

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 277

METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO
METSÄTYÖTIETEEN TUTKIMUSSUUNTA



OLLI EERONHEIMO

PUUNKORJUU YHDYSVALLOISSA

HELSINKI 1987



METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 277
Metsäteknologian tutkimusosasto, metsätyötieteen tutkimussuunta

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Jalostusosasto

Olli Eeronheimo

PUUNKORJUU YHDYSVALLOISSA

HELSINKI 1987

Sisällys

1. JOHDANTO	3
11. Yhdysvallat	3
12. USA:n ja Suomen välinen tieteellis-tekninen yhteistyö	3
13. Mittayksiköt ja muuntoluvut	3
2. METSÄTALOUDEN TAUSTATIETOJA	5
21. USA:n metsät	5
22. Metsänomistus	10
23. Metsäteollisuus	10
24. Puun energiakäyttö.	12
25. Metsätalouden organisaatiot	13
26. Puun myynti	13
27. Metsälait	14
28. Metsänhoito	14
29. Monikäyttö	15
210. Tulevaisuuden näkymiä	16
3. PUUNKORJUUOLOT	17
31. Maasto	17
32. Hakkuutavat	18
33. Puutavaralajit	19
34. Urakoitsijat	21
35. Työvoima	22
36. Puunkorjuutyön luonne	23
37. Kustannustaso ja -rakenne	23
4. KORJUUKALUSTO	25
41. Puutavaran teko	25
42. Lähikuljetus	33
43. Kuormaus	38
44. Haketus	39
45. Kaukokuljetus	39
5. KORJUUMENETELMÄT	44
51. Yleistä	44
52. Tavaralajimenetelmä	44
53. Runkomenetelmä.	45
54. Puumenetelmä	46
55. Korjuu vuoristometsistä.	47
6. SUOMALAISTEN KORJUUMENETELMIEN JA -KALUSTON MAHDOLLISUUDET	50
7. AMERIKKALAISTEN KORJUUMENETELMIEN SOVELTUVUUS SUOMEEN	52
8. PUUNKORJUUN TUTKIMUS	53
KIRJALLISUUS	55
LIITTEET	56

1. Johdanto

11. Yhdysvallat

Yhdysvallat on maailman neljänneksi suurin valtio. Se muodostuu 50 osavaltiosta ja Columbian liittoopiirikunnasta, jossa sijaitsee maan pääkaupunki Washington. Valtion maapinta-ala on Suomeen verrattuna 27-kertainen, 9,2 milj. km². Valtion pääosan muodostaa 25. ja 48. leveysasteen välille sijoittuva 48 osavaltion emämaa, jonka pinta-ala on 7,8 milj. km². Emämaan leveys itä-länsisuunnassa on 4 500 km ja pituus pohjois-eteläsuunnassa 2 500 km.

Pinnanmuodoista ovat merkittävimpiä pohjoisesta etelään kulkevat vuoristot. Itärannikon Appalakit koostuvat useista vierekkäisistä vuorijonoista, joiden väliin jää pitkänomaisia laaksoja. Appalakkien vuoristo on geologisesti vanha, ja vuoret ovat muodoltaan pyöreähköjä. Korkeimmat huiput ovat hieman yli 2 000 m korkuisia. Länsiosien Rannikko- ja Kaskadivuoret sekä Sierra Nevada Tyynen valtameren tuntumassa ja Kalliovuoret kauempana sisämaassa ovat nuorempia ja terävähuippuisempia. Korkeimmat huiput yltävät yli neljän kilometrin korkeuteen. Kalliovuorten ja Appalakkien väliin jää laaja Mississippin tasanko.

Yhdysvaltain 230 miljoonasta asukkaasta käy työssä 43 %. Työvoimasta työkentelee alkutuotannossa 3, jalostuksessa 35 ja palveluelinkeinoissa 62 %. Työttömyysaste on ollut viime vuosina 7 %. Tärkeimpiä teollisuudenaloja ovat kemia, metalli sekä elektroniikka.

12. USA:n ja Suomen välinen tieteellis-tekninen yhteistyö

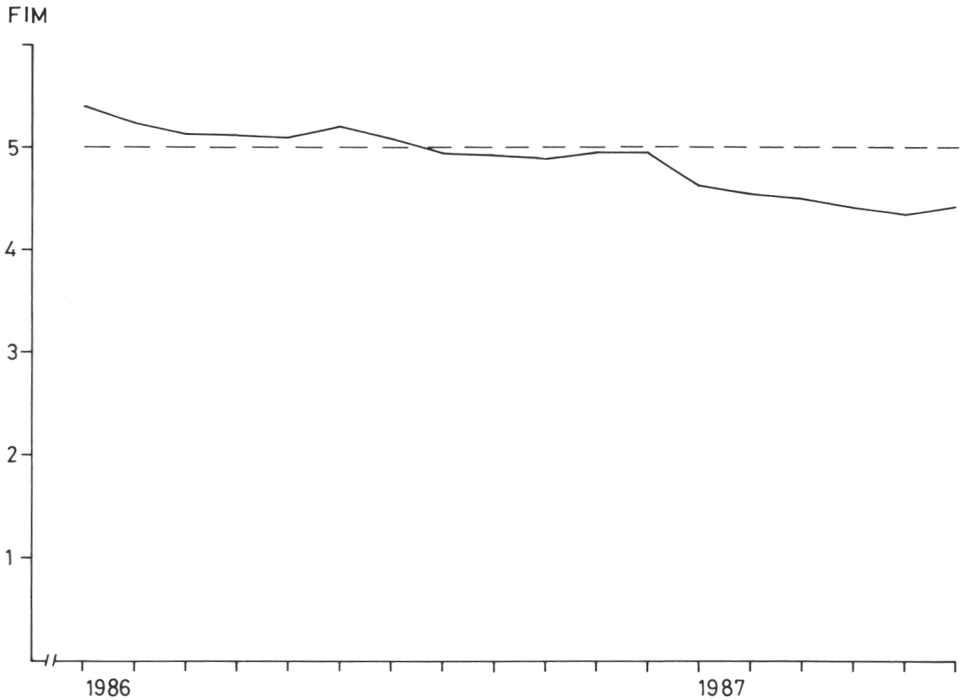
Suomi ja Yhdysvallat solmivat tieteellis-teknistä yhteistyötä koskevan runkosopimuksen syksyllä 1985. Suomessa yhteistyötä johtaa kauppa- ja teollisuusministeriö. Yhteistyön tarkoituksena on kumpaakin osapuolta kiinnostavien tieteellisten ja teknologisten kysymysten tutkiminen luomalla tilaisuuksia ajatusten, tietojen, taitojen ja teknisten valmiuksien vaihtamiseen ja yhteisen tieteellisen tutkimustyön suorittamiseen.

Kauppa- ja teollisuusministeriö hyväksyi vuonna 1986 ensimmäiseksi metsäalan yhteistyökohteeksi hankkeen, jonka tavoitteena on tuottaa tietoa Yhdysvalloista potentiaalisena metsäkoneiden vientikohteena, edistää metsäteknologisen tutkimuksen pitkänjähtäimen suunnittelua Suomessa sekä luoda pohjaa Suomen ja Yhdysvaltain väliselle myöhemmälle puunkorjuualan ja sen tutkimuksen yhteistyölle. Hankkeen toteutti Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto. Selvityksen tulokset julkaistaan käsillä olevassa raportissa. Projektin rahoittivat kauppa- ja teollisuusministeriö sekä Metsäntutkimuslaitos yhdessä.

13. Mittayksiköt ja muuntoluvut

Yhdysvalloissa on käytössä englantilainen mittajärjestelmä. Tärkeimmät muuntoluvut on esitetty liitteessä 1. Puutavaran mittauksen eräitä erityispiirteitä lienee kuitenkin syytä selvittää hieman tarkemmin.

Sahatavaran yksikkönä mittauksessa käytetään lautajalkaa (*board foot*, bdf). Yksi lautajalka on 0,00236 m³ (2,5 × 30,5 × 30,5 cm³). Samaa yksikköä käytetään myös tukkien mittauksessa ja usein myös koko leimikon puumäärää ilmoitettaessa.



Kuva 1. Dollarin virallisen myyntikurssin kuukausikeskiarvon kehitys vuonna 1986 sekä vuoden 1987 alkupuoliskolla.

