoerd.

Chippen buiten de opstand

Door bosexploitanten die zware mobiele chippers in eigendom hebben waarmee niet in opstanden kan worden gemanoeuvreed (zie figuur 2.2), kan alleen buiten de opstand worden gechipt. Hierbij wordt het tak- en tophout de opstand uitgereden. Ook bedrijven met lichte mobiele chippers kiezen er soms voor om buiten de opstand te chippen.

De bomen worden manueel of met de harvester geveld. De machinist concentreert vervolgens het tak- en tophout op hopen verspreid over de opstand. Vervolgens wordt het tak- en tophout net als het rondhout uitgereden en langs de bosweg of op een andere locatie in de buurt van de opstand neergelegd. Het uitrijden gebeurt met een standaard forwarder of met een presscollector (figuur 2.3). De presscollector wordt alleen ingezet bij grote volumes tak- en tophout, omdat het inzetten van de presscollector extra transportkosten met zich meebrengt. Voor de forwarder zijn er geen extra transportkosten, aangezien deze al aanwezig voor de rondhoutoogst. Vervolgens wordt het tak- en tophout langs de bosweg of op een andere centrale plek gechipt.

³ Bomen met een grote omvang (diameter)

Naast de beschikbaarheid van machines, zijn de volgende factoren bepalend voor de werkwijze die wordt gekozen:

1. De draagkracht van de grond: is het mogelijk om met de chipper het terrein in te gaan?;
2. De hoeveelheid tak- en tophout in het terrein en de wijze waarop het over het terrein is verspreid;
3. De manoeuvreerruimte in de opstand: kan de chipper, maar ook de trekker met aanhanger, gemakkelijk door de opstand bewegen?;
4. De rijafstanden met de chips en de eventuele wachttijden van de chipper;
5. De opslagcapaciteit van de chips of het tak- en tophout buiten de opstand;
6. De mogelijkheid voor (variabele) levering van de chips aan de eindafnemer;
7. De bereikbaarheid van de verzamellocatie met een containervrachtwagen of een walkingfloor-vrachtwagen.

Figuur 2.1

Voorbeeld van een lichte mobiele chipper die wordt ingezet voor het chippen van tak- en tophout in de opstand.
(Afbeelding: Stichting Probos - Biomassa Stroomlijn - Borgman Beheer Advies)



Figuur 2.2

Voorbeeld van een zware mobiele chipper die wordt ingezet voor het chippen van tak- en tophout buiten de opstand.
(Afbeelding: Stichting Probos - Biomassa Stroomlijn - Borgman Beheer Advies)



Figuur 2.3

Voorbeeld van een presscollector.
(Afbeelding: Stichting Probos - Biomassa Stroomlijn - Borgman Beheer Advies)



2.3 Aandachtspunten rondom de oogst

2.3.1 Kwaliteit van de biomassa

Alle geïnterviewden geven aan dat bij alle stappen in de houtoogst belangrijk is om rekening te houden met de kwaliteit van de houtige biomassa die uiteindelijk van het tak- en tophout wordt geproduceerd. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn:

1. Het vermijden van vervuiling met grond en stenen;
2. Het aandeel blad en naalden laag houden;
3. Het voorkomen van vermenging van naald- en loofhout.

Vermijden van vervuiling met grond en stenen

Vervuiling met grond heeft een groot negatief effect op de kwaliteit van de houtige biomassa. Ten eerste zorgt zand voor meer asvorming en verglazing aan de binnenkant van de verbrandingsketel. De onderhoudskosten nemen daardoor toe en de levensduur van de ketel neemt af. Afnemers van biomassa zijn daarom steeds kritischer op biomassa waarin (veel) grond zit. Daarnaast heeft het zand tot gevolg dat de messen in de chipper sneller slijten en dus vaker geslepen of vervangen moeten worden. Stenen zijn in dat opzicht een nog groter probleem, omdat zij de messen in één keer onbruikbaar kunnen maken. Dit brengt extra kosten met zich mee.

Vervuiling met grond en stenen kan worden voorkomen door hier tijdens de houtoogst al rekening mee te houden. Bijvoorbeeld het rijden over (matten van) tak- en tophout met harvesters of forwarders dient te worden voorkomen, omdat er zo meer grond en stenen in het tak- en tophout terecht komen. Daarnaast dient de machinist van de presscollector, forwarder of zelfrijdende chipper te voorkomen dat er grond of stenen worden opgeraapt tijdens het verzamelen van het tak- en tophout. Ook dient te worden voorkomen dat wortels of stobben, bijvoorbeeld van uitgetrokken opslag bij kaalkap, tussen of bovenop het tak- en tophout worden gelegd. Regen kan de grond en mogelijke stenen tussen de wortels wegspoelen waardoor vervuiling ontstaat.

Om bovengenoemde redenen geven bosexploitanten er de voorkeur aan de gehele houtoogst inclusief de tak- en tophoutoogst in één hand uit te voeren. Op die manier zijn zij ervan verzekerd dat de hoeveelheid zand en stenen in het tak- en tophout tot een minimum is beperkt. Wanneer aan een bosexploitant alleen het tak- en tophout (langs de bosweg) wordt aangeboden, kan dit er toe leiden dat een lagere prijs per ton wordt betaald. De bosexploitant moet immers risico incalculeren voor een lagere kwaliteit biomassa of beschadiging aan de messen in de chipper.

Aandeel blad en naalden laag houden

Houtige biomassa met een hoog aandeel blad of naald kent een kleiner afzetgebied en daardoor een lagere prijs dan houtige biomassa met geen of een laag aandeel blad of naald. Bladeren en naalden zorgen namelijk voor chloorvorming in de verbrandingsketel en veroorzaken daardoor snellere slijtage als gevolg van corrosie. Daarnaast is er ook meer slak- en asvorming. Alleen de grote biomassacentrales accepteren deze kwaliteit chips, maar betalen er wel een lagere prijs voor.

Door het uitvoeren van de houtoogst in de winterperiode is bij loofhout en lariks eenvoudig te voorkomen dat er bladeren en naalden in het tak- en tophout terecht komen. Bij groenblijvende naaldboomsoorten vormen de naalden wel een probleem. Vanwege het lagere aandeel naalden en het andere type naalden vormen de naalden van grove den een minder groot probleem dan de naalden van douglas of fijnspar.

Het aandeel naalden in het tak- en tophout kan worden verlaagd door het tak- en tophout enige tijd, bijvoorbeeld een jaar, te laten liggen in de opstand of langs de bosweg voordat het wordt gechipt. De geïnterviewden geven echter aan dat het aandeel naalden in de biomassa dan vaak nog steeds hoog is, omdat enerzijds de naalden niet zo makkelijk loslaten en ze anderzijds na het vallen deels gewoon in de hoop met tak- en tophout terechtkomen. Hierbij spelen ook de weersomstandigheden een rol. Wanneer het tak- en tophout bij regenachtig weer op hopen wordt gelegd, blijft er veel vocht in de hoop achter. Hierdoor is er grote kans dat de naalden zwart worden en niet afvallen. Ook de boomsoort is van belang. Bijvoorbeeld hopen met tak- en tophout van douglas en fijnspar zijn meer gesloten dan hopen van grove den. Uit deze gesloten hopen verdamppt het vocht lastiger.

Wanneer tak- en tophout in de opstand of aan de bosweg wordt achtergelaten om na een jaar te worden gechipt, kunnen de kosten toenemen, omdat er opnieuw materieel moet worden aangevoerd.

Een andere optie voor het verkleinen van het aandeel naalden is het hanteren van een andere aftopdiameter door bijvoorbeeld de kroon af te toppen bij een diameter van 12 centimeter in plaats van de gebruikelijke 8 centimeter. Hierdoor komt er relatief meer hout in het tak- en tophout terecht en dus relatief minder naald of blad. Gevolg van deze werkwijze is wel dat de hoeveelheid vezelhoutsortiment in het rondhout afneemt. De geïnterviewde bosexploitanten geven aan dat in het geval van grove den de aftopdiameter vaak wel wordt aangepast. Bij douglas en fijnspar gebeurt het hanteren van een hogere aftopdiameter niet zo snel, omdat ook voor het rondhout uit de top nog een goede afzet is.

Een bijkomend voordeel van het hanteren van een hogere aftopdiameter is dat het aantal kraanbewegingen wordt verkleind. Bij het intact laten van een groter deel van de kroon hoeven er minder takken met de kraan bij elkaar te worden geraapt en dat scheelt tijd. Daarnaast kan het werk ook netter worden opgeruimd. Bij een hoger houtaandeel in het tak- en tophout kan de chipper ook een hogere productie halen en dat is gunstig voor de kostprijs per eenheid.

Voorkomen vermenging naald- en loofhout

Indien zowel naald- als loofhout wordt geogst, is het verstandig het tak- en tophout van naaldhout en loofhout te scheiden. Loofhout levert namelijk houtige biomassa van een hogere kwaliteit. Voor houtige biomassa van loofhout is een veel groter afzetgebied dan voor naaldhout. De houtige biomassa van loofhout kan bijvoorbeeld aan de spaanplaatindustrie worden geleverd. Ook naaldhoutchips met een zeer laag aandeel naalden kunnen aan de spaanplaatindustrie worden geleverd.

De ervaring leert dat het scheiden van tak- en tophout in gemengde opstanden van naald- en loofhout logistiek erg lastig is. Soms kan mengen van loof- en naaldhoutchips ook handig zijn om een partij naaldhoutchips ‘op te waarden’.

2.3.2 De nutriëntenhuishouding.

Een aandachtspunt dat met name door de bosbeheerders en bouseigenaren wordt genoemd is het effect van tak- en tophoutoogst op de nutriëntenhuishouding van het bos. Zij geven aan zich hier zorgen over te maken, maar zelf over te weinig kennis te beschikken om weloverwogen beslissingen te kunnen nemen.

De geïnterviewde bosexploitanten geven aan op dit moment niet of nauwelijks rekening te houden met het nutriëntenvraagstuk. Zij horen hier ook vanuit hun opdrachtgevers weinig over.

2.4 Het kosten-baten plaatje

De interviews hebben duidelijk gemaakt dat er geen standaardprijs kan worden genoemd die een boseigenaar ontvangt bij de oogst van tak- en tophout. Daarvoor zijn er te veel factoren van invloed op de kosten die bij de oogst moeten worden gemaakt. Bij het bepalen van de kosten spelen diverse vragen een rol: Kan er een walkingfloor-vrachtwagen bij het werk komen of moet er met containers worden gewerkt? Moeten die containers dan nog met de een carrier naar de weg worden gebracht of kunnen ze bij het werk op de vrachtwagen worden geladen of worden volgechipt? Moeten er grote afstanden worden gereden met de chips of takken in het terrein? Wat is de kwaliteit van het materiaal? Betreft het loofhout of naaldhout? Hoeveel (volle of halfvolle) vrachten aan chips komen van het werk af?

Wel wordt door alle geïnterviewde bosexploitanten gesteld dat de oogst van tak- en tophout gemiddeld genomen slechts een kleine winst per ton oplevert. In de praktijk zijn er ook nog zat projecten waarbij het tak- en tophout netto geen geld oplevert of zelfs geld kost.

Door de geïnterviewden zijn veel prijzen genoemd, zowel voor de kosten van het uitvoeren van de verschillende werkzaamheden als voor de opbrengst van de houtige biomassa. In tabel 2.1 wordt op basis van de interviews een overzicht gegeven van de kosten voor de verschillende onderdelen bij de oogst van tak- en tophout. Wanneer de kosten per onderdeel uit het tabel 2.1 worden samengenomen dan bedraagt de huidige gemiddelde kostprijs voor oogst van tak- en tophout bij kaalkap 24 euro per ton chips aan de bosweg. Daarbij zijn de chips aan de bosweg geproduceerd. De kosten kunnen hierbij variëren tussen 19 euro en 29 euro per ton. Bij oogst van tak- en tophout uit dunningen ligt de gemiddelde kostprijs rond de 31,50 euro per ton aan de bosweg (met een bandbreedte 29 euro tot 34 euro per ton).

Wanneer de chips aan de bosweg liggen, moeten er nog kosten worden gemaakt voor het transport naar de eindgebruiker. Deze kosten (inclusief het laden van de vrachtwagen) variëren van 9 tot 17 euro per ton.

Tabel 2.1

Kosten voor verschillende onderdelen van de oogst van tak- en tophout. De kosten zijn gebaseerd op interviews met bosexploitanten met praktijkervaring in Nederland. Tussen haakjes staan de gemiddelde kosten vermeldt.

Onderdeel	Kosten
Voorconcentreren in de opstand	€1 á 2 (1,50) per ton
Chippen	€10-12 (11) per ton
Trekker met kieper	€5 – 7 (6) per ton
Uitrijden met forwarder	€8 – 15 (11,50) per ton bij kaalkap €18 – 20 (19) per ton bij dunning
Laden vrachtwagen met kraan	€2 per ton
Transportkosten naar eindgebruiker	€7 – 15 (11) per ton

De prijzen die worden geboden voor houtchips (van tak- en tophout) aan de bosweg liggen gemiddeld genomen tussen de 20 en 25 euro per ton. Voor echt groene chips met een hoog gehalte aan naalden wordt ongeveer 18 euro per ton aan de bosweg betaald.

Uit het bovenstaande blijkt dat de prijs die momenteel voor houtige biomassa wordt betaald te laag is om de oogst van tak- en tophout bij dunningen rendabel te kunnen uitvoeren. Ook bij de oogst van tak- en tophout uit kaalkap kan er lang niet altijd winst worden gemaakt. De winst die wordt gemaakt is bovendien veelal beperkt. De prijs voor de houtige biomassa zal rond de 35 euro per ton aan de bosweg moeten liggen om de oogst uit dunningen rendabel te kunnen uitvoeren. Bij bladrijke eik en beuk kan de oogst van tak- en tophout waarschijnlijk al eerder uit, omdat die oogst houtige biomassa oplevert van een hogere kwaliteit.

3 TAK EN TOPHOUTPOTENTIEEL EN DE RANDVOORWAARDEN VOOR KOSTENEFFICIENTE EN VERANTWOORDE OOGST

De hoeveelheid tak- en tophout die kan vrijkomen uit het bos verschilt sterk per boomsoort en bodemtype. In dit hoofdstuk wordt voor de meest voorkomende boomsoorten en boniteiten de theoretische hoeveelheid tak- en tophout gegeven die vrij kan komen (paragraaf 3.1). Vervolgens wordt op basis van economische en ecologische randvoorwaarden gekeken in welke situaties de oogst van tak- en tophout reëel is (paragraaf 3.2).

3.1 Theoretisch potentieel in verschillende bostypen

De “Opbrengsttabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland” van Jansen *et al.* (1996) vormen voor Nederland de belangrijkste informatiebron voor de spilhoutvolumes die vrijkomen bij dunningen en eindvellingen voor de meest voorkomende boomsoorten. Deze spilhoutvolumes uit de opbrengsttabellen zijn gebruikt om voor de boomsoorten grove den, Corsicaanse den, Oostenrijkse den, douglas, Japanse lariks, fijnspar, zomereik, Amerikaanse eik, beuk, es, zwarte els en populier de potentiële beschikbaarheid van tak- en tophout na dunning en eindvelling in te schatten m.b.v. een zogenaamde Biomassa Expansie Factor (BEF) (zie hieronder). Deze inschatting is per boomsoort gedaan voor verschillende boniteiten⁴. Hierbij zijn per boomsoort de spilhoutvolumes voor de laagste, de hoogste en een of meerdere tussenliggende boniteiten genomen. De boniteit geldt hierbij als indicator voor de kwaliteit van de groeiplaats. De getallen bij een lage boniteit geven daarmee inzicht in de potentiële volumes tak- en tophout op de voor de boomsoort arme groeiplaatsen. Een hoge boniteit geeft inzicht in de potentiële volumes tak- en tophout op de voor de boomsoort rijke groeiplaatsen. De populier vormt hierop een uitzondering. Bij de populier staat een lage boniteit voor een rijke groeiplaats en een hoge boniteit voor een arme groeiplaats. Voor gedetailleerde informatie over boniteiten wordt verwezen naar Jansen *et al.* (1996).

De hoeveelheid tak- en tophout die vrijkomt bij een dunning of eindvelling is ingeschat door het volume spilhouthout te vermenigvuldigen met een zogenaamde Biomassa Expansie Factor (BEF). Met behulp van die BEF wordt het totale houtvolume in het bovengrondse deel van een boom berekend (dus inclusief tak- en tophout). In het algemeen wordt er in Nederland gerekend met een gemiddelde waarde van 20% voor het aandeel tak- en tophout binnen het totale houtvolume van een boom (Kuiper & De Lint, 2008, De Vries *et al.*, 2008). De gemiddelde waarde voor naaldbomen liggen iets lager (14%) en voor loofbomen iets hoger 24% (Baritz & Strich, 2000). Binnen deze studie is er voor gekozen om voor naaldbomen te rekenen met een waarde van 20% tak- en tophout binnen het totale bovengrondse houtvolume. Voor loofbomen is een aandeel van 24% aangehouden, zoals ook wordt gehanteerd door Baritz en Strich (2000). Voor naaldhout is gekozen voor een iets hogere waarde dan de waarde van Baritz en Strich (2000), omdat verwacht wordt dat, met name bij grove den onder Nederlandse omstandigheden, het aandeel tophout daar hoger zal zijn. Dit in verband met de grilligheid van de stam richting de top.

Bij het interpreteren van de gegevens is het belangrijk er rekening mee te houden dat de wijze van dunning (matige laagdunning) die in de opbrengsttabellen wordt toegepast kan verschillen van de wijze van dunning die daadwerkelijk in de praktijk wordt gehanteerd. Bovendien is het goed om te realiseren dat de cijfers betrekking hebben op gelijkjarige monocultures. Deze komen in het Nederlandse bos steeds minder voor. Goede cijfers voor ongelijkjarig en gemengd bos zijn echter niet voorhanden. Desondanks geeft deze werkwijze

⁴ Boniteit: Maatstaf die de kwaliteit van de groeiplaats voor de betreffende boomsoort weerspiegelt.

wel een goede indicatie van de potentiële volumes en kunnen deze worden gebruikt om voor bepaalde bostypen in te schatten of het überhaupt zinvol is om tak- en tophout te oogsten.

3.1.1 Tak- en tophoutpotentieel uit dunning

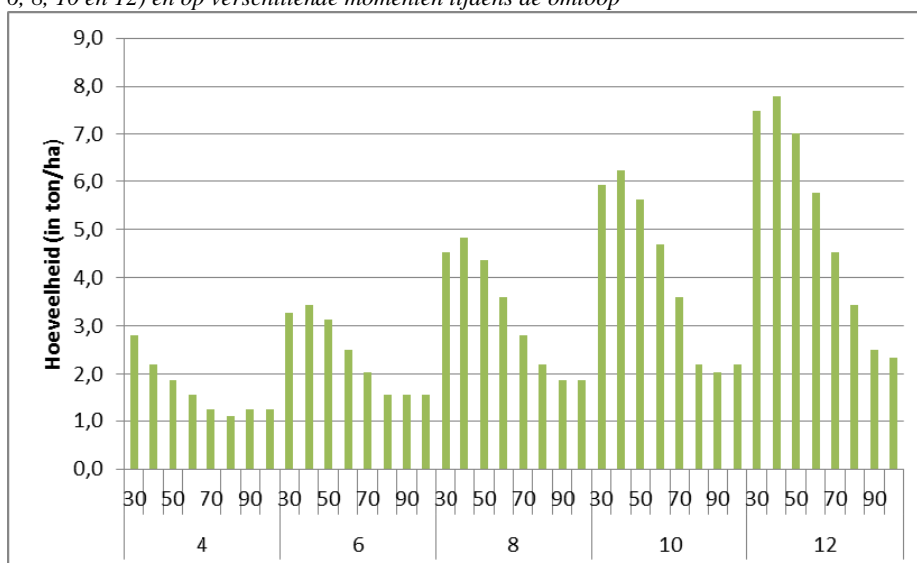
In de onderstaande figuren (3.1 t/m 3.5) wordt voor de boomsoorten grove den, douglas, zomereik, Amerikaanse eik en populier de potentiële hoeveelheid tak- en tophout (in ton vers) weergegeven die bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop kan vrijkomen uit dunningen. Voor een overzicht van het tak- en tophoutpotentieel uit dunningen van alle boomsoorten wordt verwezen naar bijlage I.

De grafieken voor grove den, douglas, zomereik en Amerikaanse eik laten duidelijk zien dat de hoeveelheid tak- en tophout uit dunningen afneemt naarmate het bos ouder wordt. Dat is het gevolg van het feit dat ook het dunningsvolume afneemt gedurende de omloop.

Figuur 3.1 laat zien dat met name bij de lage boniteiten de hoeveelheid tak- en tophout uit dunning bij grove den met beperkt is (gemiddeld minder dan 2 ton/ha). Bij de hogere boniteiten ligt de piek in de hoeveelheid tak- en tophout uit dunning bij grove den in de leeftijd van 30 tot 50 jaar.