Molemmissa tapauksissa tarkoitetaan sitä sahatavaramäärää, joka saadaan, kun tukki, tukkierä tai leimikon puut sahataan. Tukista saatavan sahatavaran määrä selvitetään latvaläpimitan ja piteuden perusteella. Käytettäviä taulukoita ja laskukaavoja on useita (ks. esim. Wenger 1984). Sahaustekniikan kehittyminen ja sahatavaralajeissa tapahtuneet muutokset ovat kuitenkin johtaneet siihen, että todellisuudessa sahatavaraa saadaan 20 . . . 30 % enemmän kuin vanhentuneet laskukaavat ennustavat.

Tukkien mittauksessa puhutaan meillä tukkien kuorellisesta kokonaistilavuudesta ja Yhdysvalloissa niistä saatavan sahatavaran tilavuudesta. Koska sahatavaran saanto on suuria puita sahattaessa parempi kuin pienten puiden sahausessa, vaihtelevat kuutiometriä ja lautajalkojen väliset muuntoluvut puiden järeyden mukaan. Tässä julkaisussa on pyritty käyttämään kuhunkin tilanteeseen sopivaa muuntolukua.

Cord on kehystilavuuden yksikkö, jota käytetään kuitupuun pinomittauksessa. Yksi cord vastaa 3,6 kuutiometrin kehystilavuutta. Vastaava kiintotilavuus on 1,9 . . . 2,9 m³ riippuen pölkkyjen pituudesta, mutkaisuudesta, järeydestä ja ladonnasta. Tässä julkaisussa 1 cord = 2,5 m³. Käytössä on myös yksikkö long cord eli *unit*, joka on noin 3 m³. Yksikköä *unit* käytetään myös hakkeen mittauksessa, jolloin se vastaa irtotilavuudeltaan 5,66 kuutiometriä (kiintotilavuus n. 2,5 m³). Yleisimmin hakkeen – ja usein kuitupuunkin – määrän yksikkö on kuitenkin englantilainen tonni (*ton*, short ton), joka on 0,9072 metrijärjestelmän tonnia (tonne).

Cunit puolestaan on kuitupuun kiintotilavuuden ilmoittava yksikkö. Yksi *cunit* on 100 kuutiojalkaa, ja vastaa 2,8 m³:ä.

Yhdysvaltain dollarin keskimääräinen virallinen myyntikurssi kesäkuussa 1987 oli 4,427 Suomen markkaa (FIM). Dollarin hintakehitys vuoden 1986 alusta lähtien on esitetty kuvassa 1.

2. Metsätalouden taustatietoja

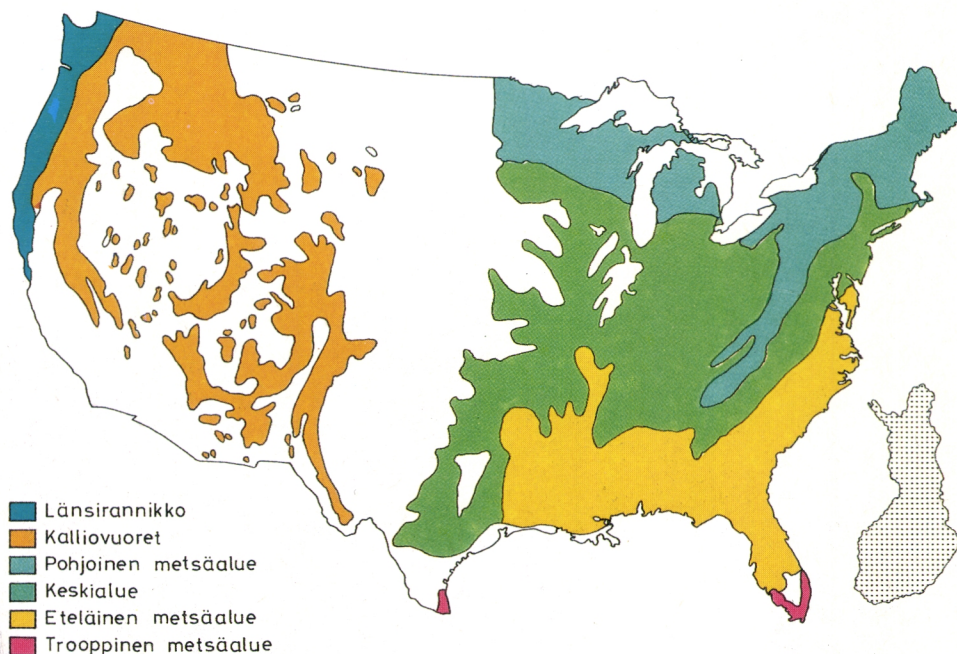
21. USA:n metsät

Yhdysvaltain pinta-alasta on metsää 30 %. Lähinnä kasvillisuuden perusteella metsät voidaan jakaa kuuteen alueeseen (kuva 2). Kaupallisesti merkittäviä puulajeja on satoja. Niistä tärkeimpiä on lueteltu liitteessä 2.

Länsirannikon metsäalue ulottuu noin 100 kilometrin levyisenä kaistaleena Washingtonin osavaltion pohjoisrajalta Kalifornian keskiosiin. Alueen metsäpinta-ala on 28 miljoonaa hehtaaria. Douglaskuuset, jättiläispunapuut, lännenhemlokit, jättiläistuijat, sitkankuuset, sokerimännyn, lawsoninsypressit sekä punalepät ja oregoninvaahterat ovat tärkeimpiä puulajeja (kuva 3).

Sisämaan vuoristometsät muodostavat *Kalliovuorten metsäalueen* (kuva 4). Vallitsevia puulajeja ovat mm. ponderosamänty, lännenvalkomänty, sokerimänty, douglaskuusi, engelmänninkuusi, lännenlehtikuusi, kontortamänty, jättiläistuija sekä amerikanhaapa. Metsätaloustyössä on 23 miljoonaa hehtaaria metsämaata. Alueen metsäteollisuus on keskittynyt pääosin luoteisvaltioiden (Washington, Oregon, Idaho ja Montana) alueelle sekä Pohjois-Kaliforniaan.

Pohjoiseen metsäalueeseen kuuluvat Koillisvaltiot, Suurten järvien alue sekä Appalakkien vuoristometsät, jotka ulottuvat kaistaleena etelään aina Alabaman osavaltion pohjoisrajalle saakka. Puuntuotannossa olevien metsien pinta-ala on 44 miljoonaa hehtaaria. Alueen lehtimetsissä (kuva 5) pääpuulajit ovat amerikanhaapa, amerikanpyökki, mustapähkinäpuu, punavaahtera ja sokerivaahtera sekä useat tammi- ja koivulajit. Havupuista mainittakoon strobus-, amerikanpuna- ja banksinmänty, musta- ja valkokuusi, kanadanlehtikuusi sekä palsamikuusi, kanadanhemlocki ja kynäkataja.





Kuva 3. Länsirannikon havupuuvaltaisissa aarnimetsissä sataa tihuutta lokakuusta huhtikuuhun.



Kuva 4. Kalliovuorten jyrkät rinteet ovat ongelmallisia puunkorjuukohteita.



Kuva 5. Järvalueella on runsaasti lehtisekametsiä.

Eteläinen metsäalue on pinta-alaltaan 64 miljoonan hehtaarin laajuinen, noin 300 kilometrin levyinen vyöhyke Meksikonlahden ja Atlantin rannikolla. Vyöhyke ulottuu idässä Pohjois-Karoliinan ja lännessä Louisianan osavaltioon. Alueella on noin 9 milj. ha viljelymänniköitä. Tärkeimmät mäntylajit ovat loblolly-, lyhytneulas-, pitkäneulas- ja karibianmänty. Muista havupuista mainittakoon suosypressi ja lehtipuista amerikanambrapuu, tupelo, tammets, amerikanmustapoppeli, valkosaarni ja hikkori.

Pohjoisen ja eteläisen metsäalueen väliin jää *keskinen metsäalue*, jolla kasvaa 34 miljoonaa hehtaaria pääasiassa lehtipuuvaltaisia metsiä. Tärkeimpiä puulajeja ovat amerikanpyökki, punavaahtera, tammets, hikkori, valkojalava, valkosaarni, mustapähkinäpuu ja amerikanplataani. Lyhytneulas-, strobus- ja virginianmänty sekä kynäkataja ovat esimerkkejä alueen havupuista.

Floridan ja Teksasin eteläosien *trooppisen metsäalueen* lehtimetsillä ei ole metsätaloudellista merkitystä.

Alaskan metsävarat ovat mittavat, mutta niiden käyttöä rajoittavat huonot tieyhteydet, muihin osavaltioihin verrattuna 2,5-kertaiset palkat sekä alhainen jalostuskapasiteetti. Puuntuotantoon soveltuvan metsämaan alaksi on arvioitu 14 miljoonaa hehtaaria. Puuta myydään Alaskassa vuosittain 300 000 m³ (Warren 1986), josta suurin osa tulee liitto- ja osavaltion metsistä. Tässä julkaisussa rajoitetaan Yhdysvaltain emämaan metsätalouden, -teollisuuden ja puunkorjuun esittelyyn.

Metsäninventoiijien käyttämä aluejako (kuva 6) perustuu osavaltioiryhmiin ja poikkeaa jonkin verran edellisessä kappaleessa esitetystä kasvillisuuteen perustuvasta jaottelusta. Taulukossa 1 on esitetty metsien jakautuminen käyttöluokkiin. Kasvillisella metsämaalla tarkoitetaan Yhdysvalloissa metsämaata, jonka puuntuottokyky on yli 1,5 m³/ha vuodessa. Vastaava raja-arvo Suomessa on 1 m³/ha vuodessa keskimäärin 100 vuoden kiertoaajalla. Puuntuotannossa oleva metsämaa jakaantuu puuston koon perusteella taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 1. Yhdysvaltain metsäpinta-alan jakautuminen käyttöluokkiin vuonna 1977 (Spencer 1986).

Alue	Kasvullinen metsämaa – puuntuotanto	Kasvullinen metsämaa – muu käyttö	Muu metsä*	Yhteensä
	milj. ha			
Länsirannikko	28,6	1,6	56,5	86,7
Etelävaltiot	76,1	0,8	6,8	83,7
Kalliovuoret	23,4	3,4	29,0	55,8
Koillisvaltiot	31,3	1,5	0,7	33,6
Järvalue	18,5	0,7	1,0	20,2
Keskialue	15,9	0,3	0,2	16,4
Preeria	1,1	0,0	0,2	1,3
Yhteensä	194,9	8,3	94,4	297,7

* vajaatuottoiset metsät ja suojelevaraukset

Taulukko 2. Puuntuotannossa olevan metsämaan jakautuminen puuston järeiden mukaan Yhdysvalloissa vuonna 1977 (Spencer 1986).

Alue	Tukkipuuvaltainen	Kuitupuuvaltainen	Taimikko	Puuton	Yhteensä
	milj. ha				
Länsirannikko	18,9	4,0	4,0	1,7	28,6
Etelävaltiot	28,9	23,6	21,3	2,3	76,1
Kalliovuoret	15,7	4,7	2,1	0,9	23,4
Koillisvaltiot	12,5	9,1	9,1	0,6	31,3
Järvalue	4,6	8,7	5,0	0,2	18,5
Keskialue	6,6	4,3	4,5	0,5	15,9
Preeria	0,4	0,3	0,2	0,2	1,1
Yhteensä	87,6	54,7	46,2	6,4	194,9

Taulukko 3. Puuston määrä ja keskitilavuus puuntuotannossa olevalla metsämaalla Yhdysvalloissa vuonna 1977 (Spencer 1986).

Alue	Havupuut	Lehtipuut	Yhteensä	Puuston keskitilavuus m ³ /ha
	milj. m ³			
Länsirannikko	6 204	479	6 683	234
Etelävaltiot	2 750	2 970	5 720	75
Kalliovuoret	2 687	139	2 826	121
Koillisvaltiot	878	1 906	2 784	89
Järvalue	348	900	1 249	68
Keskialue	45	784	829	52
Preeria	3	37	40	36
Kaikki alueet	12 915	7 215	20 132	103



Kuva 6. USA:n metsien inventoinnissa käytettävä aluejako (Spencer 1986).

Tukkipuuvaltaisten metsien osuus on Länsirannikolla ja Kalliovuorilla noin kaksi kolmasosaa, Järvialueella 25 % ja muilla alueilla noin 40 %. Kuitupuuvaltaisia metsiä puolestaan on Järvialueella lähes puolet, kun vastaava osuus muilla alueilla on alle kolmannes (taulukko 2). Huomattakoon, että sekä tukki- että kuitupuuvaltaisiksi luokitellut leimikot ovat Yhdysvalloissa huomattavasti järeämpiä kuin Suomessa. Puuntuotannossa olevaa metsämaata on Yhdysvalloissa Suomeen verrattuna lähes kahdeksankertainen määrä. Metsämaata on USA:ssa 1,3 hehtaaria asukasta kohden, kun Suomessa ollaan tasolla 4,1 ha/asukas.

Kuten taulukosta 3 voidaan havaita, kaksi kolmannesta liittovaltion havupuuvaroista on Yhdysvaltain länsiosissa. Etelävaltioiden osuus on 21 % havupuusta ja 41 % lehtipuusta. Puuston keskitilavuus on maan länsiosissa huomattavasti suurempi kuin itä- ja eteläosissa. Mainittakoon, että Suomessa puuston määrä on 1 660 milj. m³ ja keskitilavuus metsämaalla 81 m³/ha (Metsätilastollinen . . . 1987).

Puuston nettovuosiskasvu oli 613 miljoonaa kuutiometriä vuonna 1976. Kuten seuraavasta asetelmasta voi havaita, vuotuinen nettokasvu pinta-alayksikköä kohden on suurin Etelävaltioissa ja alhaisin Kalliovuorilla. Pohjoisosiin on luettu Järvialue, Koillisvaltiot sekä Keskialue. Asetelman luvut on saatu vähentämällä keskikasvusta luonnonpoistuma, joka USA:ssa on keskimäärin 0,6 m³/ha vuodessa. Luonnonpoistuma on 24 % kokonaiskasvusta Länsirannikolla ja Kalliovuorilla. Vastaava luku Pohjoisosissa on 17 ja Etelävaltioissa 9 % (An Analysis . . . 1982). Suomessa puuston keskikasvu on 3,4 m³/ha (Metsätilastollinen . . . 1987).

Alue	Vuotuinen nettokasvu	
	milj. m ³ yhteensä	m ³ /ha
Länsirannikko	98	3,4
Etelävaltiot	303	4,0
Kalliovuoret	48	2,0
Pohjoisosat	164	2,5
Keskimäärin	613	3,2

Metsätuhot ovat Yhdysvalloissa mittavia. Yöperhosiin kuuluvan lehtinunnan (*Lymantria dispar*, Gypsy moth) toukka vaivaa Koillisvaltioiden ja Järvialueen metsiä 700 000 hehtaarin alueella. *Choristoneura fumiferana* (spruce budworm) ja *C. occidentalis* (western spruce budworm) ovat perhosia, joiden toukat ovat aiheuttaneet tuhoja yli seitsemän miljoonan hehtaarin alueella erityisesti Luoteisvaltioissa ja Järvialueella. Kaarnakuoriaisista mainittakoon Luoteisvaltioiden männiköissä viihtyvä *Dendroctonus ponderosae* (mountain pine beetle) sekä *D. frontalis* (southern pine beetle), joka aiheutti tuhoja yli 50 000 mäntymetsikössä Etelävaltioissa vuonna 1985 (Insect and Disease Update 1987, Knight & Heikkinen 1980).

Sienistä vaarallisimpia ovat maannousema (*Heterobasidion annosum*), *Inonotus weirii* -kääpäsieni sekä ruostesieniin kuuluvat *Cronartium*-sukuiset lajit. Jalavatauti, *Ceratocystis ulmi*, on hävittänyt valkojalavan laajoilta alueilta. Myös loiskasvit vaivaavat puita. Esimerkkinä mainittakoon eräs mistelisuku, *Arceuthobium* (dwarf mistletoe), joka tuhosi läntisissä osavaltioissa yli 10 milj. m³ puuta vuonna 1985 (Insect and Disease Update 1987).

Hyvin organisoidusta palontorjunnasta ja varotoimenpiteistä huolimatta metsäpaloissa tuhoutuu vuosittain satoja tuhansia metsähehtaareja. Vuonna 1985 metsäpaloja syntyi ennätysmäiset 82 000 paloalan ollessa yli 1,2 milj. ha. Palot olivat yleisimpiä Kalifornian, Nevadan, Idahon ja Oregonin osavaltioissa (Zumbo ym. 1986).