Figuur 3.1

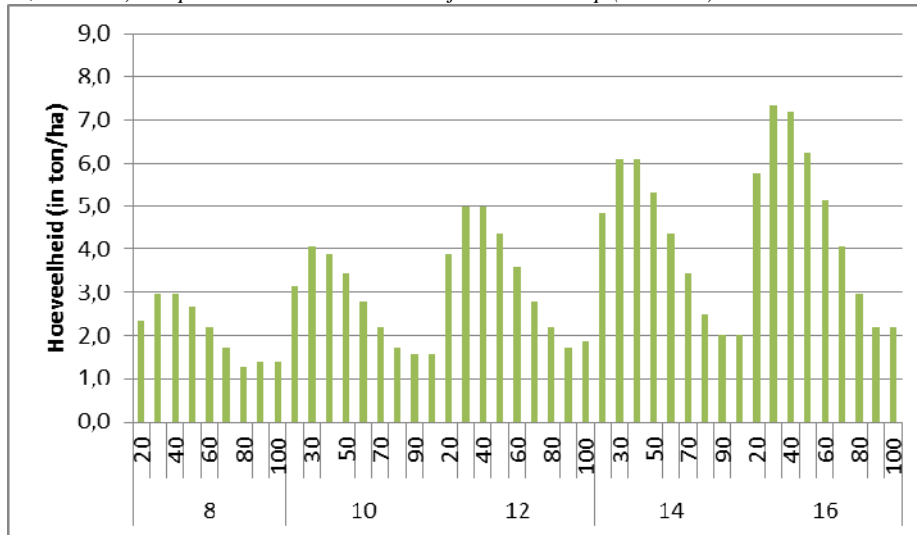
Hoeveelheden tak- en tophout in ton/ha die vrijkomen bij dunning van grove den bij verschillende boniteiten (4, 6, 8, 10 en 12) en op verschillende momenten tijdens de omloop



Met betrekking tot de potentiële hoeveelheid tak- en top hout die vrijkomt bij dunningen laat douglas (figuur 3.2) dezelfde ontwikkeling zijn als grove den. In de leeftijd van 20 tot 50 jaar komt per hectare het meeste tak- en top hout vrij bij dunningen.

Figuur 3.2

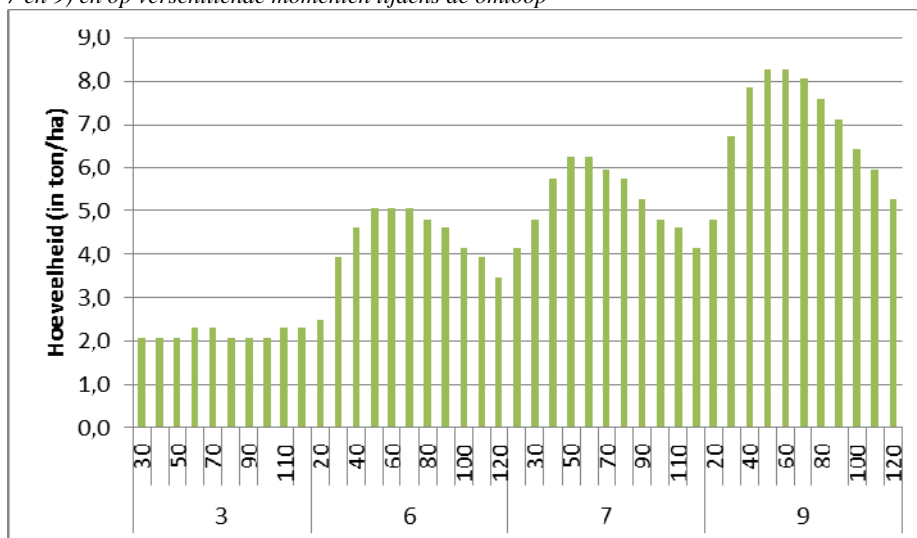
Hoeveelheden tak- en top hout in ton/ha die vrijkomen bij dunning van douglas bij verschillende boniteiten (8, 10, 12, 14 en 16) en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



Zomereik (figuur 3.3) laat een iets ander beeld zien dan grove den en douglas. In de laagste boniteit is de hoeveelheid zeer beperkt. Bij de boniteiten 6, 7 en 9 komt het meeste tak- en top hout uit dunning gedurende de omloop vrij in de leeftijd van 40 tot 80 jaar.

Figuur 3.3

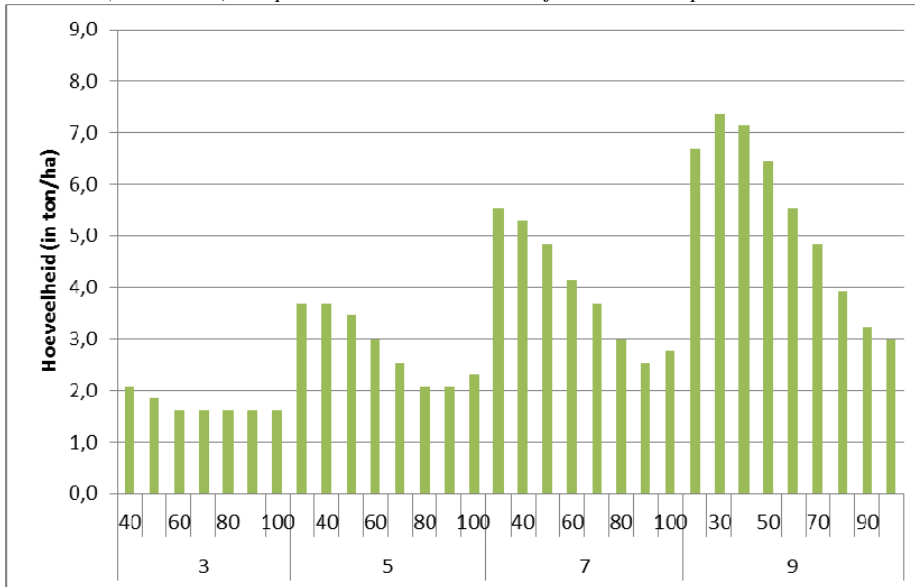
Hoeveelheden tak- en top hout in ton/ha die vrijkomen bij dunning van zomereik bij verschillende boniteiten (3, 6, 7 en 9) en op verschillende momenten tijdens de omloop



Amerikaanse eik (figuur 3.4) laat een ander beeld zien dan zomereik als het gaat om het moment tijdens de omloop waarop de hoeveelheid tak- en tophout uit dunning het grootst is. In de boniteiten 7 en 9 ligt de piek in de leeftijd van 30 tot 50 jaar. Vanaf jaar 50 neemt de hoeveelheid af. Meer richting het eind van de omloop, zal het houtaandeel in het tak- en tophout echter wel toenemen, omdat het aandeel dunne takjes bij oudere bomen afneemt.

Figuur 3.4

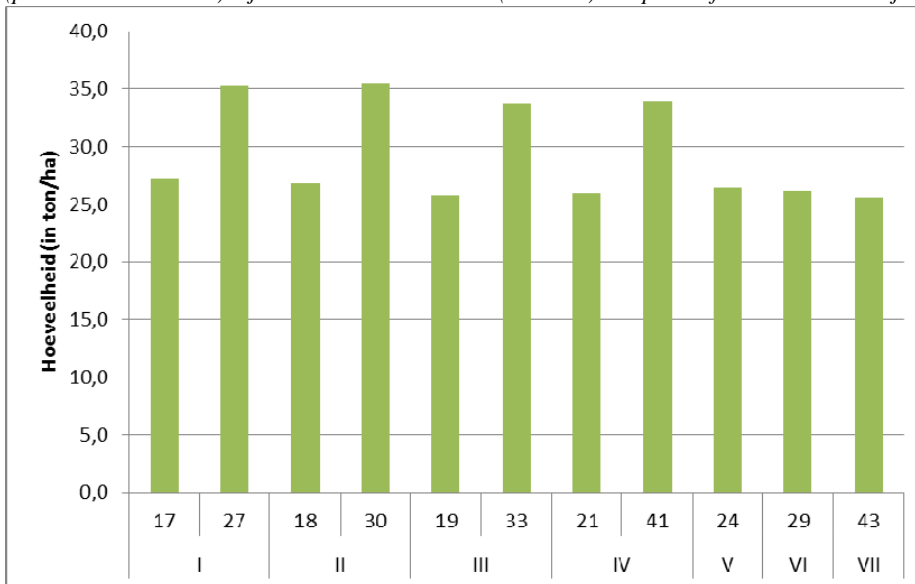
Hoeveelheden tak- en tophout in ton/ha die vrijkomen bij dunning van Amerikaanse eik bij verschillende boniteiten (3, 5, 7 en 9) en op verschillende momenten tijdens de omloop



Populier in een plantverband van 6 x 6 meter kent een ander dunningsregime dan de boomsoorten die hierboven zijn besproken. Dat blijkt ook duidelijk uit figuur 3.5. Daarnaast liggen de hoeveelheden tak- en tophout ook veel hoger dan bij de andere boomsoorten (25-35 ton/ha). Het is belangrijk er rekening mee te houden dat (in tegenstelling tot bij andere boomsoorten) de hogere boniteiten bij populier de slechtste groeiklassen vertegenwoordigen.

Figuur 3.5

Hoeveelheden tak- en tophout in ton/ha die vrijkomen bij dunning van populier (*Populus x canadensis* 'Robusta') (plantverband 6 x 6 m) bij verschillende boniteiten (I t/m VII) en op één of twee momenten tijdens de omloop



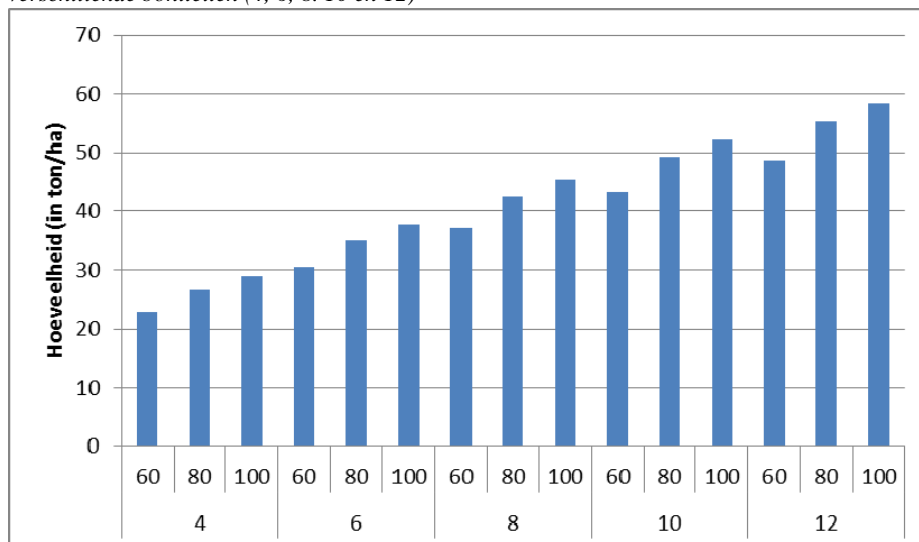
3.1.2 Tak- en tophoutpotentieel uit eindvelling

Naast de potentiële hoeveelheid tak- en tophout uit dunning is ook de potentiële hoeveelheid tak- en tophout uit eindvelling berekend. In de onderstaande figuren (3.6 t/m 3.10) wordt voor de boomsoorten grove den, douglas, zomereik, Amerikaanse eik en populier de potentiële hoeveelheid tak- en tophout (in ton vers) weergegeven die bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop kan vrijkomen uit eindvelling. Voor een overzicht van het tak- en tophoutpotentieel uit eindvelling van alle boomsoorten wordt verwezen naar bijlage II. De eindvelling staat hierbij model voor kaalkap of grotere groepenkap.

Figuur 3.6 laat zien dat bij de gemiddelde boniteit 8 bij een eindvelling van grove den op jaar 80 in potentie iets meer dan 40 ton/ha tak- en tophout vrijkomt. Bij de laagste boniteit is dit iets meer dan 27 ton/ha en bij de hoogste boniteit ongeveer 55 ton/ha.

Figuur 3.6

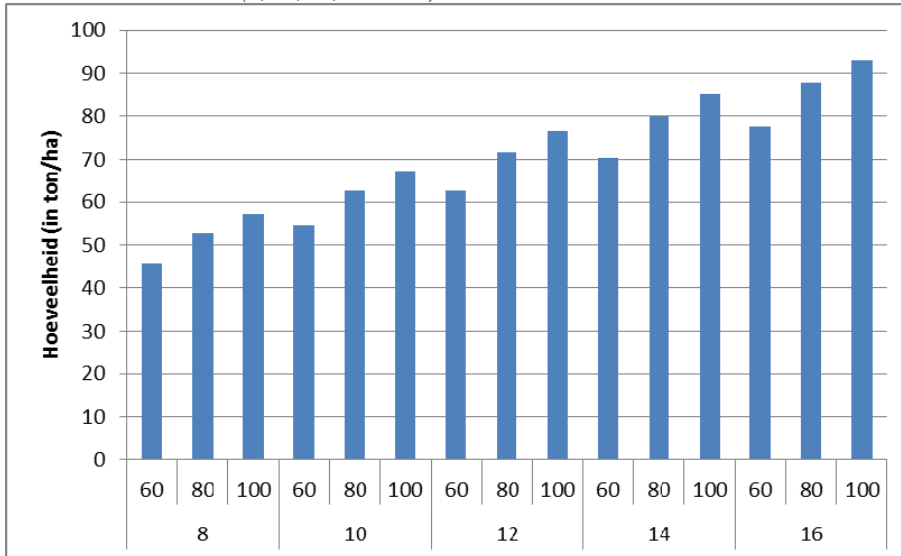
Hoeveelheden tak- en tophout in ton/ha die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80 of 100 jaar van grove den bij verschillende boniteiten (4, 6, 8, 10 en 12)



Qua ontwikkeling van de potentiële hoeveelheid tak- en top hout bij eindvelling laat douglas (figuur 3.7) een vergelijkbare ontwikkeling zien als grove den. De hoeveelheid ligt echter wel een stuk hoger. Bij douglas varieert de hoeveelheid bij een eindvelling na 80 jaar tussen ongeveer 50 ton/ha bij de laagste boniteit en bijna 90 ton/ha bij de hoogste boniteit.

Figuur 3.7

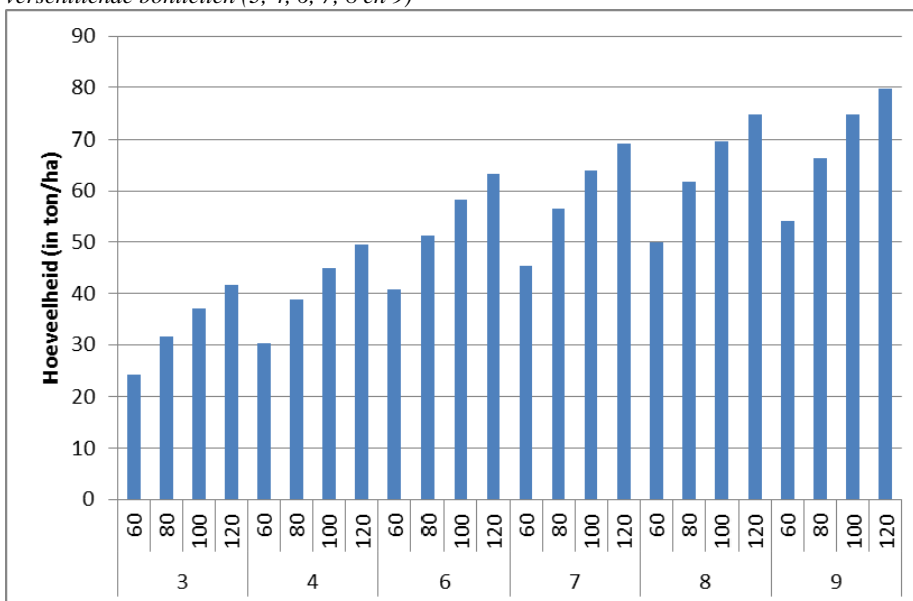
Hoeveelheden tak- en top hout in ton/ha die vrijkomen bij eindvelling 60, 80 of 100 jaar van douglas bij verschillende boniteiten (8, 10, 12, 14 en 16)



Figuur 3.8 geeft het potentieel van tak- en top hout bij zomereik weer. Bij zomereik is het niet gebruikelijk om al bij 60 jaar een eindvelling uit te voeren. In figuur 3.8 is dit echter wel weergegeven, zodat een langjarig beeld wordt verkregen van de ontwikkeling in de potentiële hoeveelheid tak- en top hout uit eindvelling bij zomereik. Bij de laagste boniteit is de potentiële hoeveelheid tak- en top hout bij eindvelling op jaar 100 iets meer dan 35 ton/ha. Bij de hoogste boniteit is dit ongeveer 75 ton/ha.

Figuur 3.8

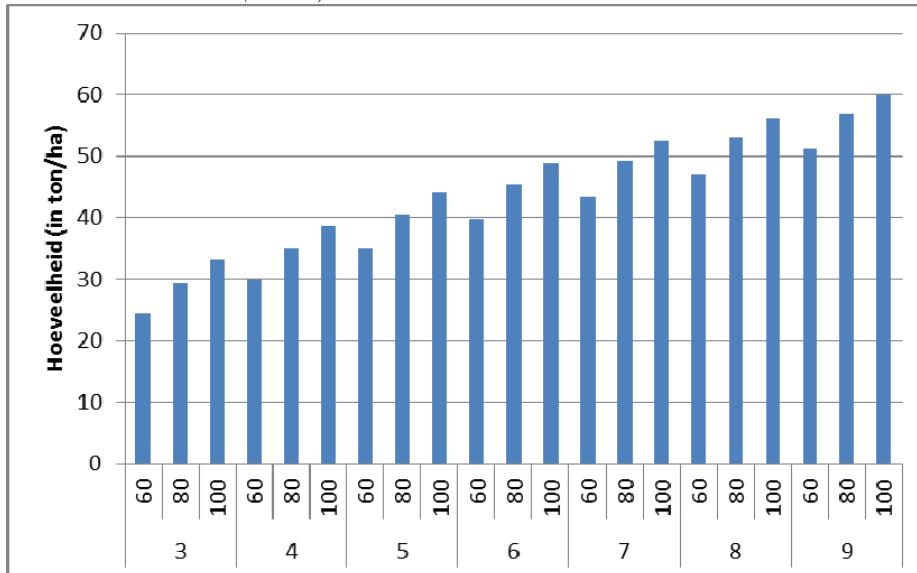
Hoeveelheden tak- en top hout in ton/ha die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80, 100 of 120 jaar van zomereik bij verschillende boniteiten (3, 4, 6, 7, 8 en 9)



De potentiële hoeveelheid tak- en tophout bij eindvelling van Amerikaanse eik op jaar 80 varieert tussen ongeveer 30 ton/ha bij de laagste boniteit en ongeveer 55 ton/ha bij de hoogste boniteit (zie figuur 3.9).

Figuur 3.9

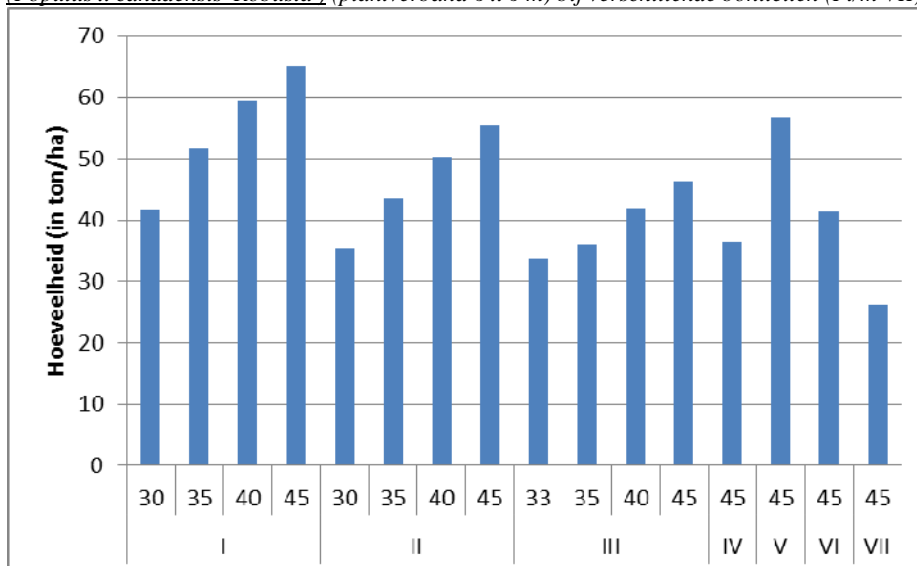
Hoeveelheden tak- en tophout in ton/ha die vrijkomen bij eindvelling 60, 80, of 100 jaar van Amerikaanse eik bij verschillende boniteiten (3 t/m 9)



Populier (figuur 3.10) laat een grote variatie zien in de potentiële hoeveelheid tak- en tophout bij eindvelling op jaar 45. Bij de laagste boniteit (VII) bedraagt deze hoeveelheid ongeveer 25 ton/ha en bij de hoogste boniteit (I) ongeveer 65 ton/ha.

Figuur 3.10

Hoeveelheden tak- en tophout in ton/ha die vrijkomen bij eindvelling op 30, 35, 40 of 45 jaar van populier (Populus x canadensis 'Robusta') (plantverband 6 x 6 m) bij verschillende boniteiten (I t/m VII)



3.2 Oogstmogelijkheden tak- en tophout op basis van economische en ecologische randvoorwaarden

3.2.1 Economische randvoorwaarden

Tijdens de interviews is inzicht verkregen in de hoeveelheid tak- en tophout die minimaal beschikbaar moet zijn om de oogst van tak- en tophout in enige mate kostendekkend te kunnen uitvoeren. Deze hoeveelheid is ongeveer 200 ton vers tak en tophout. Dit is globaal de inhoud van 6 tot 7 vrachtwagencombinaties (met 2 containers per vrachtwagen).

Bij deze hoeveelheid kan het namelijk uit een chipper naar het bos te laten komen en de capaciteit van de chipper dusdanig te benutten dat de kosten van het transport en het chippen worden gedekt. De chipper kan dan minimaal een dag werken. Percelen waar tak- en tophout wordt geoogst hoeven niet aaneengesloten te liggen, maar wel bij elkaar in de buurt. Uit de interviews is niet exact duidelijk geworden binnen welke straal of oppervlakte deze 200 ton moet vrijkomen om rendabel te kunnen werken.