22. Metsänomistus

Puuntuotannossa olevasta metsämaasta liittovaltio omistaa 20, osavaltiot ja muut julkisyhteisöt 8, metsäteollisuus 14, muu teollisuus ja järjestöt 9 sekä muut yksityiset 49 %. Suomessa yksityiset omistavat metsämaasta 63, valtio 24, osakeyhtiöt 9 ja muut 4 % (Metsätilastollinen . . . 1987). Keskimääräinen metsäpinta-ala omistajaa kohden on yksityismetsissä 16 ha, kun metsäteollisuuden metsiä ei oteta lukuun (Birch 1986). Vastaava luku Suomessa on 32 ha (Metsätilastollinen . . . 1987).

Koillis- ja Etelävaltioissa pienten metsätilanomistajien osuus on suurin. Koillisvaltioissa heidän omistuksessaan on yli 80 % metsistä. Etelässä vastaava luku on 70 %. Koillisvaltioiden osalta Mainen osavaltio on poikkeus. Siellä metsäteollisuus omistaa valtaosan metsämaasta. Liittovaltion metsistä lähes 90 % sijaitsee Yhdysvaltain länsiosissa.

Metsien puuvarastosta liittovaltion osuus on 37, muiden julkisten metsien 6, metsäteollisuuden 15 ja yksityismetsien 42 % (MacKinnon 1986).

USA:ssa metsien arvokkain tuote on havusahatavara. Havusahatukkiparvoista on liittovaltion metsissä 41 %, mutta havutukeista vain 20 % saadaan niistä. Vastaavat luvut ovat metsäteollisuuden omistamien metsien osalta 15 ja 30 %, yksityismetsien osalta 33 ja 40 % sekä osavaltioiden ja muiden julkisesti omistettujen metsien osalta 11 ja 10 %.

23. Metsäteollisuus

Vuonna 1985 Yhdysvalloissa tuotettiin puutavaraa teollisiin tarkoituksiin 346,6 milj. m³. Tästä määrästä vietiin raakapuuna ulkomaille 21,3 milj. m³. Puuta tuotiin 2,4 milj. m³. Teollisuuspuusta saha- ja vaneritukkien osuus on 61 %, kuitupuun (ml. sahanhake ja muut puujätteet) 36 % ja muun pyöreän teollisuuspuun (pylväät, aidanseipäät, kaivos- ja ratapölkyt jne.) 3 % (1985 Yearbook of . . . 1986).



Kuva 7. Jättiläispuista suuri osa myydään Japaniin ja Kiinaan joko tukkeina tai sahatavarana.

Kuitupuulla tarkoitetaan tässä yhteydessä sekä kemiallisen metsäteollisuuden että kuitu- ja lastulevyteollisuuden raaka-aineeksi menevää puuta. Suomen metsäteollisuus käytti vuonna 1986 kotimaista raakapuuta 41,3 milj. m³ ja tuontipuuta 5,1 milj. m³ (Metsäteollisuuden . . . 1987).

Sahateollisuuden tuotanto vuonna 1985 oli 86,8 milj. m³, josta vietiin ulkomaille 5 %. Sahatavaraa tuotiin maahan 34,6 milj. m³. Suomen sahatteollisuuden tuotanto oli samana vuonna 7,3 miljoonaa kuutiometriä, josta viennin osuus oli 67 % (Metsäteollisuuden . . . 1987). Pyöreän puutavaran ja sahatavaran viennin osalta USA:n tärkeimmät kauppakumppanit ovat Japani, Kiina, Etelä-Korea, Kanada ja Saksan Liittotasavalta. Tärkein tuontimaa on Kanada.

Sahatavarasta puolet tuotetaan Yhdysvaltain länsiosissa. Arvokkainta sahatavaraa saadaan ensi kertaa hakattavien metsien jättiläispuista (kuva 7), joiden hyödyntäminen on kuitenkin lahovikaisuuden vuoksi vaikeaa. Koska kuitupuuta ei yleensä oteta talteen, hakkuutähteitä jää runsaasti. Tällä hetkellä jättiläispuiden osuus on Washingtonin osavaltiossa 15 % ja Oregonissa 85 % koko hakkuumäärästä. Suuret puut ovat kuitenkin nopeasti vähenemässä. Jäljellä olevien puiden korjuu on erittäin kallista, sillä ne kasvavat tiettömien taipaleiden takana Kaskadija Kalliovuorten jyrkillä rinteillä.

Etelävaltioiden osuus sahatavaran tuotannossa on 35 %. Sahateollisuus on melko nuorta tällä aikaisemmin kuitupuun tuotantoon keskittyneellä alueella. Muu osa sahatteollisuudesta on jakaantunut jokseenkin tasaisesti Yhdysvaltain itäpuoliskon keski- ja pohjoisosiin.

Länsirannikolla ja Kalliovuorilla kaikki sahatavara valmistetaan havupuusta. Etelävaltioissa havupuun osuus on noin neljä viidesosaa. Järvi- ja Koillisvaltioissa valtaosa tukeista on lehtipuuta. Havusahtavaran osuus on kaikkiaan 83 %.

Levyteollisuudessa tilanne on samansuuntainen sekä tuotantomäärien alueellisen jakautumisen että raaka-ainepohjan osalta. Etelä- ja Luoteisvaltiot sekä Pohjois-

Kalifornia tuottavat 95 % levyistä. Vuonna 1985 levyteollisuuden tuotanto oli 30,8 milj. m³. Levyjen nettotuonti oli 2,6 milj. m³.

Massateollisuuden raaka-aineeksi tuotettiin puuta vuonna 1985 kaikkiaan 123,4 milj. m³, kun mukaan luetaan sahoilta tuleva hake ja muu ns. toisen asteen kuitupuua. Pyöreän kuitupuun osuus tästä oli noin kaksi kolmasosaa. Etelän valta-asema kuitupuun tuotannossa on edelleen selvä. Kaksi kolmasosaa USA:n kuitupuusta tulee sieltä. Länsirannikon 20 %:n osuus kuitupuusta perustuu miltei yksinomaan sahanhakkeeseen. Loput 15 % kuitupuusta tulee Pohjoiselta ja Keski-seltä metsäalueelta. Lähes kaksi kolmasosaa kuitupuusta on havupuuta. Kuitupuuta viedään hakkeena myös ulkomaille. Kuitupuuhakkeen nettovienti oli 2,8 milj. m³ vuonna 1985.

Massaa valmistettiin Yhdysvalloissa 49,1 milj. t vuonna 1985. Sitä sekä tuotiin että vietiin noin 4 milj. t. Tärkein massantuotantoalue on Etelä, jossa 109 tehtaan (v. 1983) yhteenlaskettu kapasiteetti on 107 000 t/vrk (Hutchins 1985). Suomessa massateollisuuden tuotanto vuonna 1986 oli 7,9 milj. t, josta ulkomaille vietiin 19 % (Metsäteollisuuden . . . 1987).

USA:ssa *paperin* kulutus henkeä kohden on maailman suurin. Oman noin 60 milj. tonnin tuotannon lisäksi maahan tuodaan n. 10 milj. t paperia ja kartonkia vuosittain. Tuoteryhmän vienti on 3,2 milj. t. Järvialueella sijaitseva Wisconsin on Yhdysvaltain osavaltioista tärkein paperin tuottaja. Siellä on 48 sellu- ja paperitehdasta. Paperin ja kartongin tuotanto Suomessa oli 7,5 milj. t vuonna 1986. Viennin osuus tuotannosta oli 82 % (Metsäteollisuuden . . . 1987).

Vaikka metsäteollisuus omistaa vain 14 % puuntuotannossa olevasta metsämaasta ja 15 % puustosta, se saa keskimäärin 30 % tarvitsemastaan puusta omista metsistään (MacKinnon 1986). Eräät metsäteollisuusyritykset toimivat täysin omien metsien puuntuotannon varassa.

Metsä- ja puuteollisuus työllistää Yhdysvalloissa yli miljoona henkilöä. Alan teollisen tuotannon arvo on 143,6 mrd USD, joka vastaa 8,3 prosentin osuutta koko USA:n teollisuustuotannon arvosta (Industrial Outlook 1987). Paikallisesti metsäteollisuuden osuus työllistäjänä sekä tuotannonalana on huomattavasti suurempi erityisesti Etelävaltioissa.