De hier benoemde hoeveelheid moet als een vuistregel worden gezien en niet als harde grens worden gehanteerd. Naast de kosten van het chippen zijn er namelijk nog veel meer factoren van invloed, zoals bijvoorbeeld de logistiek (rijafstanden in en buiten de opstand, bereikbaarheid depot voor verder transport etc.), de samenstelling van het tak- en tophout (verhouding loof-naald (aandeel naalden), houtaandeel (aandeel dunne takjes) etc.), de marktprijs voor de chips etc.

De geïnterviewde bosexploitanten geven aan dat de oogst van tak- en tophout uit reguliere dunning op dit moment in de regel niet uit kan. De logistieke kosten voor het uitrijden van het tak- en tophout zijn hoog en deze kunnen op dit moment niet worden gedekt door de opbrengst van de chips. Het overzicht van de potentiële hoeveelheden aan tak- en tophout uit dunning (paragraaf 3.1.1 en bijlage I) geeft hiervoor een belangrijke verklaring. De hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen per hectare liggen voor de meeste boomsoorten tussen minimaal 2 en maximaal 10 ton per hectare. De kostprijs om deze biomassa te verzamelen wordt daarmee per eenheid erg hoog. Om uit dunningen voldoende tak- en tophout te halen om rendabel chippers te kunnen inzetten zijn bovendien grote oppervlaktes nodig. Uit de grafieken in bijlage I blijkt dat bij de hoogste boniteit een oppervlakte van 20 hectare of meer nodig is om 200 ton aan tak- en tophout te verzamelen. Bij de laagste boniteiten moet er zelfs 100 tot 200 hectare aan dunning plaatsvinden wil er voldoende tak- en tophout vrijkomen. Bij opstanden waar sprake is van een dunningsachterstand kan de hoeveelheid tak- en tophout hoger uitvallen. Wellicht dat er in dit soort gevallen bij kleinere oppervlaktes rendabele oogst mogelijk is. Hiervan zijn echter geen (praktijk)cijfers voorhanden.

Populier vormt hierop een uitzondering (zie de grafieken in paragraaf 3.1.1 en bijlage I). Bij populier komt bij dunningen globaal 25 tot 35 ton aan tak- en tophout per hectare vrij. Dit betekent dat bij een oppervlakte van 6 tot 8 hectare aan dunning in populier in potentie 200 ton biomassa vrij kan komen.

Als hulpmiddel voor het inschatten van de mogelijkheid tot de oogst van tak- en tophout uit eindvelling wordt in tabel 3.1 een overzicht gegeven van de hoeveelheden die vrijkomen bij eindvelling op de weergegeven leeftijd, bij 3 boniteiten en een oppervlakte van de eindvelling van 1, 2, 5 en 10 ha. Met behulp van de gegevens in de tabel kan worden ingeschat bij welke oppervlakte aan eindvelling de grens van 200 ton vers wordt bereikt. Daarbij kan worden gekeken naar individuele soorten, maar zijn natuurlijk ook combinaties van soorten mogelijk. Er is geprobeerd de gekozen leeftijden van de eindvelling die in tabel 3.1 zijn vermeld aan te laten sluiten bij de huidige praktijk. Ze moeten echter vooral als indicatief worden opgevat.

Uit tabel 3.1 kan worden afgeleid dat voor de meeste boomsoorten bij eindvelling de grens van 200 ton tak- en tophout in ieder geval bij de hogere boniteiten (de betere groeiplaatsen) wordt bereikt bij een oppervlakte van ongeveer 5 ha.

Tabel 3.1

Overzicht van hoeveelheden tak- en tophout bij eindvelling van 1, 2, 5 en 10 ha op verschillende leeftijden voor veel voorkomende boomsoorten bij verschillende boniteiten (in ton vers)

Boomsoort	Boniteit	Leeftijd eindvelling	Oppervlakte			
			1 ha	2 ha	5 ha	10 ha
Grove den	4	80	30	60	150	300
	8	80	45	90	225	450
	12	80	55	110	275	550
Corsicaanse den	6	80	40	80	200	400
	12 kust	80	75	150	375	750
	16	80	90	180	450	900
Oostenrijkse den	6	80	40	80	200	400
	8	80	55	110	275	550
	14	80	80	160	400	800
Douglas	8	80	55	110	275	550
	12	80	70	140	350	700
	16	80	90	180	450	900
Japanse lariks	6	80	35	70	175	350
	8	80	40	80	200	400
	14	80	60	120	300	600
Fijnspar	6	60	35	70	175	350
	8	60	40	80	200	400
	16	60	70	140	350	700
Zomer eik	3	100	40	80	200	400
	6	100	60	120	300	600
	9	100	75	150	375	750
Amerikaanse eik	3	80	30	60	150	300
	6	80	45	90	225	450
	9	80	60	120	300	600
Beuk	4	100	45	90	225	450
	8	100	75	150	375	750
	10	100	85	170	425	850
Es	6	80	60	120	300	600
	8	80	70	140	350	700
	9	80	75	150	375	750
Zwarte els	4	60	30	60	150	300
	6	60	40	80	200	400
	8	60	55	110	275	550
Populier (6 x 6 m) ⁵	I	45	65	130	325	650
	III	45	45	90	225	450
	VI	45	40	80	200	400

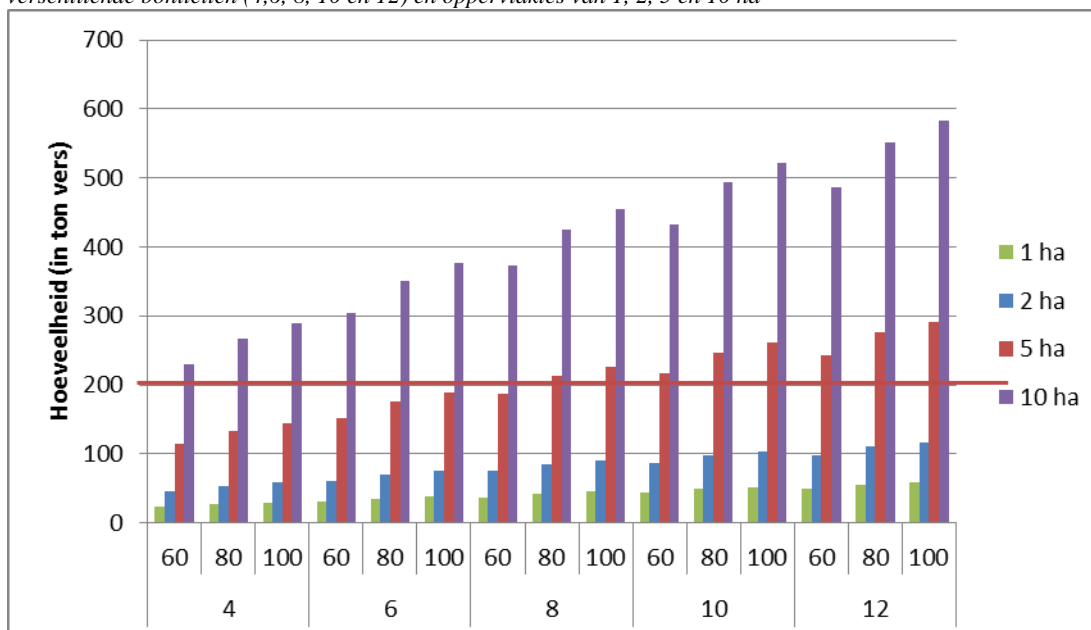
⁵ Let op: bij populier hebben de hogere boniteiten betrekking op de slechtere groeiklassen en de lagere boniteiten op de betere groeiklassen (in tegenstelling tot de boniteiten bij andere boomsoorten).

Populier (10 x 10 m)	I	45	60	120	280	600
	III	45	40	80	200	400
	VI	45	40	80	200	400

In bijlage III zijn voor alle boomsoorten grafieken opgenomen waarin de hoeveelheden tak- en top hout uit eindvelling bij verschillende leeftijden en meerdere boniteiten bij oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha grafisch zijn weergegeven. Als voorbeeld is de grafiek voor grove den hieronder afgebeeld (figuur 3.11). De horizontale rode lijn in de figuur geeft de grens weer van 200 ton vers per hectare. Deze is ook opgenomen in de grafieken in bijlage III.

Figuur 3.11

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen (in ton vers) bij eindvelling op 60, 80 en 100 jaar van grove den bij verschillende boniteiten (4,6, 8, 10 en 12) en oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha



3.2.2 Ecologische randvoorwaarden

De ecologische effecten die de oogst van tak- en top hout in bos heeft vallen uiteen in (1) effect op de bodemvruchtbaarheid en (2) effect op de biodiversiteit. In beide gevallen kunnen de effecten zowel positief als negatief zijn. De afvoer van nutriënten met tak- en top hout kan een ongewenste verarming van de bodem betekenen wat uiteindelijk kan resulteren in een lagere bijgroei van het bos, maar kan in andere gevallen ook zorgen voor de nodige verschraving bij bijvoorbeeld overschotten aan nutriënten (bijvoorbeeld stikstof) als gevolg van atmosferische depositie. Ook ten aanzien van de biodiversiteit kan het verwijderen van tak- en top hout negatieve effecten hebben, omdat habitats of schuilmogelijkheden voor plant- en diersoorten verdwijnen. Anderzijds kan de afvoer ook zorgen voor minder verzuuring en verschraving waardoor plantensoorten van armere of minerale bodems worden bevoordeeld (De Jong, 2011; Vandekerkhove *et al.*, 2012).

Daarnaast kunnen er indirect effecten optreden, doordat bij de oogst extra bodemverdichting of bodemverstoring optreedt door (extra) berijding met machines (Vandekerkhove *et al.*, 2012). Ook dit kan naast effecten op het bodemleven leiden tot een verlies aan productiviteit (en dus bijgroei). Bij berijding van de bosbodem met zware oogstmachines en forwarders

kan door het beschadigen van fijne wortels, het beschadigen van ondergrondse mycorrhiza en het verdichten van poriën in de bodem de productiviteit van het bos en daarmee de bijgroei voor lange tijd verstoord worden en zelfs afnemen (Ampoorter, 2011).

De mate waarin de bovengenoemde effecten optreden zijn onder meer sterk afhankelijk van de hoeveelheid geoogst tak- en tophout, de frequentie van oogst, de boomsoortensamenstelling, de groeiplaats (bodenvruchtbaarheid, verstoringsgevoeligheid bodem), de ontwikkelingsfase van het bos (leeftijd) en het voorkomen van kwetsbare plant- en diersoorten. In lang niet alle studies worden significante effecten op biodiversiteit, bijgroei en nutriëntenhuishouding waargenomen.

Effecten op de bodenvruchtbaarheid

Er zijn diverse (literatuur)studies uitgevoerd naar de effecten van tak- en tophoutoogst op de bodenvruchtbaarheid (Rosenberg & Jacobson, 2004; Kölling *et al.*, 2007, 2008; Hagemann *et al.*, 2008; Meiwes *et al.*, 2008; Stüber *et al.*, 2008; Vonk & Theunissen, 2008; Meiwes, 2009; De Jong, 2011; Helmisaari & Vanguelova, 2012; Vandekerkhove *et al.*, 2012; Weis & Göttlein, 2012). Op basis van deze studies wordt duidelijk dat het lastig is om gedetailleerde en eenduidige uitspraken te doen over de effecten van tak- en tophoutoogst op de bodenvruchtbaarheid. Zoals ook hierboven al is vermeld, is dit sterk afhankelijk van de groeiplaats, boomsoort, mate en frequentie van oogst etc. Het valt buiten de scope van deze studie om dit uitgebreid te beschrijven.

Uit de hierboven genoemde literatuurstudies kunnen wel enkele algemene conclusies worden getrokken:

- Afvoer van tak- en tophout kan een verzurend effect op de bodem hebben (lagere pH, minder basische kationen, zoals Ca, Mg, K en Na). Dit betekent dat met name bij (arme) verzuringsgevoelige bodems terughoudendheid moet worden betracht bij de oogst van tak- en tophout.
- Afvoer van tak- en tophout kan leiden tot een lager organisch stofgehalte van de bodem, waarmee ook het vermogen van de bodem om vocht en voedingsstoffen vast te houden wordt verminderd. Dit is bovendien lastig te herstellen, omdat het organisch stofgehalte van een bosbodem niet eenvoudig door middel van bijvoorbeeld bemesting kan worden hersteld. Op bijvoorbeeld droge bodems of bodems met een laag organisch stofgehalte moet daarom terughoudend worden opgetreden bij oogsten van tak- en tophout.
- Wanneer bij een oogst naast het stamhout ook alle tak- en tophout wordt verwijderd, wordt er relatief veel extra N, P, K, Ca en Mg afgevoerd ten opzichte van de situatie waarin alleen stamhout wordt oogst. Dit kan leiden tot een verdubbeling (of zelfs meer) van de afvoer van nutriënten. Wanneer daarbij ook nog de naalden en bladeren worden afgevoerd, wordt de hoeveelheid afgevoerde nutriënten uit de opstand nog enkele tientallen procenten hoger.
- Concentraties van nutriënten in bladeren en naalden zijn vaak veel hoger dan de concentraties in takken en stammen. Met name blad van eik en beuk en naalden van douglas bevatten over het algemeen relatief hoge gehalten aan voedingsstoffen (vaak het dubbele van dat in andere boomsoorten). Wanneer met het oogsten van tak- en tophout uit een opstand ook naalden en bladeren worden afgevoerd, kan dit significante nutriëntenverliezen tot gevolg hebben. Het achterlaten van naalden is vooral van belang om N, P, K en Ca in naaldhoutopstanden te behouden, met name bij douglas en fijnspar.
- Concentraties van nutriënten in dunne takken zijn vaak hoger dan de concentraties in dikke takken.

- In opstanden van grove den lijken de effecten van het verwijderen van tak- en top hout op de bodemvruchtbaarheid en productiviteit over het algemeen een stuk lager dan bij andere boomsoorten.
- De afvoer van nutriënten bij de oogst van tak- en top hout wordt deels gecompenseerd door aanvoer van nutriënten uit vertering van mineraal bodemmateriaal en depositie. Zeker voor N lijkt de depositie op de meeste plekken de nutriëntenafvoer makkelijk te compenseren. Uit diverse onderzoeken blijkt echter dat voor de nutriënten P, K, Ca en Mg de kans groot is dat de nutriëntenbalans bij oogst van tak- en top hout negatief uitvalt, omdat het afvoeren van deze nutriënten vaak onvoldoende wordt gecompenseerd door vertering of depositie.
- Tak- en top hout dat achterblijft in een opstand is een belangrijke bron van voedingsstoffen voor zowel korte als de middellange termijn. De twijgen, bladeren en naalden zorgen op korte termijn (binnen circa drie jaar) dat er weer nutriënten beschikbaar komen in de bosbodem. Dikkere tak- en topstukken zijn een meer langdurige bron van nutriënten en organische stof, omdat ze langzaam verteren.

Ten aanzien van het achterlaten van tak- en top hout ten behoeve van de bodemvruchtbaarheid is het belangrijk om aandacht te schenken aan de plek waar het tak- en top hout achterblijft (Von Wilpert *et al.*, 2012; Borgman, pers. med.). Bij machinale houtoogst wordt momenteel vaak het tak- en top hout gebruikt om de bodem te beschermen tegen verwonding en verdichting. Hierbij rijden de machines (harvesters, forwarders etc.) over takkenmatten in plaats van over de ‘kale’ bosbodem. Dit tak- en top hout is over het algemeen niet meer interessant als biomassa (omdat er te veel grond aan zit) en blijft daarmee achter in de opstand. Wanneer dit tak- en top hout verspreid over de opstand achterblijft, komen de nutriënten uit het tak- en top hout ten goede aan de gehele opstand. Echter, wanneer het tak hout alleen op de vaste uitrijpaden ligt, dan zal het effect van het achterblijvende tak- en top hout op de bodemvruchtbaarheid en productiviteit van de opstand aanzienlijk lager zijn. Zeker bij vaste uitrijpaden die om de 20 of 40 meter liggen, komen de nutriënten slechts pleksgewijs vrij. Bovendien komen de nutriënten vrij op de plekken waar de bodem toch al beschadigd is en zich naar verwachting de minste boomwortels bevinden. Wanneer er met vaste dunningspaden wordt gewerkt, zou men daarom beter kunnen overwegen om op deze plekken juist niet het tak- en top hout te concentreren, maar om het tak- en top hout in de rest van de opstand te laten liggen.

Effecten op de biodiversiteit

Zoals aan het begin van deze paragraaf al is gesteld, kan de oogst van tak- en top hout zowel positieve als negatieve effecten op de biodiversiteit hebben. Op basis van literatuurstudies uitgevoerd door Vonk & Theunissen (2008) en Vandekerkhove *et al.* (2012) kunnen de volgende algemene conclusies worden getrokken:

- Hoewel het aandeel dik dood hout de laatste jaren flink is toegenomen in het Nederlandse bos, is op veel plekken het tak- en top hout dat achterblijft na houtoogst nog steeds het enige dood hout dat voorhanden is. Voor diverse paddenstoel- en insectensoorten vormt dit dode tak- en top hout een belangrijk habitat en/of een belangrijke voedselbron waarop zij kunnen overleven. In mindere mate profiteren ook mossen en korstmossen van de aanwezigheid van tak- en top hout.
- Bovendien zijn er diverse paddenstoel- en insectensoorten die voor hun voortbestaan juist afhankelijk zijn van de aanwezigheid van dun dood hout. Het verwijderen van tak- en top hout kan daarmee ook het verlies aan habitats voor paddenstoelen en insecten tot gevolg hebben en daarmee (plaatselijk) leiden tot een teruggang van deze soorten.
- Tak- en top hout van loofhout kent meer soortenrijkdom dan tak- en top hout van naaldhout.

- Mycorrhiza profiteren van een dunne strooisel- en humuslaag in bossen. Het verwijderen van tak- en tophout kan daarmee bijdragen aan het creëren van gunstigere condities voor mycorrhiza.
- Het achterblijven van tak- en tophout in een opstand kan bijdragen aan de verruiging, doordat er bijvoorbeeld als gevolg van het vrijkomen van nutriënten meer braam gaat groeien. Het verwijderen van tak- en tophout kan daarmee verruiging tegengaan en het voorkomen van pionierssoorten of soorten van meer schralere omstandigheden bevorderen, zoals heideachtigen (bosbes, struikheide).
- In gebieden met hoge wilddruk kan de aanwezigheid van tak- en tophout ervoor zorgen dat meer vraatgevoelige loofboomsoorten beter kunnen overleven, doordat het tak- en tophout een fysieke barrière tegen wildvraat vormt.
- Hopen van tak- en tophout kunnen een schuilplaats of nestgelegenheid bieden aan diverse soorten vogels, zoogdieren en insecten, zoals bijvoorbeeld de nachtzwaluw.

Samenvattend

Samenvattend kan op basis van de literatuur worden gesteld dat:

- Het aan te raden is om voorafgaand aan de oogst van tak- en tophout een inschatting te maken van de bodemvruchtbaarheid en de nutriëntenbalans van de opstand en de effecten die het verwijderen van tak- en tophout hierop heeft. De studie naar een adviessysteem voor biomassa-oogst uit bos met het oog op een evenwichtige nutriëntenbalans die momenteel door Alterra en Probos wordt uitgevoerd (Spijker *et al.*, in prep.) kan hiervoor handvatten bieden.
- Op arme, verzuringsgevoelige en droge bodems moet over het algemeen de oogst van tak- en tophout worden afgeraden, omdat dit kan leiden tot verzuring van de bodem, een verlaging van het organisch stofgehalte en een aanzienlijk verlies aan nutriënten. Dit kan een langdurig verlies aan productiviteit en bijgroei van het bos tot gevolg hebben.
- Waar mogelijk moet worden getracht bladeren en naalden in de opstand achter te laten door het vermijden van zomervellingen in loofhout en lariks en het een of meerdere jaren laten liggen van tak- en tophout van naaldbomen.
- Het aan te raden is om bij de oogst van tak- en tophout niet alle tak- en tophout te verwijderen en een bepaald aandeel tak- en tophout in de opstand achter te laten, omdat dit van belang is:
 - voor de bodemvruchtbaarheid;
 - als habitat en voedselbron voor diverse paddenstoel- en insectensoorten en in mindere mate voor (kost)mossoorten;
 - als schuil- en nestgelegenheid voor vogels, zoogdieren en insecten.

In diverse adviezen wordt aangeraden om minimaal 30% van het volume aan tak- en tophout achter te laten na de oogst (Kölling *et al.*, 2007; Hagemann *et al.*, 2008; Kuiper & Oldenburger, 2008; De Jong, 2011).

- Met het oog op de ecologische effecten is het tevens aan te raden om in bosopstanden niet te frequent tak- en tophout te oogsten (dus niet bij elke dunning) en dit te beperken tot bijvoorbeeld eenmaal per rotatie (eenmaal per 75 tot 100 jaar) (Kölling *et al.*, 2007, 2008; Vonk & Theunissen, 2008).
- In gevallen waar verschraling van de bodem (en bijhorende vegetatie), het bevorderen van mycorrhiza of het tegengaan van verruiging gewenst is, kan de oogst van tak- en tophout positief uitpakken.

4 CONCLUSIES & AANBEVELINGEN

4.1 Conclusies

Uit deze studie blijkt dat de oogst van tak- en tophout uit bos in Nederland op dit moment nog niet veel wordt toegepast. Oogst van tak- en tophout vindt momenteel met name plaats bij kaalkap. Hierbij gaat het om:

- Kaalkap ten behoeve van omvorming van bos naar een ander landgebruik (bijv. wegverbreding) of een ander natuurtype (bijv. heide of stuifzand);
- Kaalkap binnen het reguliere bosbeheer.

Binnen het reguliere bosbeheer is de belangrijkste reden voor oogst van tak- en tophout het verkrijgen van een betere uitgangssituatie voor bosverjonging (natuurlijke verjonging of planten) en het creëren van een netter bosbeeld voor recreanten en omwonenden.

Uit zowel de interviews (hoofdstuk 2) als de berekeningen (hoofdstuk 3) blijkt dat met de huidige prijzen die voor houtige biomassa worden geboden, oogst van tak- en tophout in dunningen niet of slechts zeer moeilijk rendabel te krijgen is. De hoeveelheden tak- en tophout die bij dunningen vrijkomen per hectare zijn te laag om rendabel te kunnen werken. Pas bij verdere kostenreducties in het oogsten, verwerken en transporteren is tak- en tophoutoogst uit dunningen rendabel te maken. Om rendabel chippers te kunnen inzetten moet tevens worden gewerkt op grote oppervlaktes (minimaal 20 hectare op goede groeiplaatsen) zodat er voldoende tak- en tophout vrijkomt. Populier vormt hierop een uitzondering. Bij populier kan bij dunningen vanaf 6 hectare in theorie al rendabel tak- en tophout worden geoogst.

Bij eindvelling (kaalkap of grotere groepenkap) is de oogst van tak- en tophout eenvoudiger rendabel te maken. Zij het, dat de winst nog altijd vrij beperkt is. Om de oogst van tak- en tophout kostenefficiënt te kunnen uitvoeren is het van belang dat er:

1. Enerzijds een kwalitatief hoogwaardige biomassa wordt geproduceerd door:
 - Het vermijden van vervuiling met grond en stenen;
 - Het aandeel blad en naalden in de biomassa laag te houden; en
 - Het zoveel mogelijk separaat houden van tak- en tophout van naaldhout en loofhout.
2. Anderzijds de inzet van machines (harvester, forwarder, presscollector, chipper en vrachtwagen) zo efficiënt mogelijk te laten gebeuren door:
 - Bij de oogst van het stamhout al rekening te houden met de oogst en afvoer van het tak- en tophout (voorconcentreren etc.).
 - Te zorgen voor voldoende oogstbare biomassa. Als grove richtlijn kan hierbij worden aangehouden dat de hoeveelheid te oogsten tak- en tophout minimaal 200 ton moet bedragen. Dit wordt bij de meeste opstanden pas bereikt op de betere groeiplaatsen bij een oppervlakte vanaf 5 hectare. Het spreekt voor zich dat deze oppervlakte niet aaneengesloten hoeft te zijn, maar ook mag bestaan uit meerdere verspreid liggende opstanden op korte afstand van elkaar.

Met het oog op de ecologische effecten kan hieraan worden toegevoegd dat:

- Op arme, verzuringsgevoelige en droge bodems over het algemeen de oogst van tak- en tophout moet worden afgeraden, omdat dit kan leiden tot verzuring van de bodem, een verlaging van het organisch stofgehalte en een aanzienlijk verlies aan nutriënten. Dit kan een langdurig verlies aan productiviteit en bijgroei van het bos tot gevolg hebben.

- Waar mogelijk moet worden getracht bladeren en naalden in de opstand achter te laten.
- Het aan te raden is altijd een bepaald aandeel (minimaal 30%) tak- en tophout in de opstand achter te laten, omdat dit van belang is:
 - voor de bodemvruchtbaarheid;
 - als habitat voor diverse paddenstoel- en insectensoorten en in minder mate voor (kost)mossoorten;
 - als schuil- en nestgelegenheid voor vogels, zoogdieren en insecten.
- Het van belang is om niet te frequent tak- en tophout uit een opstand te oogsten (dus niet bij elke dunning) en dit te beperken tot bijvoorbeeld eenmaal per rotatie (eenmaal per 75 tot 100 jaar).
- In gevallen waar verschraling van de bodem (en bijhorende vegetatie), het bevorderen van mycorrhiza of het tegengaan van verzuuring gewenst is, kan de oogst van tak- en tophout positief uitpakken.

4.2 Aanbevelingen

Uit deze studie blijkt dat momenteel oogst van tak- en tophout in dunningen niet of slechts zeer moeilijk rendabel te maken is. Ook bij eindvelling is de rendabiliteit vaak laag. De bosexploitanten die momenteel tak- en tophoutoogsten werken vanzelfsprekend zo efficiënt mogelijk om de kostprijs zo laag mogelijk te houden. Om de oogst van tak- en tophout financieel aantrekkelijker te maken moet er worden gewerkt aan efficiëntere werkmethoden en verdere kostenreducties. Het verdient daarom aanbeveling om de komende jaren bij projecten waar tak- en tophout wordt geoogst praktijkcijfers over kosten en baten te verzamelen, zodat oogstmethoden beter met elkaar kunnen worden vergeleken t.a.v. efficiëntie.

De in dit rapport gehanteerde cijfers over hoeveelheden tak- en tophout die kunnen vrijkomen bij verschillende boomsoorten, groeiplaatsen en leeftijden zijn gebaseerd op de opbrengsttabellen van Jansen *et al.* (1996). Deze cijfers hebben betrekking op gelijkjarige monocultures. Dit geeft weliswaar een goede indicatie van de hoeveelheden, maar het kan geen kwaad om deze cijfers de komende jaren verder aan te scherpen met praktijkcijfers, waarbij ook wordt gekeken naar gemengde, ongelijkjarige opstanden. Het verdient daarom aanbeveling om de komende jaren in projecten waarin tak- en tophout wordt geoogst praktijkcijfers over de hoeveelheden vrijgekomen tak- en tophout te verzamelen.

In dit rapport worden algemene conclusies en aanbevelingen gepresenteerd ten aanzien van de ecologische effecten die kunnen optreden bij de oogst van tak- en tophout. Deze zijn gebaseerd op literatuur. De mate waarin de effecten in de praktijk zullen optreden zijn sterk afhankelijk van de hoeveelheid geoogst tak- en tophout, de frequentie van oogst, de boomsoortensamenstelling, de groeiplaats (bodemvruchtbaarheid, verstoringgevoeligheid bodem), de ontwikkelingsfase van het bos (leeftijd) en het voorkomen van kwetsbare plant- en diersoorten. Het is daarom aan te raden om voorafgaand aan de oogst van tak- en tophout voor het betreffende bosgebied een risicoanalyse te maken om de effecten van de oogst van tak- en tophout in te schatten. De studie naar een adviessysteem voor biomassa-oogst uit bos met het oog op een evenwichtige nutriëntenbalans die momenteel door Alterra en Probos wordt uitgevoerd (Spijker *et al.*, in prep.) kan hiervoor handvatten bieden.

BRONNEN

Literatuur

- Agentschap NL. 2012. *Het Agro convenant NBLH-sector. Resultaten 2008-2011 'een tussenstand'*. Utrecht, Agentschap NL.
- Ampoorter, E. 2011. Bodemverdichting door gemechaniseerde houtoogst: gevolgen voor het bosecosysteem. *Bosrevue*. Nr. 36, pag. 1-4.
- Baritz, R. & S. Strich. 2000. Forest and the National Greenhouse Gas Inventory of Germany. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 4; 4, 267-271
- Boosten, M. & J. Oldenburger. 2012. *Op weg naar 32 PJ uit bos, natuur, landschap en de houtketen! Stand van zaken in de NBLH-sector in 2011*. Wageningen, Stichting Probos.
- CBS. 2013. *Hernieuwbare energie in Nederland 2012*. Den Haag, Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Groot, C. de. 2013. Afstemming vraag en aanbod rondhout van belang. *Bosberichten*. 2013 nr. 4.
- Hagemann, H., G. Bilke, D. Murach & A. Schulte . 2008. Bilanzierung und Bewertung von Nährelemententzügen durch Vollbaumnutzungsstrategien bei der Kiefer (*Pinus sylvestris*) in Brandenburg. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie*. 42; 1, 16-25.
- Helmisaari, H.S. & E. Vanguelova (Eds.). 2012. *Proceedings of the Workshop W6.1 Forest bioenergy and soil sustainability. At EUROSIL Congress 2nd July to 6th July 2012, Bari, Italy*. s.l., Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
- Jansen, J.J., J. Sevenster & P.J. Faber. 1996. *Opbrengsttabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland. IBN-rapport 221. Hinkeloord Report 17*. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek; Landbouwniversiteit, Wageningen.
- Jong, J.J. de. 2011. *Effecten van oogst van takhout op de voedingstoestand en bijgroei van het bos. Een literatuurstudie. Alterra-rapport. 2202*. Wageningen, Alterra.
- Kölling, C., A. Göttlein & A. Rothe. 2007. Energieholz nachhaltig nutzen. *LWF Aktuell*. Nr. 61, pag. 32-37.
- Kölling, C., A. Göttlein & A. Rothe. 2008. Nährstoffnutzung limitiert Biomassenutzung. *Holz-Zentralblatt*. 134; 3, 76-77.
- Kuiper, L. & J. Oldenburger. 2008. The harvest of forest residues in Europe. pp. 13-18. In: M. Vonk (Ed.). *Quick-scans on upstream biomass. Yearbook 2006-2007*. Wageningen, Biomass Upstream Consortium.
- Kuiper, L. & S. de Lint. 2008. *Binnenlands biomassapotentieel. Biomassa uit natuur, bos, landschap, stedelijk groen en houtketen*. Utrecht, Ecofys.
- Mantau, U., U. Saal, K. Prins, F. Steierer, M. Lindner, H. Verkerk, J. Eggers, N. Leek, J. Oldenburger, A. Asikainen & P. Anttila. 2010. *EUwood - Real potential for changes in growth and use of EU forests. Final report*. Hamburg, University of Hamburg – Centre of Wood Science.
- Meiwes, K.J., N. Asche, J. Block, R. Kallweit, C. Kölling, G. Raben & K. von Wilpert. 2008. Potenziale und Restriktionen der Biomassenutzung im Wald. *AFZ Der Wald*. 63; 10-11, 589-603.
- Meiwes, K.J. 2009. Energieholznutzung und standörtlich Nachhaltigkeit: Empfehlungen für die Praxis. *Forst und Holz*. 64; 2, 18-21.
- Oldenburger, 2011. Is er in de toekomst voldoende hout voor iedereen?. *Bosberichten*. 2011 nr 2.
- Rosenberg, O. & S. Jacobson. 2004. Effects of repeated slash removal in thinned stands on soil chemistry and understorey vegetation. *Silva Fennica*. 38; 2, 133-142.

- SER. 2013. *Energieakkoord voor duurzame groei*. Den Haag, Sociaal-Economische Raad.
- Spijker, J.H., J.J. de Jong, W. de Vries & J.J. van den Briel. In prep. *Aanzet voor een adviessysteem voor oogst uit het bos. Voor een evenwichtige nutriëntenbalans en een goede functievervulling van het bos*. Wageningen, Alterra & Stichting Probos.
- Stüber, V., K.J. Meiwes & M. Mindrup. 2008. *Nachhaltigkeit und Vollbaumnutzung: Bewertung aus Sicht der forstlichen Standortkartierung am Beispiel Niedersachsen. Forst und Holz*. 63; 11, 28-33.
- Vandekerkhove, K., L. De Keersmaecker & B. van der Aa. 2012. *Advies betreffende de ecologische effecten van een bijkomende oogst van exploitatieresten (kroonhout, stobben) bij bosexploitatie*. Brussel, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- Vonk, M. & M. Theunissen. 2008. The harvest of logging residues in the Dutch forests and landscape. pp. 95-122. In: M. Vonk (Ed.). *Quick-scans on upstream biomass. Yearbook 2006-2007*. Wageningen, Biomass Upstream Consortium.
- Vries, B. de, A. de Jong, R. Rovers, F. Haccoût, J. Spijker, C. van den Berg, C. Niemeijer, D. Frank & J. Westerink. 2008. *Energie à la carte. De potentie van biomassa uit het landschap voor energiewinning*. *Alterra-rapport 1679*. Wageningen, Alterra.
- Weis, W. & A. Göttlein. 2012. Nährstoffnachhaltige Biomassenutzung. *LWF Aktuell*. Nr. 90, pag. 44-47.
- Wilpert, K. von, B. Bösch, H. Puhlmann & D. Zirlwagen. 2012. Assessing harvesting potential and nutrient sustainability in temperate forests based on monitoring data. pp. 50-57. In: H.S. Helmissaari, E. Vanguelova (Eds.). *Proceedings of the Workshop W6.1 Forest bioenergy and soil sustainability. At EUROSOIL Congress 2nd July to 6th July 2012, Bari, Italy*. s.l., Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

Informanten

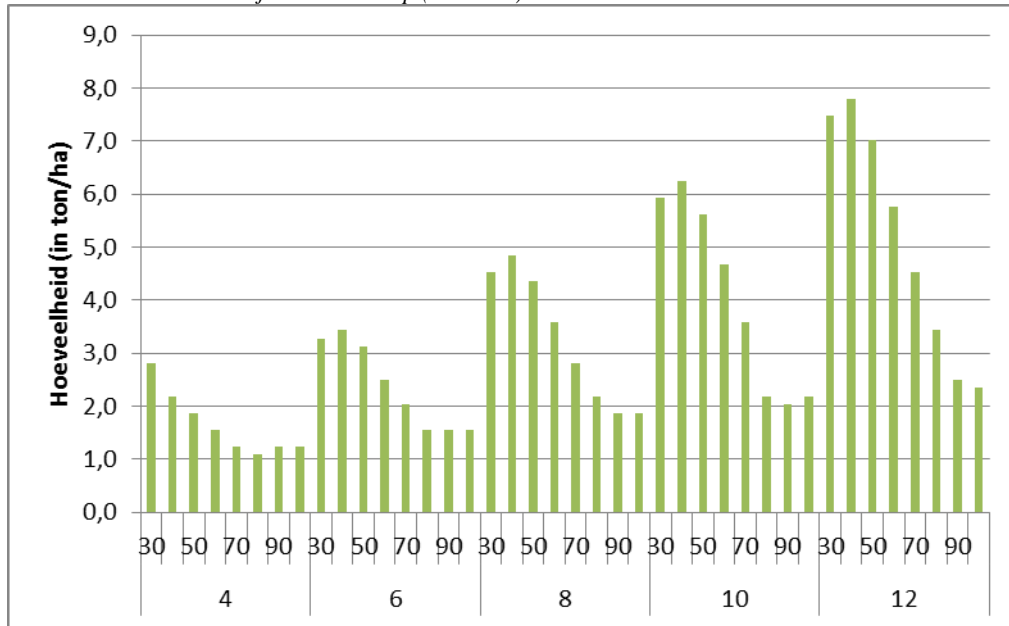
Rien ten Berge, Ten Berge Forest Energy B.V.
 George Borgman, Borgman Beheer advies B.V.
 Gerard Koopmans, Bosgroep Midden Nederland / Landgoed Prattenburg
 Arjan Kleinjan, Bruins & Kwast B.V.
 Erik Manders & Antoon Meulendijks, Meulendijks Rondhout
 Martijn Boertjes, Van den Nagel Bio-energie B.V.
 Herman Hooijer, Parenco Hout B.V.
 Hendrik Jan ter Weeme, Staatsbosbeheer
 Gert-Jan Roelofs & Roy Schuurman, Stichting Twickel
 Gerard Zweverink, Zweverink Bosbouw B.V.

BIJLAGE I - TAK- EN TOPHOUTPOTENTIEEL UIT DUNNING

Tak- en tophout uit dunning voor de boomsoorten grove den, Corsicaanse den, Oostenrijkse den, douglas, Japanse lariks, fijnspar, zomereik, Amerikaanse eik, beuk, es, zwarte els en populier (6 x 6 m en 10 x 10 m).

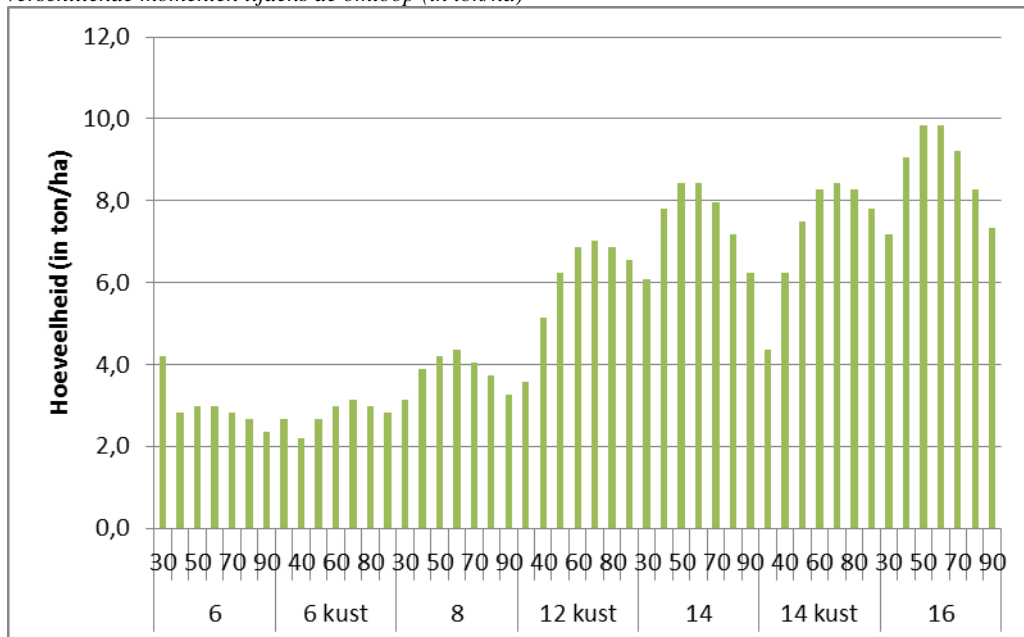
Figuur I.1

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van grove den bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



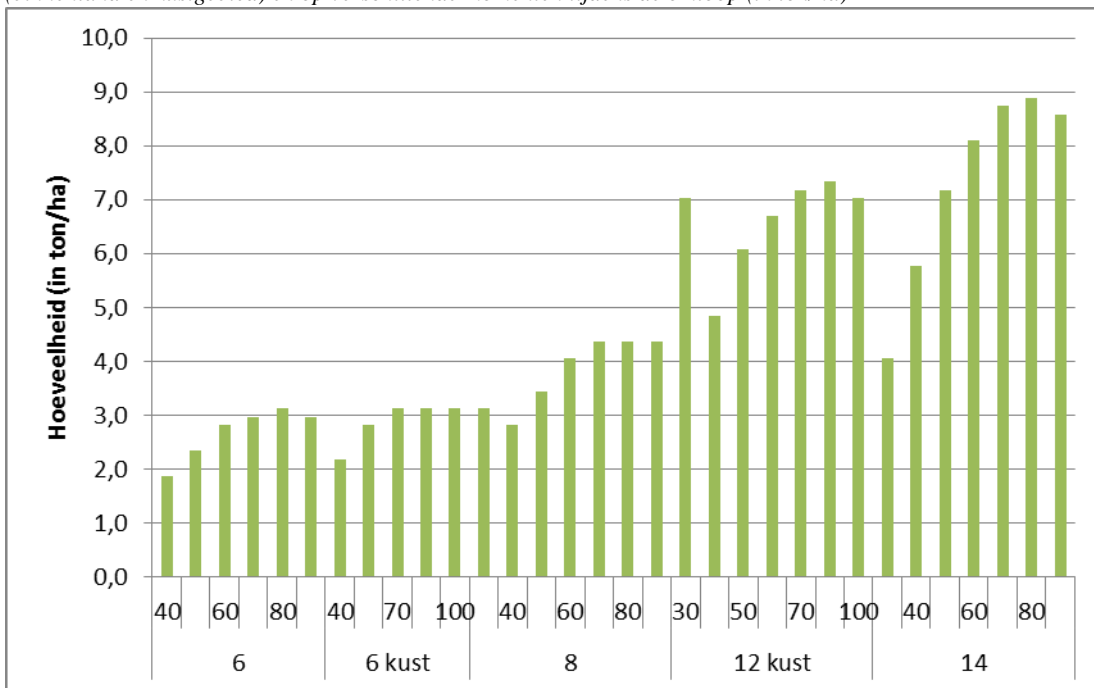
Figuur I.2

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van Corsicaanse den bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



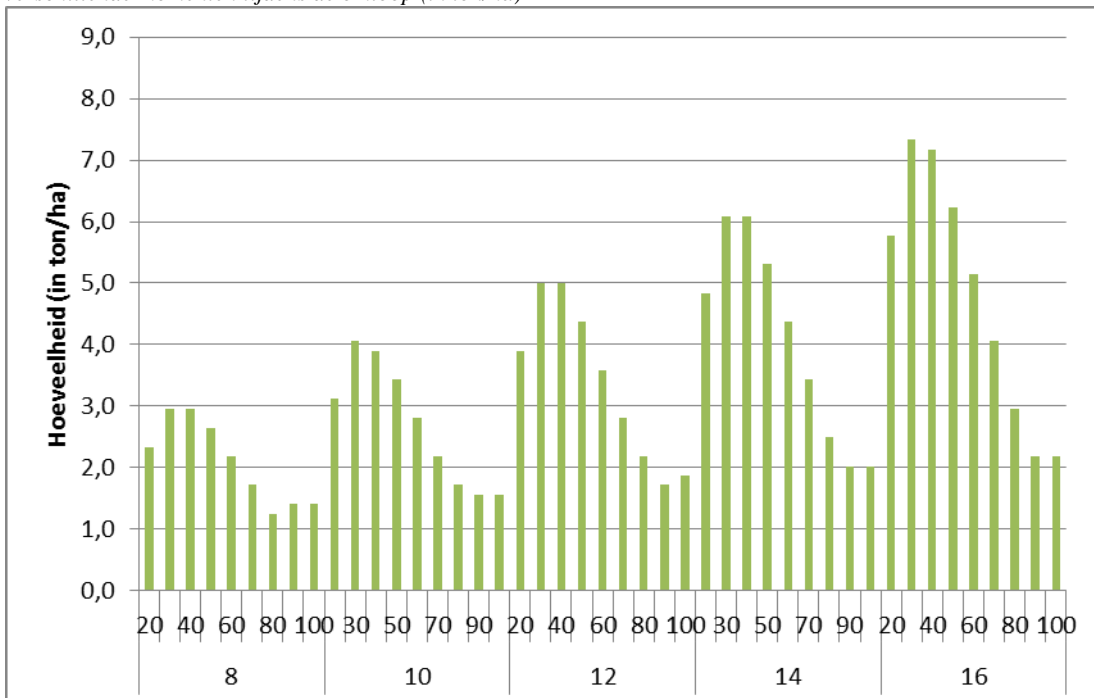
Figuur I.3

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van Oostenrijkse den bij verschillende boniteiten (binnenland en kustgebied) en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