24. Puun energiakäyttö

USA:n energiaministeriö on tukenut uusiutuvien luonnonvarojen käyttöä energian tuotannossa vuodesta 1983 lähtien. Pääpaino kehittämisselmissä on ollut puun energiakäytön lisäämisessä, toistaiseksi ensisijaisesti teollisuuden puu- ja kuorijätteen pohjalta. Muita tärkeitä hankkeita ovat olleet mm. polttoaineena käytettävän etanolin valmistus maissista sekä yhdyskuntajätteiden käyttö polttoaineena ja metanolin valmistuksessa.

Polttopuun tuotanto Yhdysvalloissa oli 98,9 milj. m³ vuonna 1985 (1985 Yearbook . . . 1986). Suurin osa polttopuusta käytetään asuinrakennusten lämmitykseen ja takkapuiksi, mutta myös pien- ja jätteenpuun teollinen energiakäyttö on lisääntymässä erityisesti Koillisvaltioissa ja Järvialueella. Esimerkkeinä uusista puuta polttavista lämpölaitoksista mainittakoon Chesterin (15 MW) ja Beaver Brookin (24,5 MW, rakentamiskustannukset USD 50 milj.) laitokset Mainessa, jotka lähtivät käyntiin vuoden 1986 lopulla. Myös Washingtonin osavaltiossa sijaitseva Clarkston saa 25 MW:n hakelämpölaitoksen, jonka kustannusarvio on USD 30 milj. Se tosin käyttää polttoaineenaan pääasiassa sahanjätteitä.

25. Metsätalouden organisaatiot

Yhdysvaltain metsähallitus (Forest Service) on maatalousministeriön (U.S. Department of Agriculture) alainen keskusvirasto. Toiminnallisesti se jakaantuu kolmeen osaan:

- 1 *National Forest System* hoitaa suurinta osaa (77 milj. ha) valtion hallinnassa olevista metsä- ja ruohikkoalueista. Sillä on käytössään 43 600 työntekijää, mikä vastaa 93 prosenttia metsähallituksen työvoimasta.
- 2 *Forest Research* (3 100 työntekijää, 6,5 % työvoimasta) tutkii kaikkia metsätalouden osa-alueita mukaan lukien metsien virkistyskäyttö ja riistanhoito.
- 3 *State and Private Forestry* (200 työntekijää, 0,5 %) antaa taloudellista sekä asiantuntija-apua osavaltioiden viranomaisille osavaltioiden metsien ja yksityismetsien kasvun kohottamiseksi.

Vuosittain liittovaltion metsistä hakataan puutavaraa kaikkiaan noin 55 milj. m³, mikä vastaa noin 16 %:n osuutta Yhdysvalloissa hakatusta markkinapuusta.

Jokaisessa osavaltiossa on osavaltioiden omistuksessa olevien metsien ja muiden luonnonvarojen käytöstä vastaava osasto, jonka nimi vaihtelee osavaltioittain. Osasto valmistelee lisäksi oman alansa säädöksiä sekä antaa neuvoja yksityisille metsänomistajille.

Työmarkkinajärjestöjen luonteisia organisaatioita Yhdysvalloissa on runsaasti. Koska yhteistyöjärjestöt eivät lakien mukaan saa rajoittaa jäsentensä välistä kilpailua, toiminta jää lähinnä aatteelliselle tasolle. Esimerkiksi kantohinnoista ja urakkatakoista neuvotteleminen on kiellettyä. Metsäteollisuutta edustaa korkeimmalla tasolla National Forest Products Association, jolla on alueellisia alajärjestöjä. Kuiduttavan teollisuuden etujärjestönä on American Pulpwood Association. Muiden tehtäviensä lisäksi APA julkaisee kone- ja menetelmäesittelyjä sekä työturvallisuustietoa. Varsinaisten yritysten lisäksi jäsenistöön kuuluu monissa järjestöissä mm. poliitikkoja ja konevalmistajia.

Urakoitsijoiden etujärjestöt ajavat jäsentensä etuja lausuntojen, tiedotuksen, veroneuvonnan ja vakuutuspalveluiden avulla. Taksa- ja palkka-asioista ei neuvotella työnantajien eikä työntekijöiden suuntaan. Työntekijöistä vain osa kuuluu ammattiliittoon. Työnantajat pyrkivät sijoittamaan järjestäytyneet ja järjestäytyneet työntekijät eri työryhmiin.

Metsäalalla on runsaasti paikallisia ja kansallisia *ammattillisia järjestöjä*, jotka järjestävät seminaareja, symposioita ja retkeilyjä. Valtakunnallisesti puunkorjuun kannalta tärkeimpiä ovat Society of American Foresters, Council on Forest Engineering sekä American Society of Agricultural Engineers.

26. Puun myynti

Metsähallitus ei Suomen metsähallituksen tapaan huolehdi puun korjuusta ja kuljetuksesta. Virkamiehet rajaavat hakkuualueen, tekevät selvityksen puumääristä ja suunnittelevat tarvittavan tiestön. He voivat myös vaatia käytettäväksi tiettyjä hakkuutapoja sekä tietynlaista kalustoa. Sen jälkeen leimikko tarjotaan myytäväksi. Korkeimman tarjouksen tekijä saa alueelle hakkuuoikeuden, joka on voimassa 2 . . . 5 vuotta. Hakkuuoikeuden haltija voi joko hakata leimikon itse tai antaa työn kolmannen osapuolen suorittavaksi.

Myös osavaltiot, metsäteollisuusyritykset ja muut suuromistajat noudattavat puun myynnissä samaa menettelytapaa. Yksityisiä metsänomistajia neuvotaan käyttämään puun myyntiin erikoistuneiden konsulttien palveluksia. Konsulttipalkkioiden suuruus on 10 . . . 20 % kantohinnasta.

27. Metsälait

Liittovaltiolla ja jokaisella osavalttiolla on oma oikeusjärjestelmänsä. Sekä liittoettä osavaltiotasolla lait jakautuvat perustuslakiin, tavallisiin lakeihin sekä oikeuskäsittelyissä syntyneisiin ennakkotapauksiin. Näiden lisäksi riippumattomat hallinnolliset viranomaiset voivat antaa lainvoimaisia päätöksiä kunta- ja aluetasolla (Wenger 1984).

Tarve metsien käsittelyn tehokkaampaan säätelyyn johti uusien metsälakien säätämiseen 1970-luvulta lähtien. Yksityiskohtaisia, lähinnä ympäristönsuojeluun liittyviä määräyksiä eroosion torjunnasta, kaadettavien puiden minimikoosta, siemenpuiden määrästä hakkuualueilla, metsäteiden rakentamisesta ja metsänhoidollisista toimenpiteistä on annettu 9 osavaltiossa. Näistä metsätaloudellisesti merkittävimpiä ovat Washington, Oregon, Kalifornia, Idaho, Maine ja Alaska. Uusissa laeissa korostetaan usein, että metsien virkistyskäyttöön liittyvät näkökohdat tulee ottaa huomioon metsätaloutta harjoitettaessa (Cubbage ja Siegel 1985). Vanhoja metsälakeja on lisäksi 9 osavaltiossa, mutta ne käsittelevät useimmiten vain metsäpalojen torjuntaa.

Oikeuskäsittelyissä on usein todettu, että edes maanomistajalla ei ole oikeutta puuttua hakkuuoikeuden haltijan menettelytapoihin hakkuuoikeuden voimassaoloaikana. Puunostajalla on myös oikeus rakentaa teitä ja kaataa alamittaisia puita. Hän kuitenkin vastaa huolimattomuudesta tai välinpitämättömyydestä johdettavista vahingoista hakkuualueella (Wenger 1984).

28. Metsänhoito

Pääasiallinen metsänkäsittelytapa Yhdysvalloissa on avohakkuu ja luontainen uudistaminen. Vuonna 1984 *metsänviljelyn* kokonaisalan arvioidaan olleen vain noin miljoona hehtaaria, josta metsäteollisuuden osuus on 55 %. Julkisen sektorin osuus viljelystä oli 15 % ja yksityisten 30 % kokonaismäärästä (MacKinnon 1986). Suomessa metsiä uudistettiin viljelemällä 129 000 hehtaarin alalla vuonna 1985 (Metsätilastollinen . . . 1987). Jotta metsänviljelyn intensiteetti USA:ssa vastaisi suomalaista, tulisi viljelyalan Yhdysvalloissa olla kaksinkertainen nykyiseen verrattuna, kun huomioidaan erot metsäalassa ja kiertoajan pituudessa.