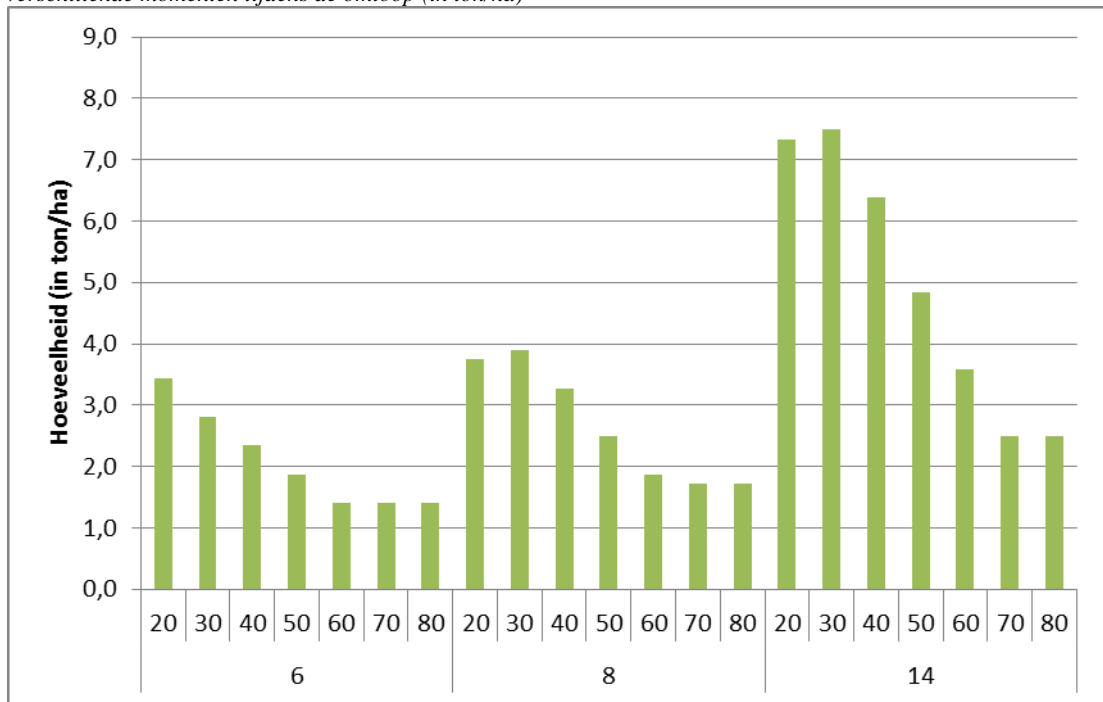
Figuur I.4

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van douglas bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



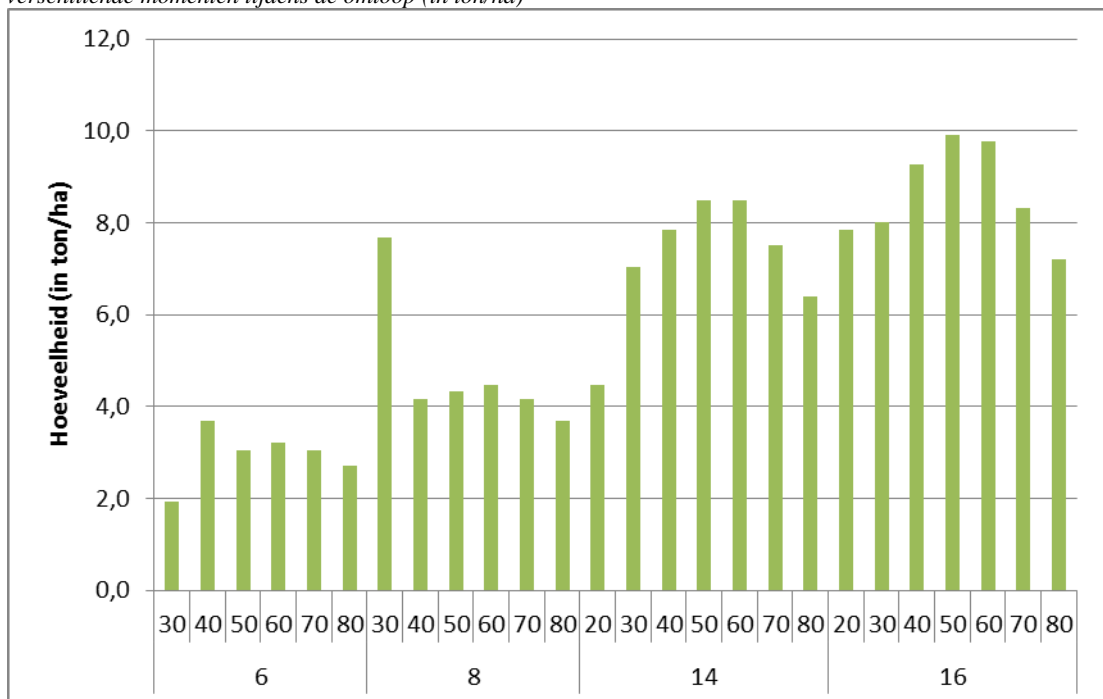
Figuur I.5

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van Japane lariks bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



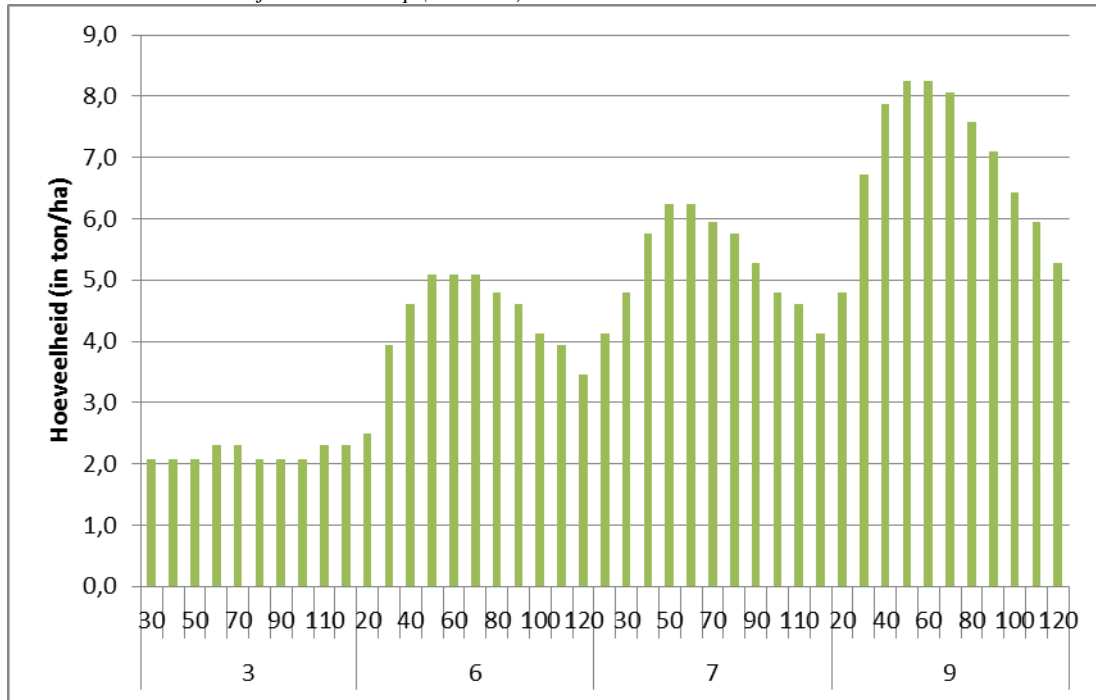
Figuur I.6

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van fijnspar bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



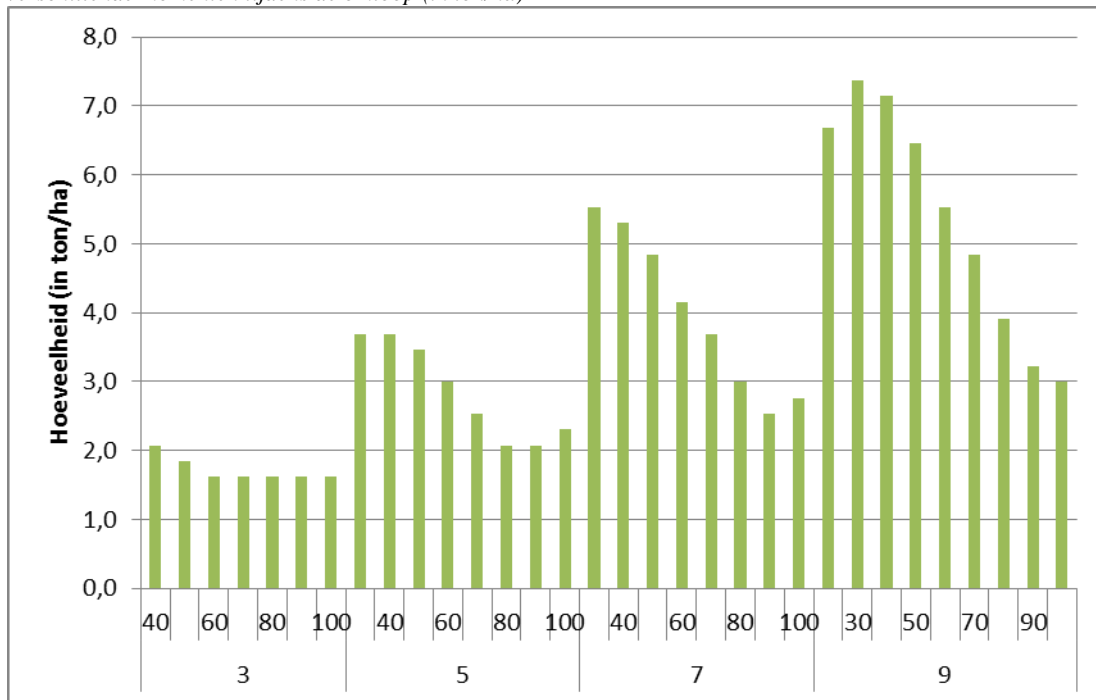
Figuur I.7

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van zomereik bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



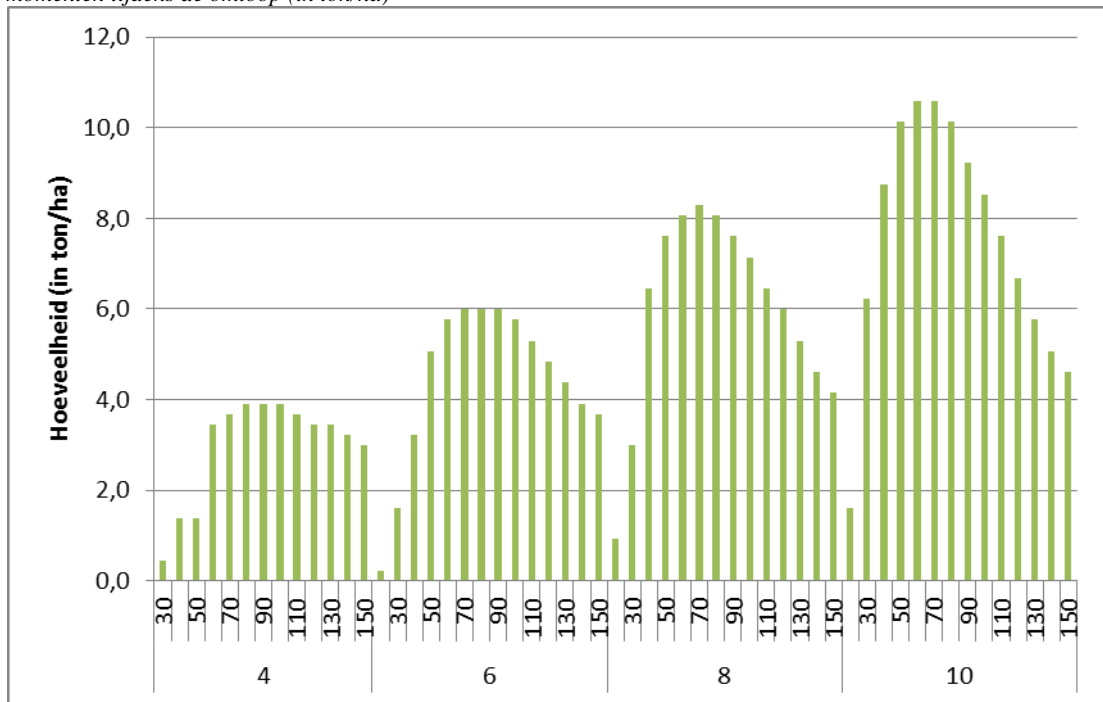
Figuur I.8

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van Amerikaanse eik bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



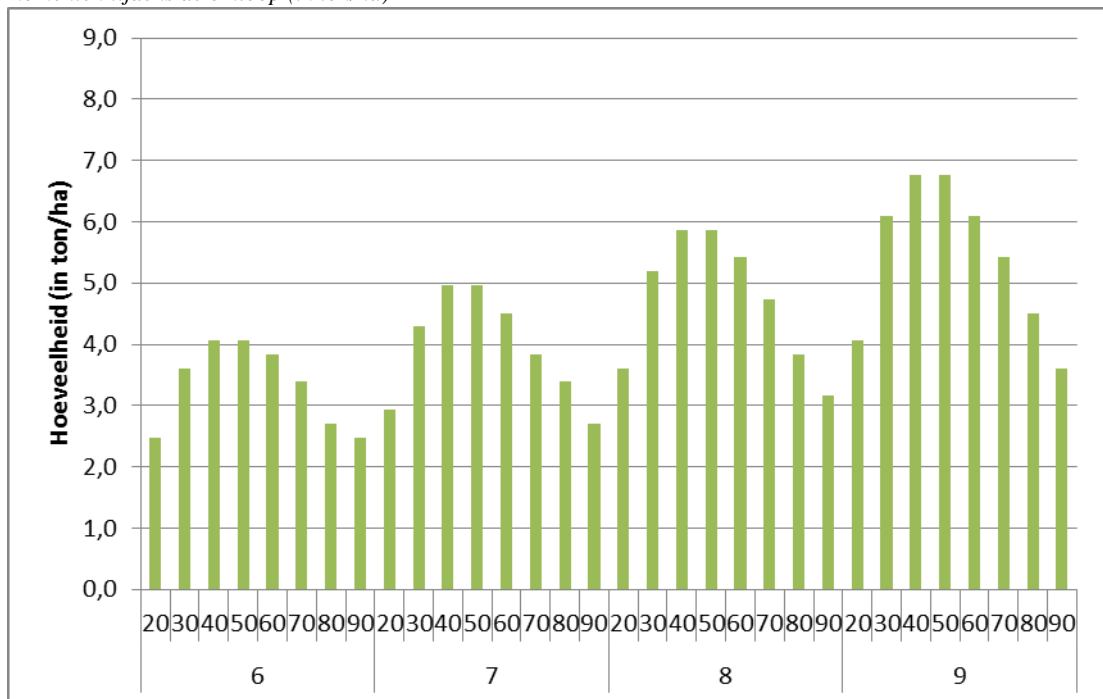
Figuur I.9

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van beuk bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



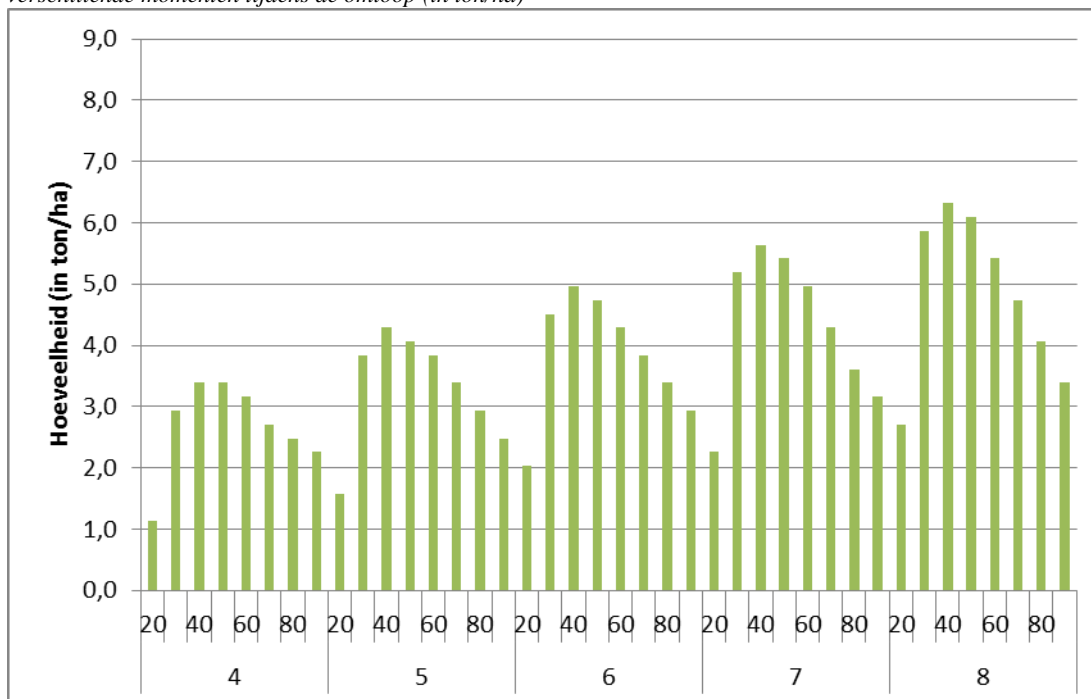
Figuur I.10

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van es bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



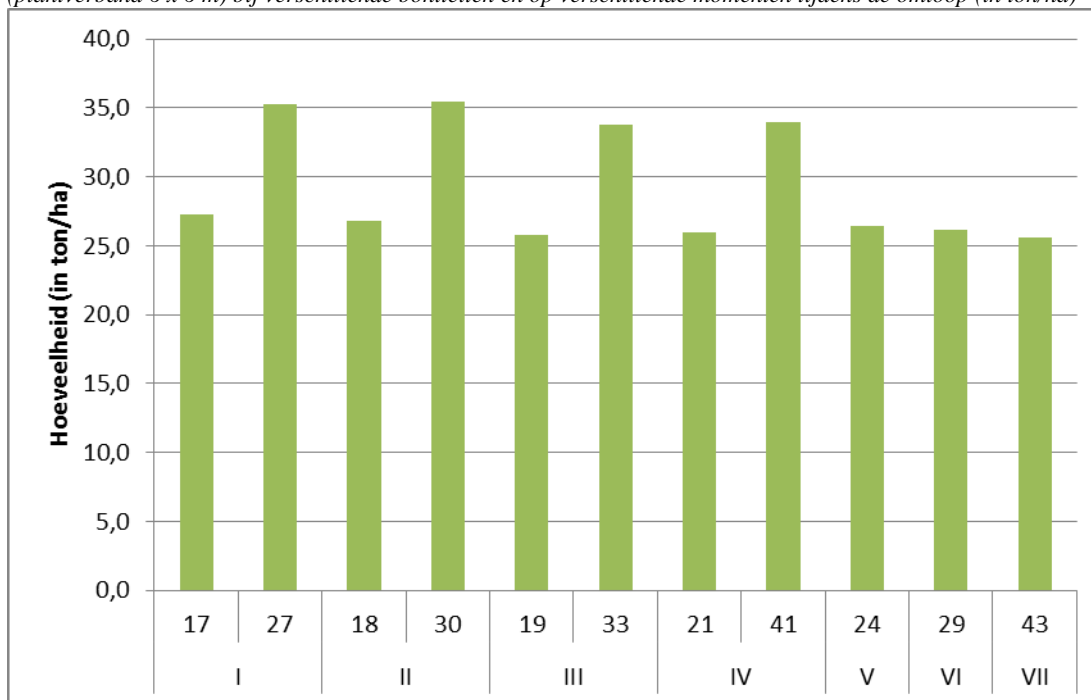
Figuur I.11

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van zwarte els bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



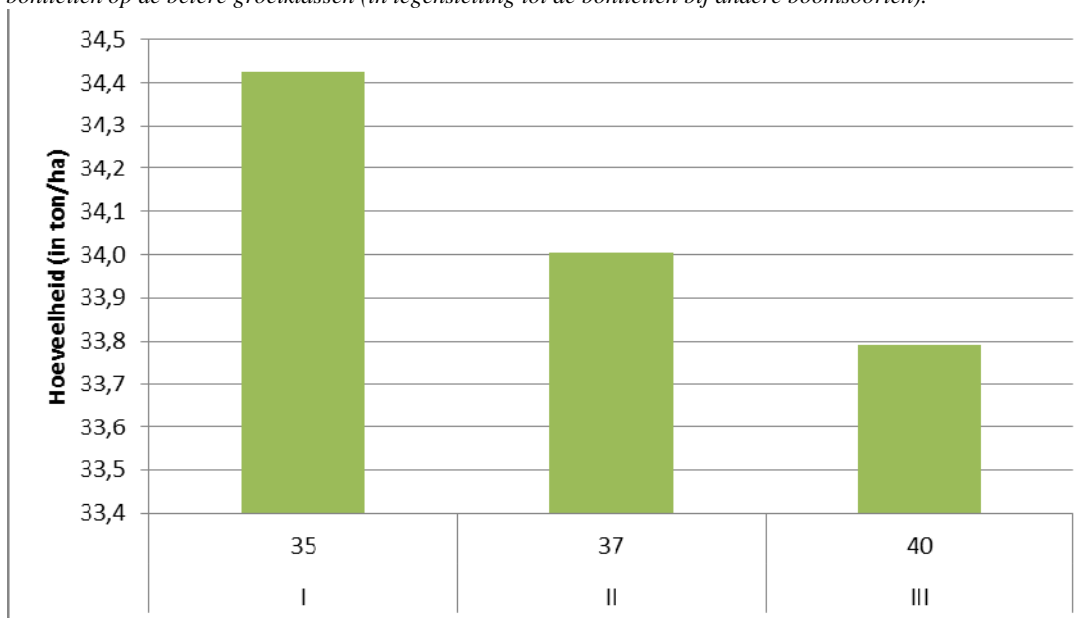
Figuur I.12

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van populier (Populus x canadensis 'Robusta') (plantverband 6 x 6 m) bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha)



Figuur I.13

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij dunning van populier (*Populus x canadensis 'Robusta'*) (plantverband 10 x 10 m) bij verschillende boniteiten en op verschillende momenten tijdens de omloop (in ton/ha). Let op: bij populier hebben de hogere boniteiten betrekking op de slechtere groeiklassen en de lagere boniteiten op de betere groeiklassen (in tegenstelling tot de boniteiten bij andere boomsoorten).

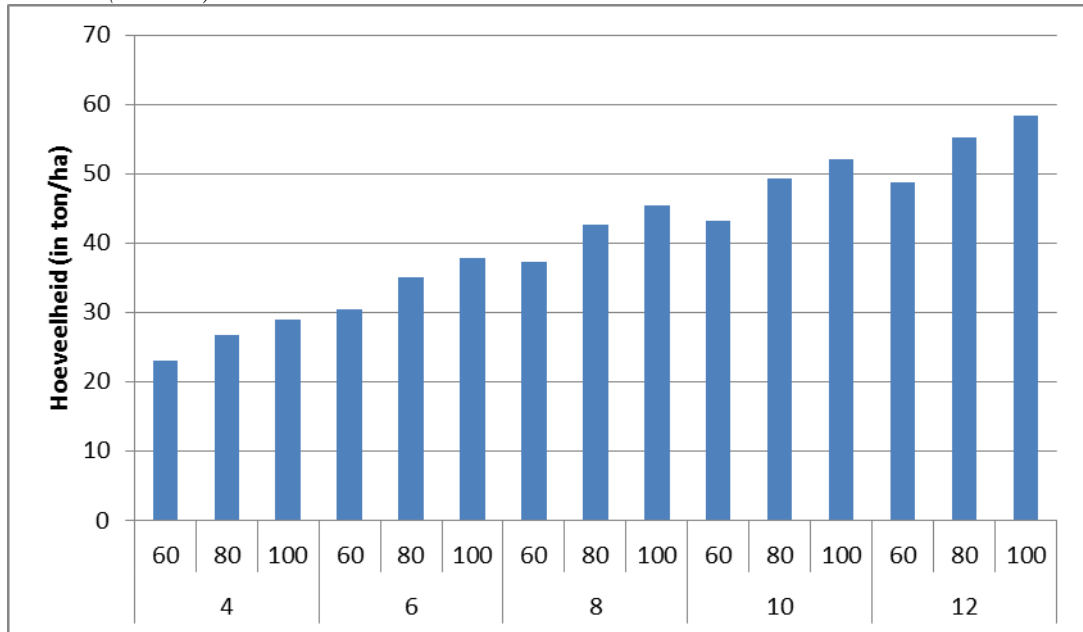


BIJLAGE II - TAK- EN TOPHOUTPOTENTIEEL UIT EINDVELLING

Tak- en tophout uit eindvelling voor de boomsoorten grove den, Corsicaanse den, Oostenrijkse den, douglas, Japanse lariks, fijnspar, zomereik, Amerikaanse eik, beuk, es, zwarte els en populier (6 x 6 m en 10 x 10 m).

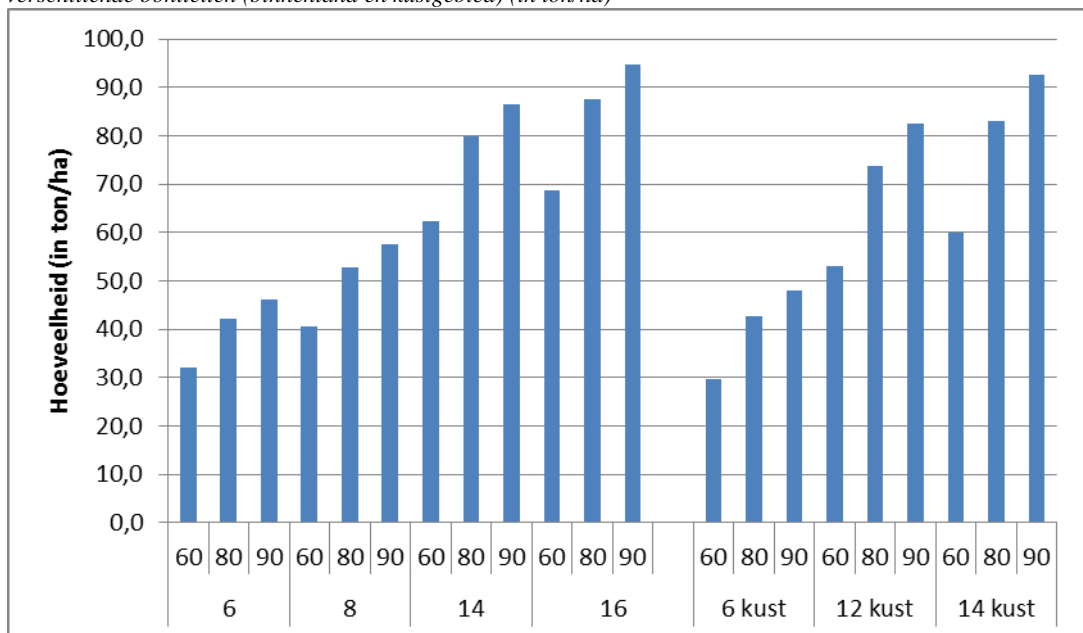
Figuur II.1

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80 of 100 jaar van grove den bij verschillende boniteiten (in ton/ha)



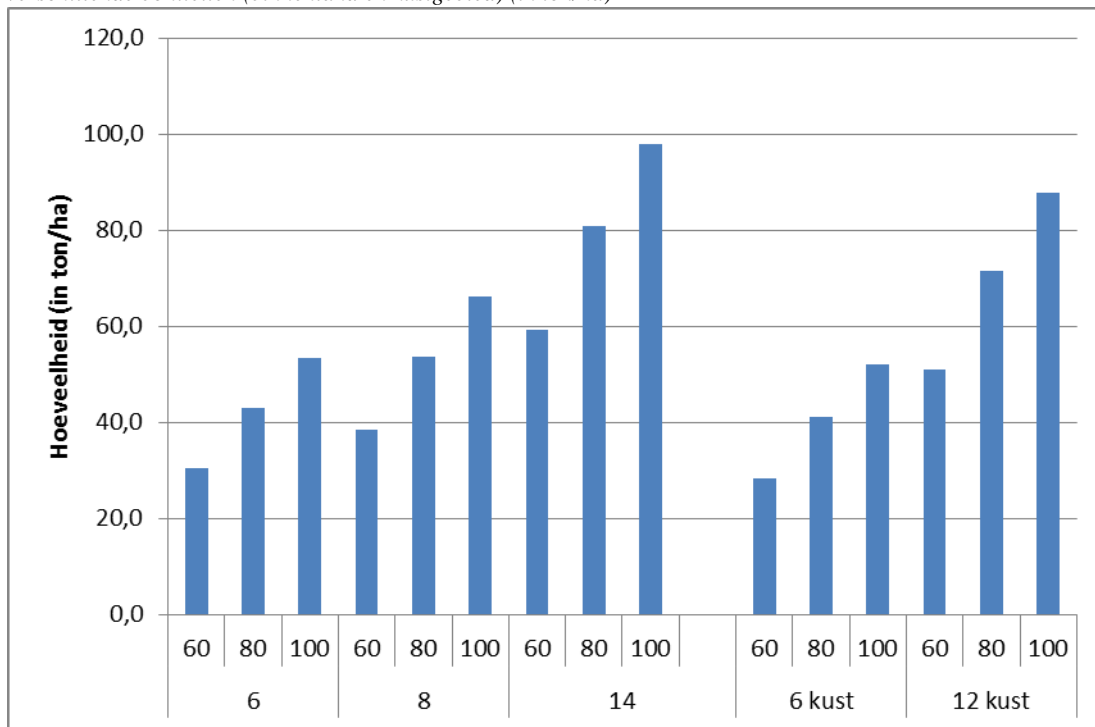
Figuur II.2

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80 of 90 jaar van Corsicaanse den bij verschillende boniteiten (binnenland en kustgebied) (in ton/ha)



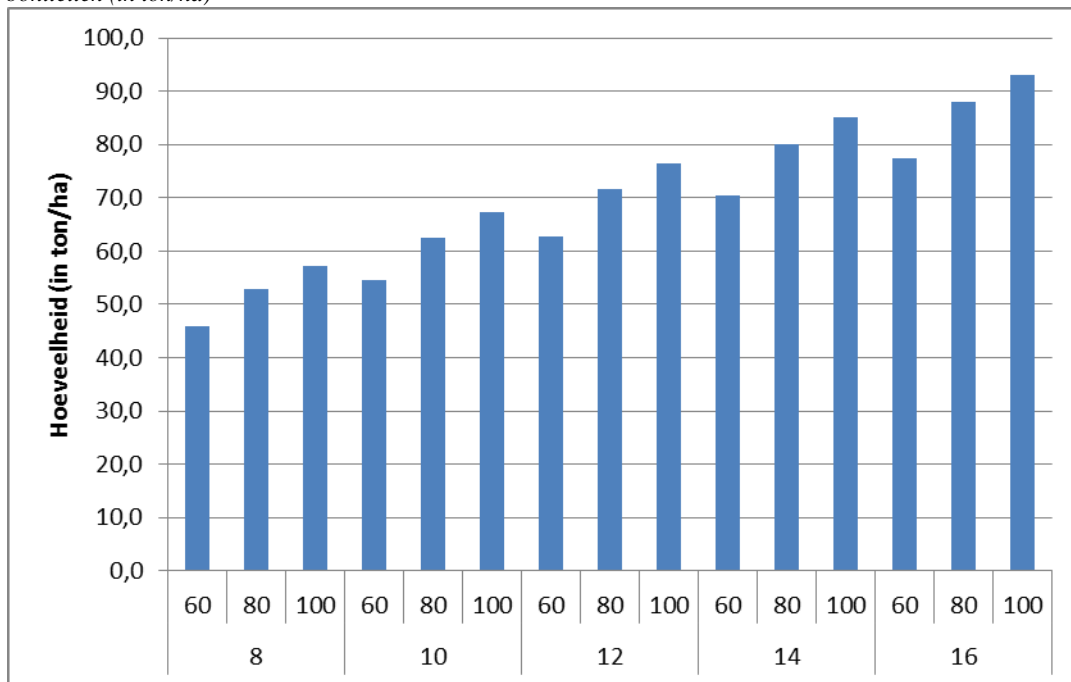
Figuur II.3

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80 of 100 jaar van Oostenrijkse den bij verschillende boniteiten (binnenland en kustgebied) (in ton/ha)



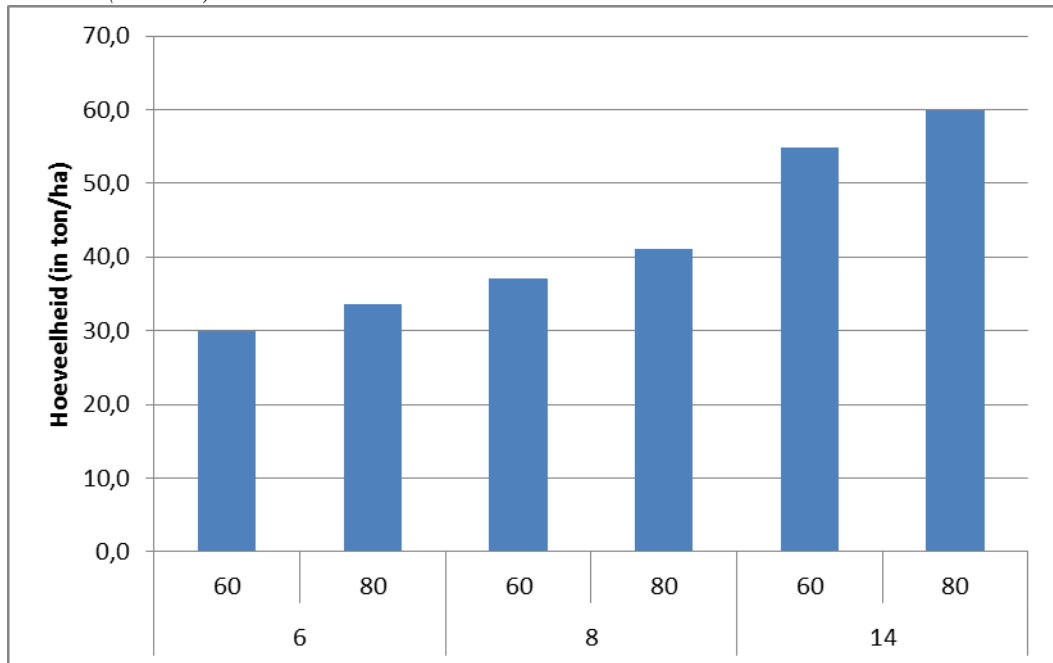
Figuur II.4

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling 60, 80 of 100 jaar van douglas bij verschillende boniteiten (in ton/ha)



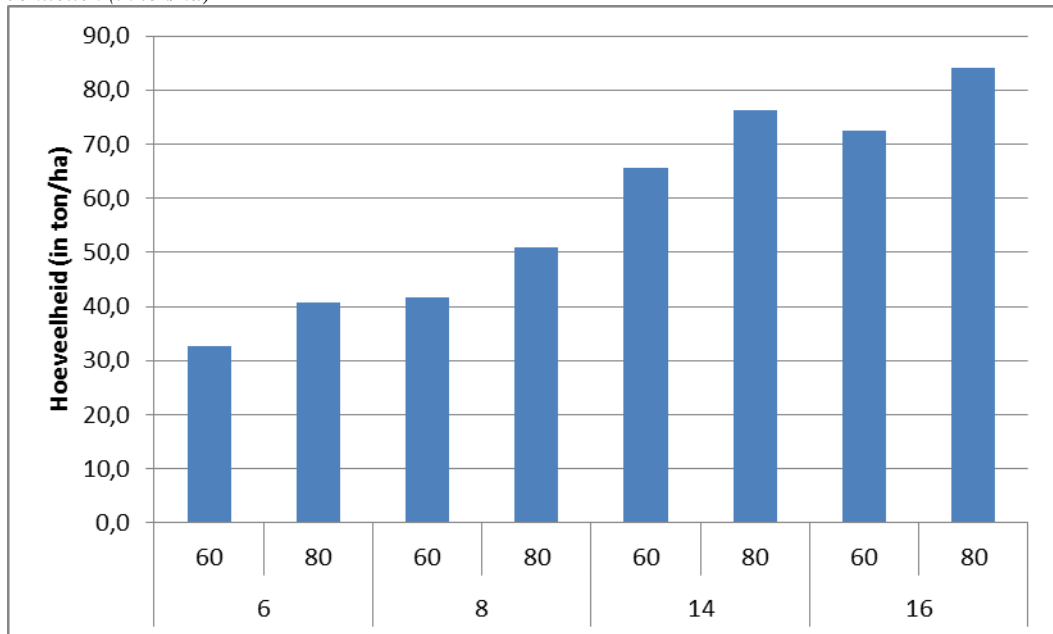
Figuur II.5

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling 60 of 80 jaar van Japanse lariks bij verschillende boniteiten (in ton/ha)



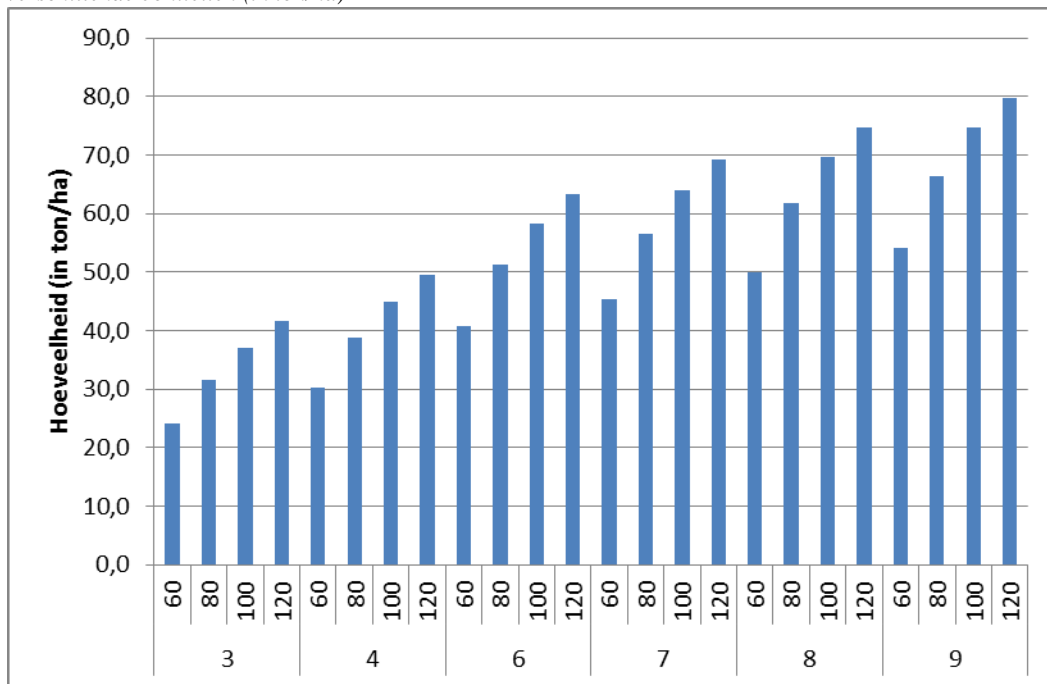
Figuur II.6

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling op 60 of 80 jaar van fijnspar bij verschillende boniteiten (in ton/ha)



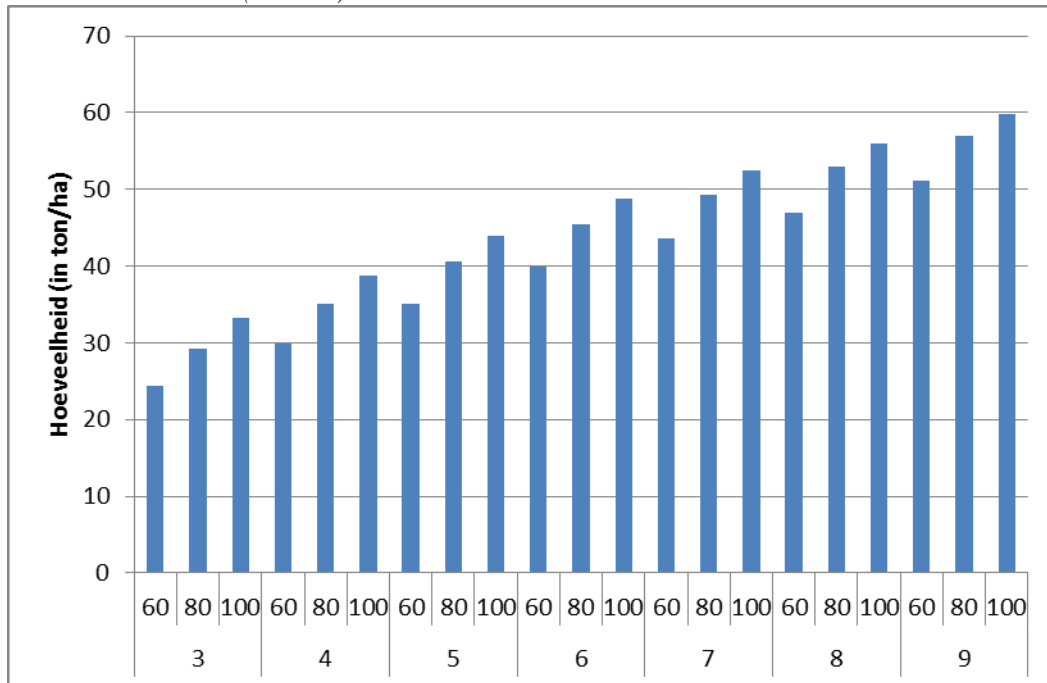
Figuur II.7

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80, 100 of 120 jaar van zomereik bij verschillende boniteiten (in ton/ha)