Metsähallitus uudisti metsiä vuoden 1985 aikana keinollisesti 150 000 ha. Saman vuoden päättyessä metsitystä vaativia alueita oli 335 000 ha. Tähän sisältyy keinollisesti uudistettavien hakkuualueiden lisäksi runsaasti metsäpalojen, hyönteisten, kasvitautien ja myrskyjen aiheuttamia tuhoalueita. Metsänviljelyaloista luokitellaan onnistuneiksi 87 %. Metsänviljelykustannukset olivat vuonna 1985 keskimäärin 857 USD/ha (Report of . . . 1986). Suomessa hakkuualan raivauksen, äestyksen ja istutuksen kokonaiskustannukset olivat keskimäärin 2 920 mk/ha vuonna 1985 (Metsätilastollinen . . . 1987).

Metsiköiden kasvua ja laatua pyritään parantamaan taimikonhoitotöillä, heinä- ja vesakontorjunnalla sekä lannoituksella. Suomalaisesta näkökulmasta katsottuna suorittemäärät ovat kuitenkin vaatimattomalla tasolla: kaikkiaan vuonna 1985 käsiteltiin Metsähallituksen metsissä (20 % metsäalasta) vain 170 000 ha, kun käsittelytarve olisi viisinkertainen. Taimikonhoitotöiden osuus käsitellystä pinta-alasta oli 60, vesakon- ja heinäntorjunnan 32 sekä lannoituksen 8 % (Report of . . . 1986). Vuonna 1985 Suomessa taimikoita hoidettiin 279 000 ha ja metsiä lannoitettiin 84 000 ha (Metsätilastollinen . . . 1987).

29. Monikäyttö

Metsähallituksen hallinnassa olevat alueet muodostuvat 141 hoitoalueesta (National Forest). 1970-luvun kiihkeä keskustelu valtion metsäomaisuuden hoidosta ja lukuisat oikeusjutut vaikuttivat merkittävästi metsien käsittelylle asetettaviin vaatimuksiin. Jokaiselle hoitoalueelle on nyt laadittava *käyttösuunnitelma*, jossa otetaan metsätalouden lisäksi huomioon mm. kaivostoiminnan, luonnonsuojelun ja virkistyskäytön kannalta olennaiset näkökohdat.

Yleisö voi tehdä suunnitelmiin huomautuksia, jotka metsähallitus on velvoitettu käsittelemään. Aluesuunnitelmia laaditaan kaikkiaan 123 (muutamilla hoitoalueilla on yhteinen suunnitelma), joista vuoden 1985 päättyessä oli valmistunut 23 ja luonnosvaiheessa 67. Metsäteollisuus on suunnitelmia varten ilmoittanut vuotuisen puuntarpeensa 10 vuoden aikavälillä.

Valtion metsien käytön suunnittelu on työläs ja kallis prosessi. Esimerkiksi Michiganin osavaltiossa sijaitsevien hoitoalueiden käytön suunnittelu maksoi 7 miljoonaa dollaria.

Valtion metsien *virkistyskäyttö* on merkittävää. Keskimäärin jokaisen amerikkalaisen arvioidaan viettävän yhden päivän vuodessa valtion metsäalueilla metsästäen, kalastaen, retkeillen tai muuten ulkoillen. Sisäasiainministeriön alaisiin kansallispuistoihin (National Park System) suuntautuu vielä enemmän vierailuja (kuva 8).

Osavaltioilla on myös omia monikäyttöä palvelevia määräyksiä. Esimerkiksi Mainessa 75 metrin vyöhykkeellä vesistöistä saa poistaa korkeintaan 60 % puuston tilavuudesta. Ainakin Michiganissa metsänomistaja voi osavaltion lain mukaan julistaa metsänsä puuntuotantotilaksi, jolloin se on myös kenen tahansa käytettävissä metsästyksen ja virkistykseen. Veroina maksetaan tällöin 0,75 USD/ha sekä 10 % kantorahatuloista, kun maaomaisuuden verotuksen taso normaalisti on 25 . . . 30 USD/ha vuodessa. Puuntuotantotiloihin liittyy tosin myös joukko erityisrajoituksia, joista tärkein on rakentamiskielto.



Kuva 8. Mammuttipetäjistään kuuluisa Sequoian kansallispuisto on suosittu retkeilykohde.

210. Tulevaisuuden näkymiä

Metsien kohtalosta on keskusteltu paljon *Etelävaltioissa*, joiden talous lepää suurelta osin metsäteollisuuden varassa. Metsäteollisuus on työllistäjänä tärkein teollisuuden ala joka toisessa Etelän osavaltiossa.

Etelävaltioiden metsien päätuote on havukuitupuun. Havupuiden vuotuinen nettokasvu on vuoden 1977 jälkeen pysynyt samana. Tämä johtuu asiantuntijoiden mukaan (esim. Peterson 1986) avohakkuiden jälkeisten uudistamistoimenpiteiden laiminlyönnistä yksityismetsissä, metsämaan siirtymisestä muihin käyttömuotoihin sekä luonnonpoistuman lisääntymisestä. Tällä hetkellä hakkuiden määrä vastaa metsien nettokasvua havupuiden osalta. Mikäli 1960-luvulla alkanut hakkuiden tasainen lisääntyminen jatkuu, havupuutarat alueella pienenevät. Samankaltainen tilanne on edessä lehtipuiden kohdalla muutaman vuosikymmenen kuluttua. Kehitys voi johtaa puun hinnan kohoamiseen ja pakottaa harkitsemaan teollisuuden kapasiteetin supistamista.

Länsirannikon suurten puiden väheneminen on johtanut sahalaitosten, urakoitsijoiden ja konevalmistajien määrän supistumiseen. Metsien lisääntyvä virkistyskäyttö, maisemanhoito sekä ympäristöaktivistien jatkuvasti voimistuva painostus tulevat myös vaikeuttamaan länsiosien metsätaloutta ja -teollisuutta. Pitkällä aikavälillä alueen metsäteollisuus supistuu ja joutuu sopeutumaan nykyistä pienikokoisempaan puuraaka-aineeseen.

Järvialueen metsistä on keskimääräistä suurempi osa (25 %) osavaltioiden, piirikuntien ja kuntien omistuksessa. Koska alueen sijainti on lisäksi Keskilämmen tärkeän markkina-alueen suhteen edullinen ja etenkin lehtipuuta on runsaasti saatavilla edulliseen hintaan, alueella on viime vuosina panostettu voimakkaasti metsäteollisuuden kehittämiseen. Uusien tuotantolaitosten rakentamiseen ja vanhojen laajentamiseen on vuoden 1983 jälkeen investoitu 2,5 mrd USD. Hankkeista suurin on Champion International -yhtiön 500 milj. USD:n sellutehdas Michiganissa, joka on lisännyt kuitupuun kysyntää alueella huomattavasti.

Dollarin arvon heikkeneminen on parantanut Yhdysvaltain teollisuuden kilpailukykyä. Suurin hyöty on kohdistunut metsäteollisuuden osalta mekaaniseen metsäteollisuuteen, joka kotimaan markkinoilla kilpailee varsinkin kanadalaisen sahataran kanssa. Kilpailuasema Kanadan suhteen on parantunut lisäksi huomattavasti Kanadan suostuttua vuoden 1986 joulukuussa perimään 15 % vientimaksua Yhdysvaltoihin menevältä sahatavaralta. Yhdysvaltain mukaan Kanadan hallitus tukee sikäläistä metsäteollisuutta antamalla sille raaka-aineen lähes ilmaiseksi.

Valuuttamarkkinoiden kehitys parantaa myös kotimaisen kuitupuun menekkiä hillitsemällä massan ja paperin tuontia Euroopasta ja Etelä-Amerikasta. Yhdysvaltain massateollisuus pyöri ainakin vuoden 1986 alkupuoliskolla lähes täysillä, käyttöaste oli 94 % (Industrial Outlook 1987).

Koneurakoitsijat ja metsäteollisuus ovat tervehtineet ilolla vallitsevaa yhdysvaltalaisittain *alhaista korkotasoa* pääomamarkkinoilla. Toisaalta huonosti menestynyt vakuutusala on nostanut vakuutusmaksuja sekä heikentänyt erityisesti urakoitsijoiden taloutta (Johnson 1986).

Verotusuudistus heikentää ilmeisesti hieman USA:n massa- ja paperiteollisuuden kilpailukykyä. Koneiden laskennalliset poistoajat pitenevät, investointien verohuojennukset vähenevät ja puustopääoman arvon lisäys joutuu verolle (Industrial Outlook 1987). Verotusuudistus koskettaa myös urakoitsijoita. American Pulpwood Associationin mukaan (Johnson 1986) keskivertourakoitsijan nettotulot laskevat muutamia prosentteja uudistuksen vuoksi.

3. Puunkorjuuolot

31. Maasto

Maasto-olot vaihtelevat Yhdysvaltain eri osissa ja jopa yksittäisten osavaltioiden sisällä suuresti. Vaikeimpia alueita puunkorjuun kannalta ovat *vuoristot*. Appalakkien vuoristo Yhdysvaltain itäosissa (kuva 9) sekä erityisesti länsiosien Kaskadi- ja Kalliovuoret jyrkkine rinteineen asettavat suuria vaatimuksia korjuun suunnittelulle sekä teknisessä että ympäristönsuojelullisessa mielessä. Puiden poistaminen ja koneiden aiheuttamat maaperävauriot lisäävät eroosioriskiä. Avohakkuualueet näkyvät vuoristossa selvemmin ja kauemmaksi kuin tasamaalla.

Jääkausi käsitteli Pohjois-Amerikan pohjoisosia samaan tapaan kuin Pohjois-Eurooppaakin. Tästä syystä Koillisvaltioiden ja Suurten järvien alueen vaihteleva metsämaasto mäkiin, harjuineen ja kivineen muistuttaa suomalaista pinnanmuodostusta. Alueelta löytyy myös jonkin verran soita, mutta ne on yleensä jätetty metsätalouden ulkopuolelle.

Etelävaltioiden metsät ovat pääasiassa tasaisia ja kivettömiä hiekkamaita (kuva 10). Paikallisesti saattaa esiintyä huomattavaakin mäkisyttä, mutta rinteet eivät ole kovin jyrkkiä. Veden vaivaamien hiesu- ja silttimaiden huono kantavuus aiheuttaa usein ongelmia. Runsaat *sateet* voivat ajoittain vaikeuttaa puunkorjuuta myös paremmin vettä läpäisevillä mailla.



Kuva 9. Appalakkien vuoristo muodostuu rinnakkaisista vuorijonoista.



Kuva 10. Etelävaltioiden rannikko on tasaista hiekka- ja hiesumaata.

32. Hakkuutavat

Avohakkuu on yleisin hakkuutapa. Esimerkiksi USA:n metsähallituksen työmaista 75 % on avohakkuutyömaita ja 25 % työmaita, joilla jätetään muutamia satoja runkoja hehtaarille siemen- tai suojuksiksi. Koska metsiä ei yleensä ole harvennettu, ne ovat usein erittäin tiheitä ja puustoltaan epätasaisia (kuva 11).

Työmaat ovat Yhdysvalloissa huomattavasti suurempia kuin Suomessa. Valtion metsissä suurin sallittu avohakkuualueen koko on 15 . . . 40 ha, eikä työmaiden keskikoko noista hoitoalueittaisista maksimiarvoista paljon poikkea. Metsäteollisuuden omistamissa metsissä voidaan samalla työmaalla työskennellä useita kuukausia. Yksityismetsissäkin yli 10 hehtaarin hakkuuala on tyypillinen. Suomessa avohakkuualueet ovat metsälöiden pienestä koosta johtuen keskimäärin alle kahden hehtaarin laajuisia.

Kertymät avohakkuualoilla ovat yleensä 170 . . . 225 m³/ha, mutta Appalakkien lehtimetsistä voidaan poikkeuksellisesti saada jopa 700 m³/ha ja länsirannikon vuoristometsistä peräti 1 200 m³/ha. Suomessa hakkuukertymä on avohakkuissa yleensä 90 . . . 200 m³/ha ja harvennuksissa 30 . . . 120 m³/ha.

Harvennushakkuitten lisäämistä suositellaan painokkaasti erityisesti Etelän mäntyviljelmille sekä pohjoisen lehtimetsiin (Godman 1986). Tällä hetkellä harvennukset ovat kuitenkin suhteellisen harvinaisia. Niitä tehdään yleensä vain sellaisilla mäntyviljelmillä, joilla pyritään tuottamaan sahapuuta. Etelävaltioissa tällaiset viljelmät harvennetaan noin 12 vuoden iässä, jolloin puun rinnankorkeusläpimitta on noin 16 cm. Viljelmien tiheys on istutusvaiheessa noin 1 400 runkoa/ha (istutusväli 2,4 m × 3,0 m). Puista poistetaan ensiharvennuksessa noin joka kolmas, jolloin tyypillinen hakkuukertymä on 40 . . . 50 m³/ha. Ennen noin 35 vuoden iässä tapahtuvaa päätehakkuuta viljelmät voidaan harventaa vielä 2 tai 3 kertaa. Sekä rivi- ja alaharvennusten yhdistelmät ovat yleisiä. Pääosa



Kuva 11. Tavaralajimenetelmällä korjattava 40 hehtaarin avohakkuualue Michiganissa. Kertymä on 115 m³/ha, josta valtaosa on banksinmäntyä.

esimerkiksi Etelävaltioiden viljelmistä tähtää kuitenkin kuitupuun tuotantoon noin 22 vuoden kiertoaajalla, jolloin harvennuksia ei tehdä.

Puuston kasvattaminen eri-ikäisenä on tyypillistä pohjoisen puuntuotantoalueen lehtimetsissä erityisesti silloin, kun valtapuuna on varjostusta hyvin kestävä sokeri-vaahtera. Hakkuissa poistetaan tällöin suurimmat, tietyn läpimittarajan ylittävät puut, mutta samalla harvennetaan myös kaikkien muiden läpimittaluokkien puita halutun, optimaalisen läpimittaluokkajakauaman ja puulajikoostumuksen säilyttämiseksi. Metsien luontainen uudistuminen onnistuu näillä alueilla erinomaisesti. Alhaisen kantohintatason vuoksi metsänviljely ja taimikoiden harvennus ovat taloudellisesti raskaita.

Valtamenetelmänä olevan avohakkuun ohella pohjoisen havumetsissä käytetään *määrämittaharsintaa*. Noin 30 vuoden välein metsästä haetaan suurimmat puut. Ajourat, joiden leveys on 4 . . . 6 metriä, sijoitetaan 20 metrin välein. Kertymä on yleensä noin 150 m³/ha. Kiinnostusta on herättänyt myös *kaistalehakkuu*, josta kanadalaisilla on hyviä kokemuksia erityisesti mustakuusen uudistamisessa. Kaistaleiden leveydet vaihtelevat välillä 20 . . . 200 m. Väliin jäävän siementävän kaistaleen leveydeksi suositellaan puolta hakattavan kaistan leveydestä (Begin 1986 ja Jeglum 1982).

33. Puutavaralajit

Kaupallisesti tärkeitä puulajeja on Yhdysvalloissa pitkälti toista sataa. Kaupallisia nimiä sahatavaralle on vain noin 40, sillä esimerkiksi 30 tärkeintä tammilajia on ryhmitelty kolmen kaupallisen nimen alle.

Tukkipuu toimitetaan tuotantolaitoksille yleensä pölkkyinä, joiden pituus voi vaihdella 250 cm:n sorvipölleistä 20 metrin pituisiin rungonosiin. Jotkut sahat ja vaneritehtaat ottavat puut vastaan kokorunkoina. Tukkién minimilatvaläpimitat vaihtelevat tuotantolaitoksittain ja puulajeittain, mutta 25 cm vaikuttaa melko yleiseltä. Kaikilla puuntuotantoalueilla on kiinnostusta myös pienempién puiden käyttöön sahateollisuudessa. Pikkutukkisahoilla valmistetaan usein 2,4 metrin mittaista 5 cm × 10 cm havusahatavaraa talonrakennusteollisuudelle. Tukkién kuitupuuksi menevä osa haketetaan. Pelkkahakkurit ovat yleisiä.