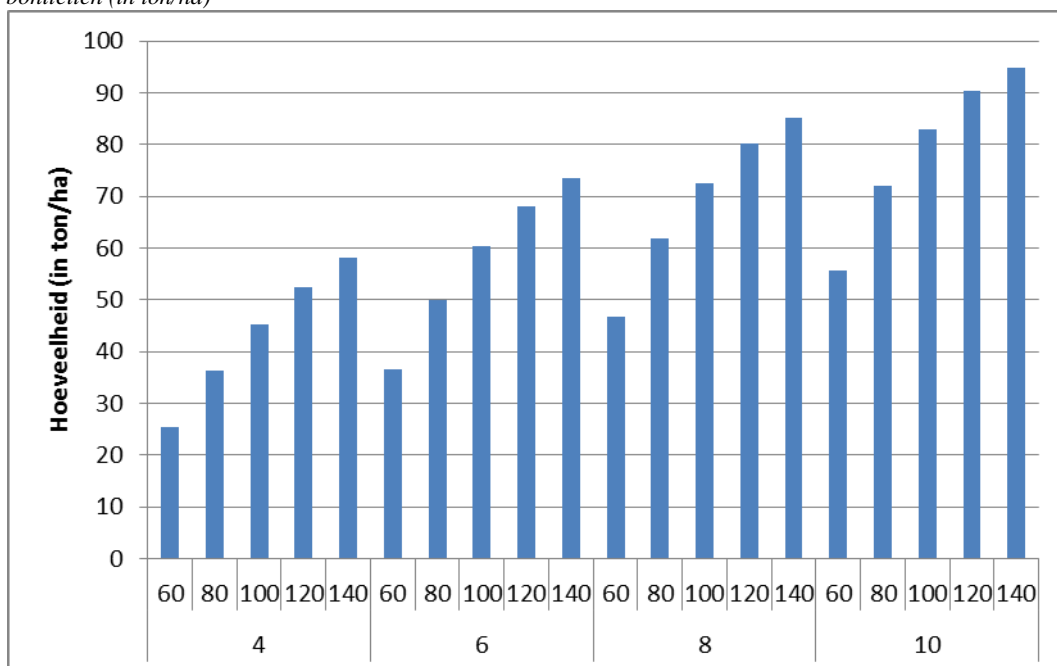
Figuur II.8

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling 60, 80, of 100 jaar van Amerikaanse eik bij verschillende boniteiten (in ton/ha)



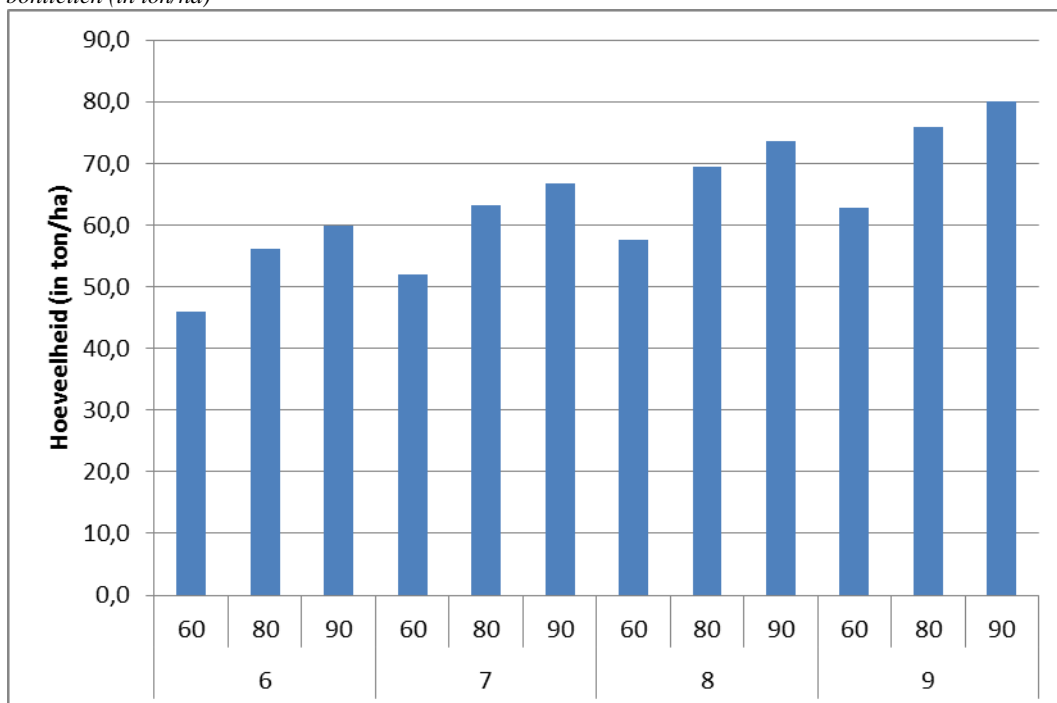
Figuur II.9

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling 60, 80, 100 of 120 jaar van beuk bij verschillende boniteiten (in ton/ha)



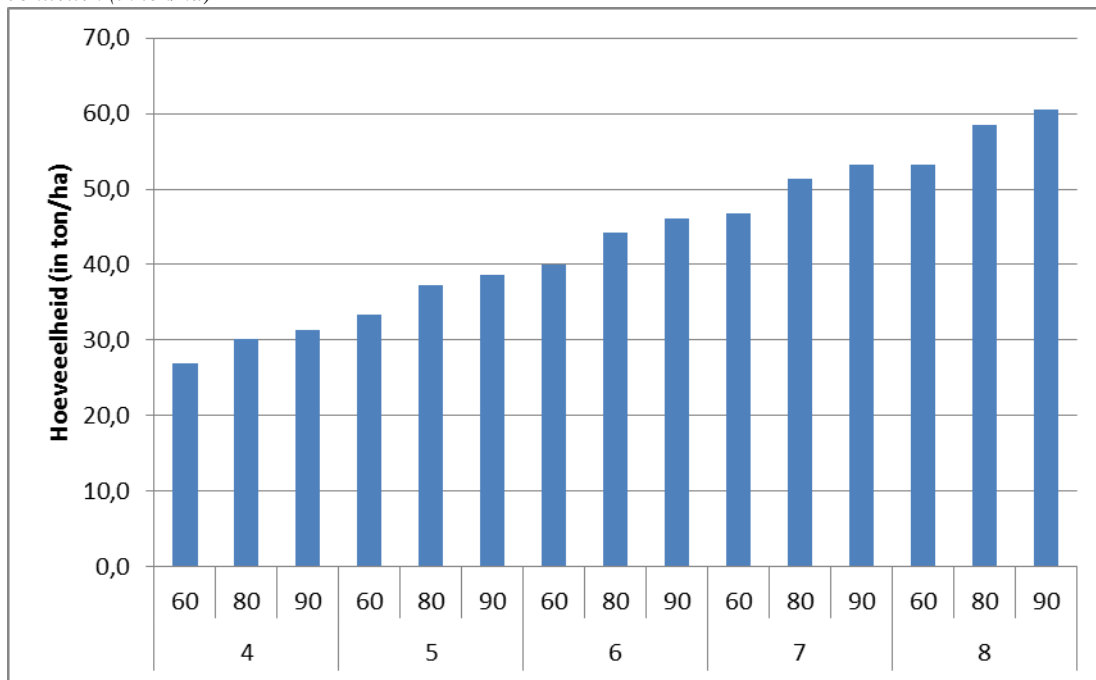
Figuur II.10

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80 en 90 jaar van es bij verschillende boniteiten (in ton/ha)



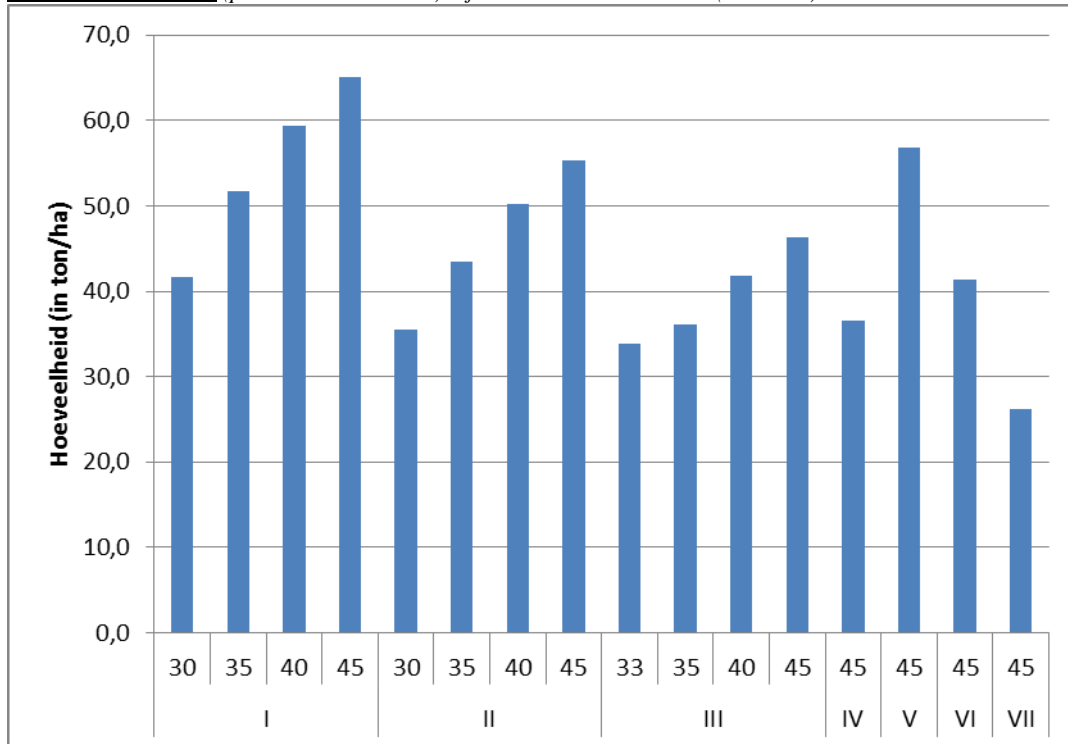
Figuur II.11

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80 of 90 jaar van zwarte els bij verschillende boniteiten (in ton/ha)



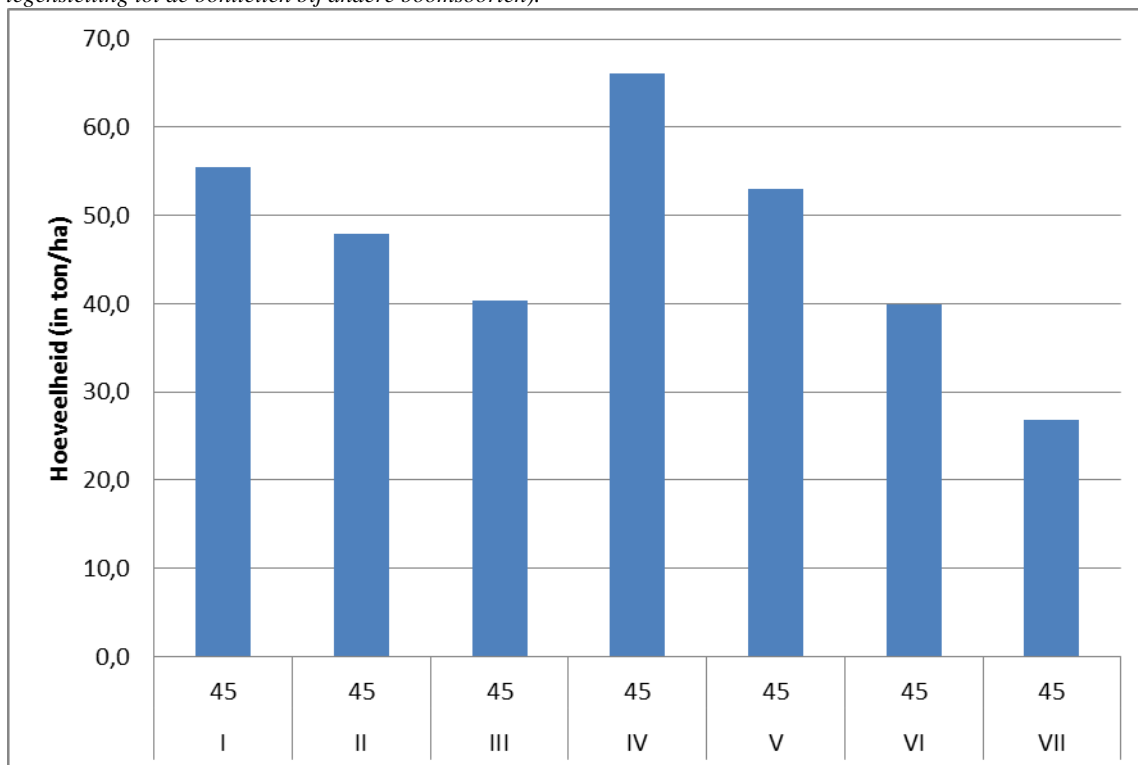
Figuur II.12

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling op 30, 35, 40 of 45 jaar van populier (Populus x canadensis 'Robusta') (plantverband 6 x 6 m) bij verschillende boniteiten (in ton/ha)



Figuur II.13

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling op 45 jaar van *populier (Populus x canadensis 'Robusta')* (plantverband 10 x 10 m) bij verschillende boniteiten (in ton/ha). Let op: bij populier hebben de hogere boniteiten betrekking op de slechtere groeiklassen en de lagere boniteiten op de betere groeiklassen (in tegenstelling tot de boniteiten bij andere boomsoorten).

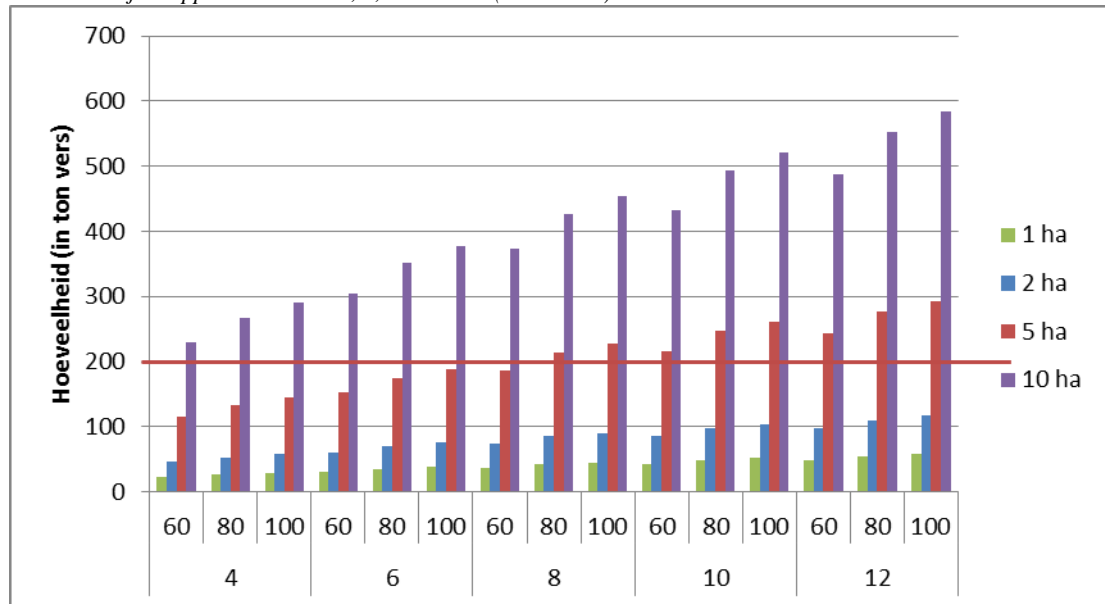


BIJLAGE III - TAK- EN TOPHOUTPOTENTIEEL UIT EINDVELLING GERELATEERD AAN OPPERVLAKTE

Tak- en tophout uit eindvelling voor de boomsoorten grove den, Corsicaanse den, Oostenrijkse den, douglas, Japanse lariks, fijnspar, zomereik, Amerikaanse eik, beuk, es, zwarte els en populier (6 x 6 m en 10 x 10 m) bij oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha.

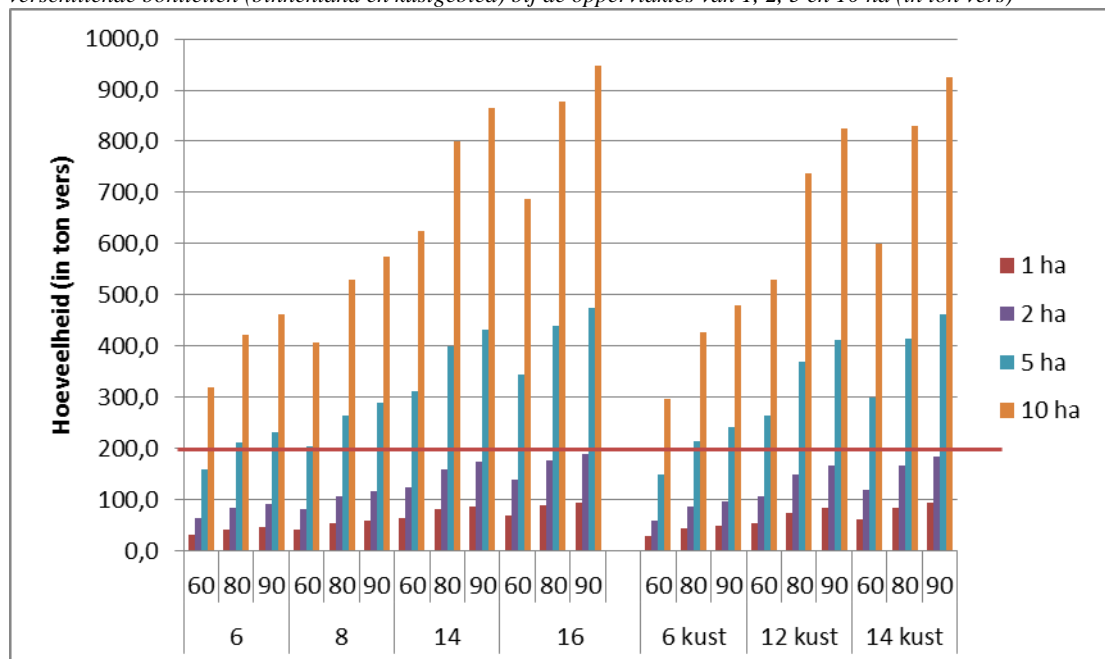
Figuur III.1

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80 of 100 jaar van grove den bij verschillende boniteiten bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



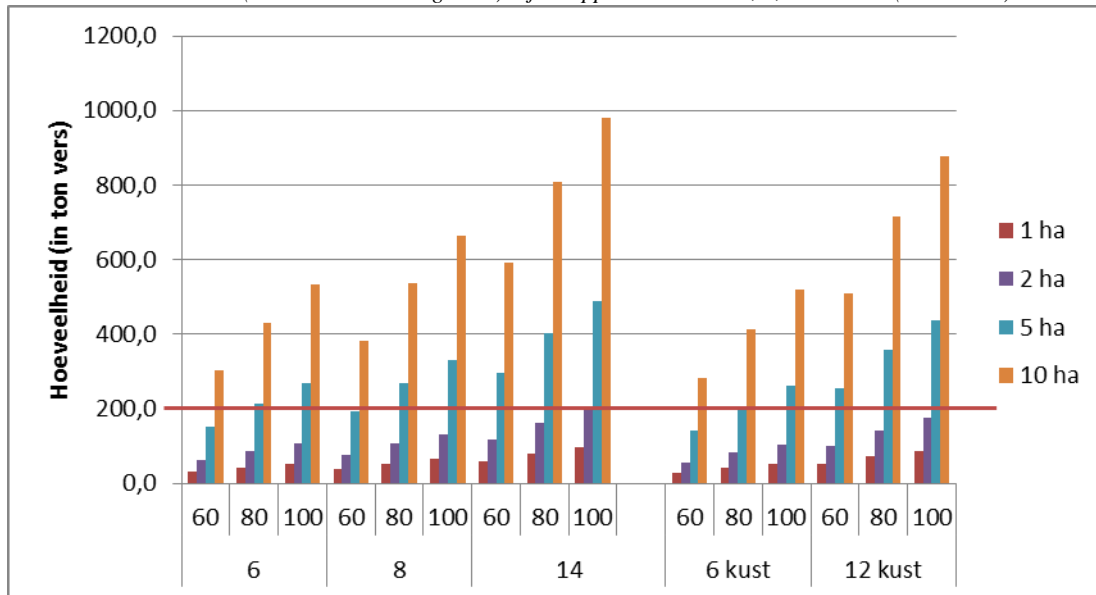
Figuur III.2

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80 of 90 jaar van Corsicaanse den bij verschillende boniteiten (binnenland en kustgebied) bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



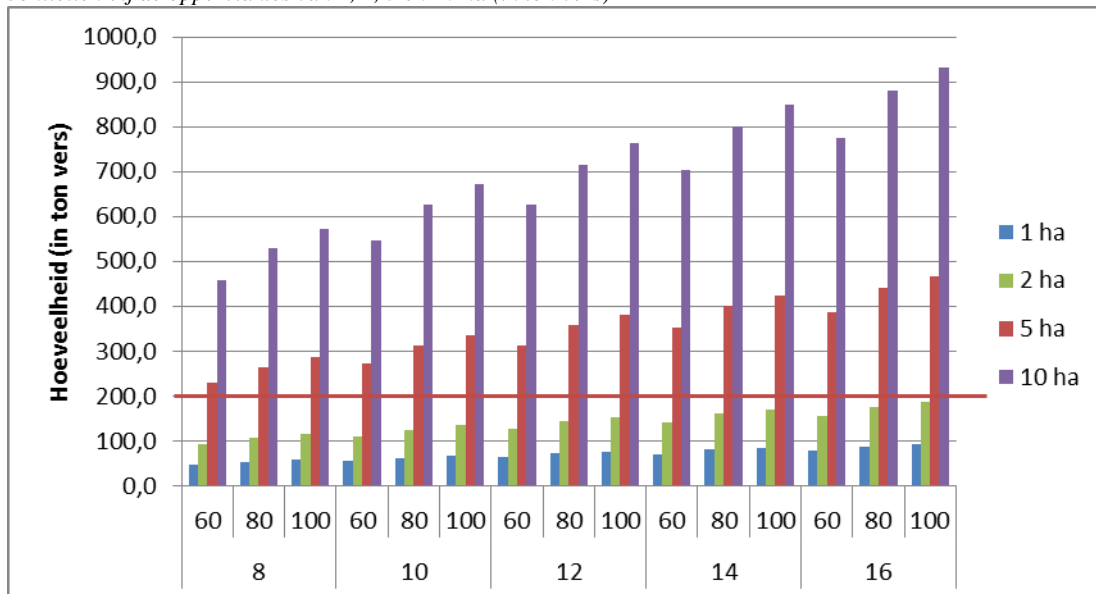
Figuur III.3

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80 of 100 jaar van Oostenrijkse den bij verschillende boniteiten (binnenland en kustgebied) bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



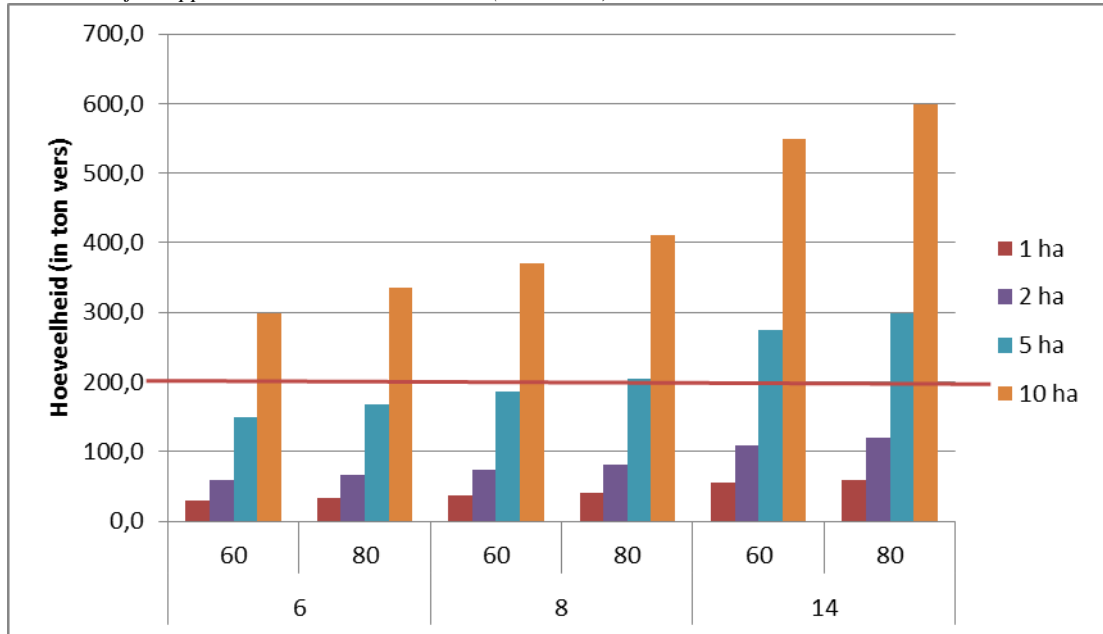
Figuur III.4

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling 60, 80 of 100 jaar van douglas bij verschillende boniteiten bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



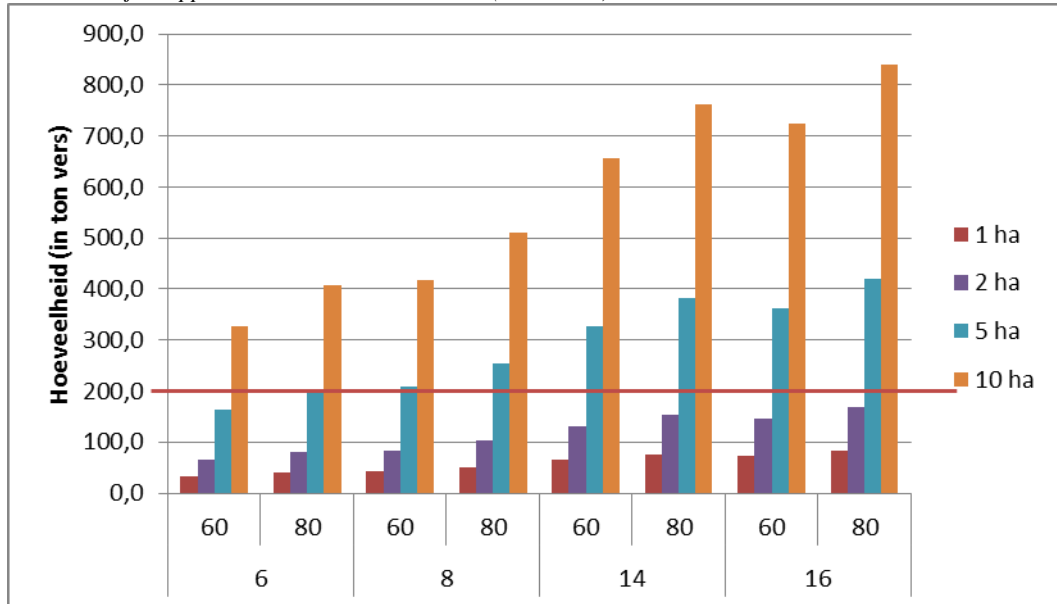
Figuur III.5

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling 60 of 80 jaar van Japanse lariks bij verschillende boniteiten bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



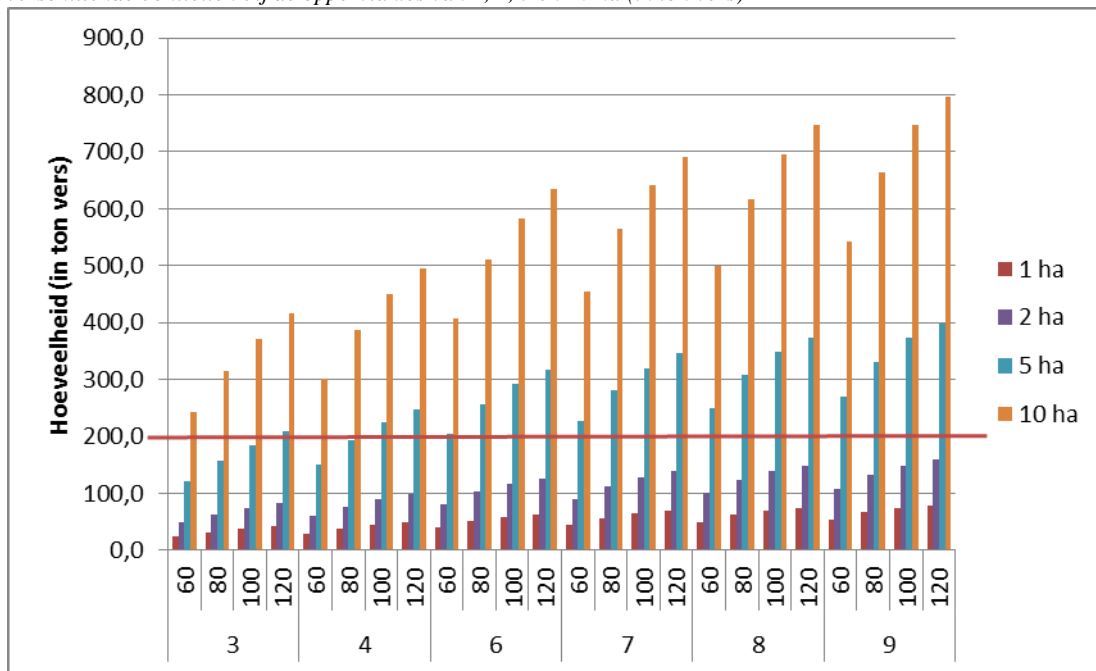
Figuur III.6

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling op 60 of 80 jaar van fijnspar bij verschillende boniteiten bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



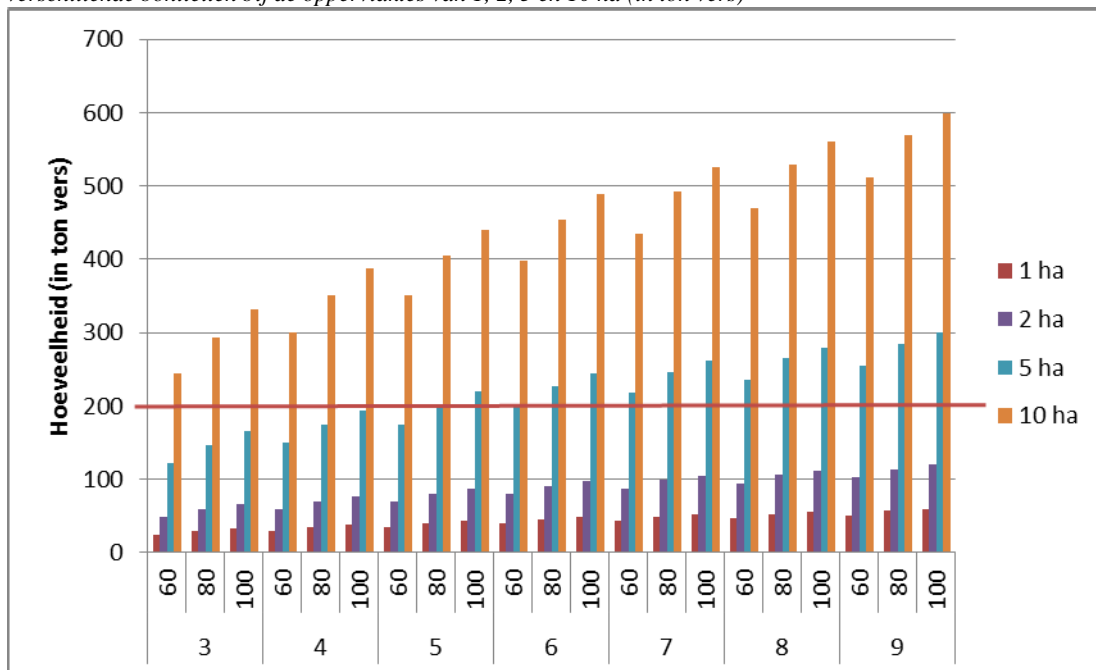
Figuur III.7

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80, 100 of 120 jaar van zomeik bij verschillende boniteiten bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



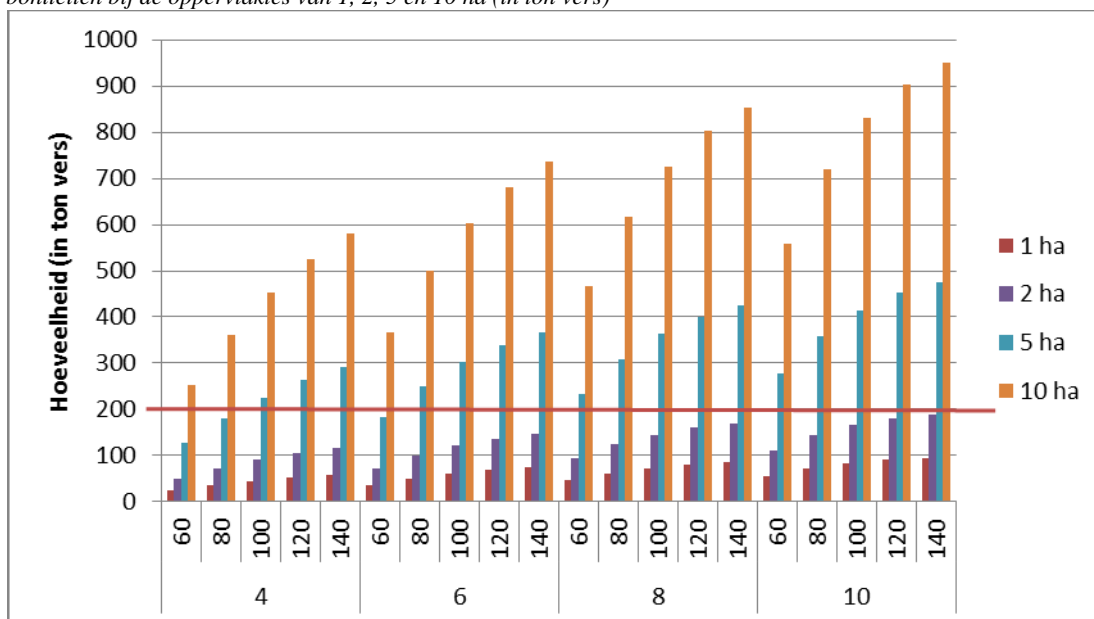
Figuur III.8

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling 60, 80, of 100 jaar van Amerikaanse eik bij verschillende boniteiten bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



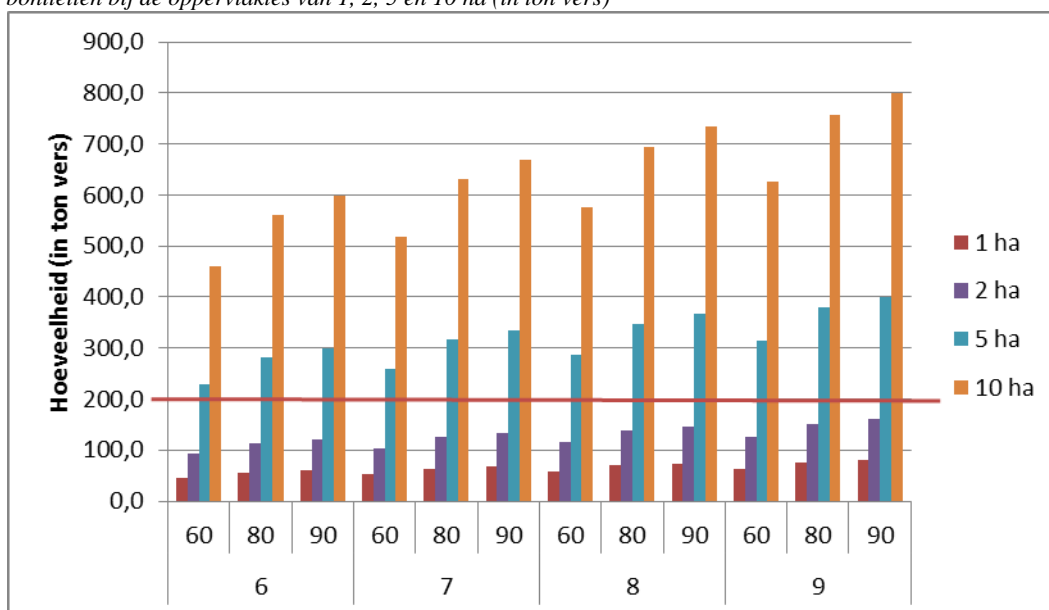
Figuur III.9

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling 60, 80, 100 of 120 jaar van beuk bij verschillende boniteiten bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



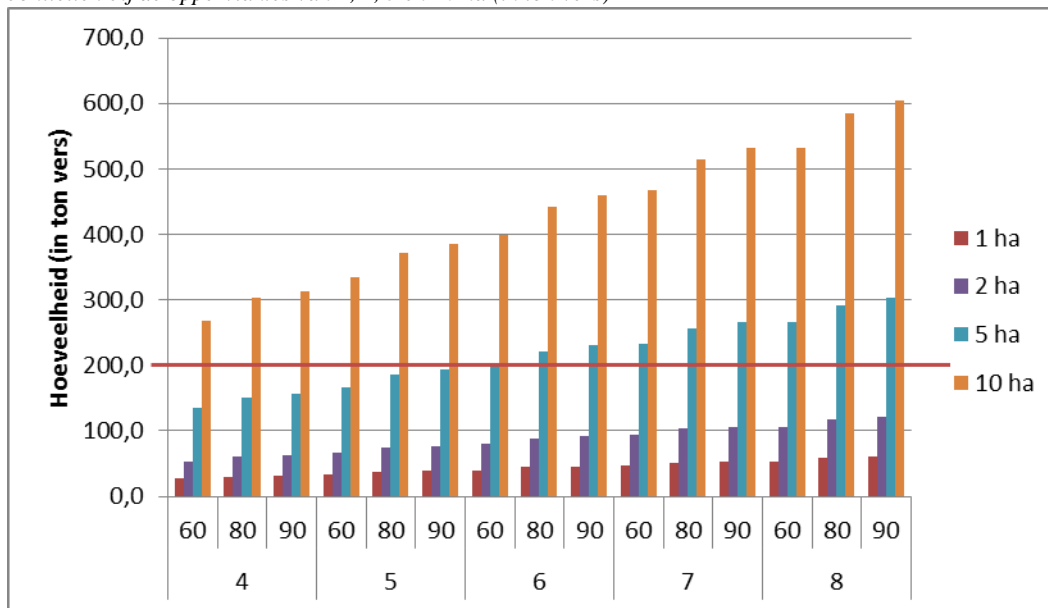
Figuur III.10

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80 en 90 jaar van es bij verschillende boniteiten bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



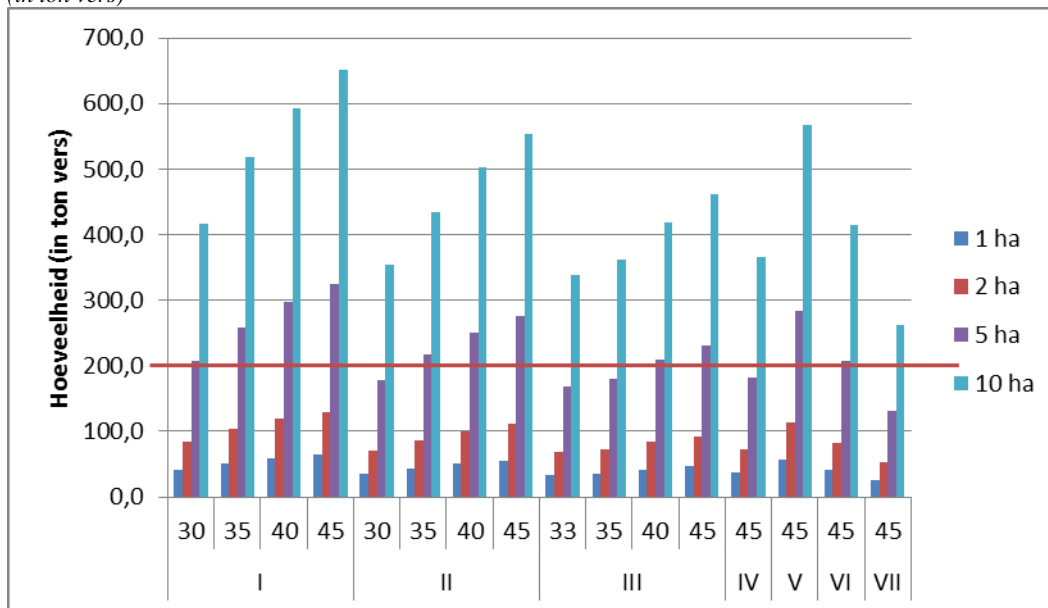
Figuur III.11

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling op 60, 80 of 90 jaar van zwarte els bij verschillende boniteiten bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



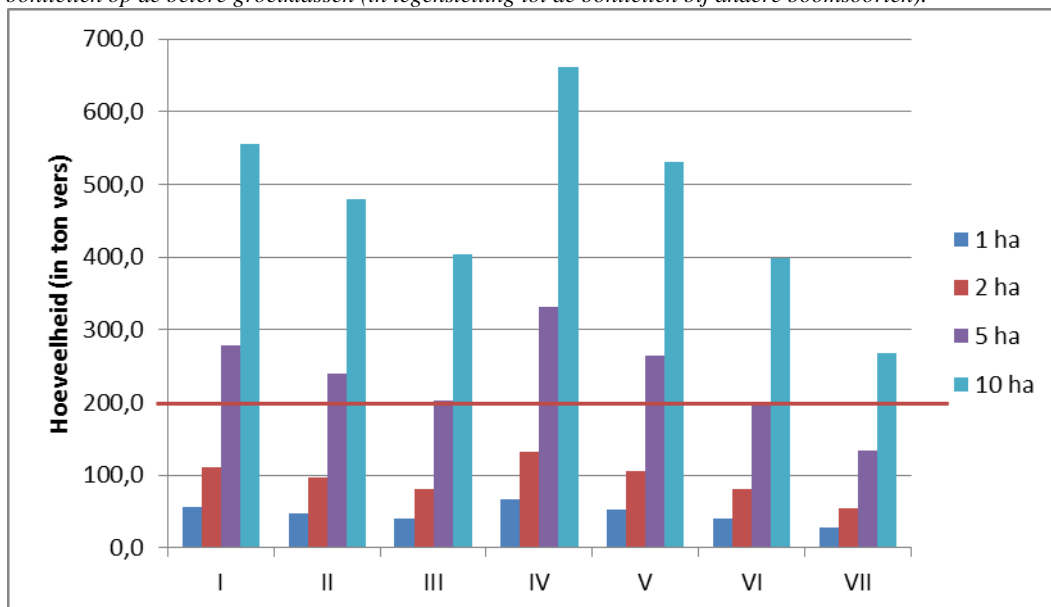
Figuur III.12

Hoeveelheden tak- en top hout die vrijkomen bij eindvelling op 30, 35, 40 of 45 jaar van populier (Populus x canadensis 'Robusta') (plantverband 6 x 6 m) bij verschillende boniteiten bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers)



Figuur III.13

Hoeveelheden tak- en tophout die vrijkomen bij eindvelling op 45 jaar van *populier* (*Populus x canadensis* 'Robusta') (plantverband 10 x 10 m) bij verschillende boniteiten bij de oppervlaktes van 1, 2, 5 en 10 ha (in ton vers). Let op: bij populier hebben de hogere boniteiten betrekking op de slechtere groeiklassen en de lagere boniteiten op de betere groeiklassen (in tegenstelling tot de boniteiten bij andere boomsoorten).





Stichting Probos Postbus 253 6700 AG Wageningen
tel. +31(0)317-466555 fax +31(0)317-410247 mail@probos.nl www.probos.nl