Kuitupuu tulee tehtaalle runkoina, pölkkyinä tai hakkeena. Pyöreän kuitupuun minimilatvaläpimita on 8 . . . 10 cm. Monissa tapauksissa tehtaat on alunperin suunniteltu lyhyttä, 1,2 tai 2,4 metristä kuitupuuta käyttäviksi (kuva 12). Kun puun vastaanoton ja alkukäsittelyn vaatimat investoinnit jäävät usein prosessitekniiikan investointien jalkoihin, ei ole voitu siirtyä toivotussa tahdissa tehokkaaksi ja edulliseksi havaittuun runkojen kaukokuljetukseen. Runkojen vastaanottoon siirytään kuitenkin parin kolmen tehtaan vuosivauhdilla. Melko usein tämä tosin merkitsee vain katkontapöydän hankkimista, jolloin lyhyelle määrämittaiselle puulle suunnitellut kuorimarummut sekä vesi- tai ketjukuljettimet, joissa pölkkyt ovat poikittain kuljetussuuntaan nähden, aiheuttavat jatkossakin syöttöhäiriöitä (kuva 13).

Jalostukseen menevä *metsähake* valmistetaan karsimattomasta tai karsitusta puusta. Erityisesti Etelävaltioissa kehitellään myös mäntyjen kuorimista ketjukuorimakoneilla ennen haketusta.

Suurilla metsäteollisuusyrityksillä on usein *puutavaraterminaaleja*, joihin puu tulee runkoina. Rungot katkotaan joko kuoripäällisinä tai kuorittuina. Kuorittu kuitupuu mahdollisesti haketetaan ja puutavaralajit toimitetaan edelleen tuotantolaitoksille. Koulutettua työvoimaa käyttäen rungot voidaan jakaa tavaralajeihin jatkojalostuksen kannalta edullisemmin kuin metsässä. Terminaalit toimivat myös erikoispuutavaralajien keräilyasemina. Koska tuotantolaitokset sijaitsevat usein kaupunkien keskustoissa, missä maa on kallista, maaseututermiinaaleja käytetään myös varastoalueina.



Kuva 12. Westvaco-yhtiön kartonkitehtaalla Länsi-Virginiassa pyöreä puutavara katkotaan 2,4 metrin mittaisiksi pölkkyiksi ja varastoidaan 12 metrin korkuisiin kasoihin.



Kuva 13. Häiriö puun syötössä on pysäyttänyt puun vastaanoton alabamalaisella tehtaalla. Autojono on noin kahden kilometrin mittainen.

34. Urakoitsijat

Vuonna 1986 puunkorjuu työllisti 85 600 henkilöä, joista 72 900 oli varsinaisessa tuotannollisessa toiminnassa. Metsäalan urakoitsijoita on Yhdysvalloissa arviolta 15 000. Urakoitsijoiden palvelusten arvo puun hinta mukaan luettuna oli 9,4 miljardia USD (Industrial Outlook 1987). Puutavaran teko ja lähikuljetus työllistävät Suomessa keskimäärin noin 17 000 henkilöä (Metsätilastollinen . . . 1987). Metsäkoneurakoitsijoita on noin 2 000.

Urakoitsija-käsitteen alle mahtuu Yhdysvalloissa sekä yhden koneen omistavia osa-aikaisia sekatyömiehiä että satojen miljoonien arvoisen korjuukaluston omistajia. Urakoitsijoiden toimintatavat ovat myös toisistaan poikkeavia. Pienet urakoitsijat voivat olla suurempien aliurakoitsijoita, ja suurliikemiehet pyörittävät suomalaisen metsäteollisuusyrityksen metsäosaston kokoista puunhankintayritystä. Urakoitsija ostaa usein puut pystykaupalla metsähallitukselta, yrityksiltä tai yksityisiltä metsänomistajilta, organisoii korjuun ja markkinoi puut tuotantolaitoksille suoraan tai välittäjien avulla.

Keskivertourakoitsija on vähän yli nelikymmenvuotias ja työskennellyt alalla kolmesta vuotta. Hän työllistää alle kymmenen henkeä. Korjuukaluston arvo on yli 200 000 USD. Alueilla, joilla korjuuolot ovat vaihtelevia, on vaarana ylikoneellistuminen: kaikkiin olosuhteisiin pitäisi olla sopivaa kalustoa. Yhdysvalloissa urakanantajat eivät suomalaisen tapaan ohjaa urakoitsijoita tietyn tyyppisen kaluston hankkimiseen.

Etelävaltioissa keskimääräinen urakoitsija työllistää 2 . . . 3 henkeä. Työryhmissä hakkuun sekä lähi- ja kaukuljetuksen tuottavuus on keskimäärin 10 m³ miestyöpäivässä. Urakoitsijoista vain joka toisella on käytössään lähikuljetuskalustoa. Pienimmät, usein osa-aikaiset urakoitsijat kuljettavat puut tavaralajeina kan-

nolta tehtaalle kuorma-autolla. Lähikuljetuskalustosta 20 % on kuormaakantavia metsätraktoreita ja 80 % laahustraktoreita (Pulpwood Statistics 1986).

Etelävaltioissa tehokkaimmat urakoitsijat tuottavat koneellisten puunkorjuumetelmien avulla arviolta 80 % alueen puuraaka-aineesta, vaikka heidän palveluksessaan on vain noin 15 % metsätyövoimasta. Työntekijöitä näillä urakoitsijoilla on keskimäärin 10, ja työn tuottavuus korjuussa ja kaukokuljetuksessa on keskimäärin 20 m³ miestyöpäivässä. Pääosa kaukokuljetuksesta tapahtuu runkoina (85 %), mutta oma osuutensa on myös hakkeella (9 %) ja tavaralajeilla (6 %).

35. Työvoima

Koneellistuminen on viime vuosikymmenen aikana ollut nopeata. Tämä johtuu suurelta osin vaikeuksista saada työvoimaa moottorisahalla suoritettavaan hakkuutyöhön. Koneiden käytön lisääntymisen myötä puunkorjuun parissa työskentelevien ammattimiesten sosiaalinen arvostus on kasvanut erityisesti koneenkuljettajien osalta. Hakkuumiesten arvostus on edelleenkin melko alhainen. Sitä pyritään kohottamaan mm. järjestämällä moottorisahauskilpailuja skandinaaviseen malliin. Ammattitaitoisesta työvoimasta on edelleen pulaa kaikkialla maassa. Erityisen vaikea tilanne on länsiosien vuoristometsissä. Kouluttamattoman työvoiman käyttäminen aiheuttaa tapaturmia, joiden seurauksena vakuutusmaksut ja sitä kautta koko puunkorjuu kallistuvat. Turvavarusteet ovat kypärää lukuun ottamatta harvinaisia. Varsinkin Etelävaltioissa puutteita saattaa tosin esiintyä myös kypärän käytössä (kuva 14).

Metsäalan *ammattillista koulutusta* ei ole järjestetty. Uusilla koneenkuljettajilla onkin aina edessään ainakin kuusi kuukautta kestävä harjoitteluvaihe, jonka aikana työn tuottavuus jää melko alhaiseksi. Länsirannikon osavaltioissa työnantajan on osavaltioiden lakien mukaan järjestettävä uusille metsätyöntekijöilleen lyhyt peruskoulutus.

Yhdysvalloissa on myös muutamia skandinaavista alkuperää olevia hakkuutyön *konsultteja*, jotka opettavat työtekniikkaa ja työsuojelua metsätyöntekijöille sekä markkinoivat usein samalla mm. pohjoismaisia hakkuun työ- ja suojavälineitä. Heidän palveluksiaan käyttävät useimmiten metsäteollisuusyritykset ja suururakoitsijat. Pienemmille organisaatioille tällainen koulutus on liian kallista, sillä se voi maksaa jopa 4 000 mk päivässä.

Palkkaus sovitaan työnantajan ja työntekijän kesken. Aika- ja urakkapalkka sekä näiden yhdistelmät ovat kaikki yleisesti käytössä. Yritysten ja urakoitsijoiden maksamat tuntipalkat vaihtelevat välillä 5 . . . 13 USD/h tehtävien vaatimustason mukaan. Vuonna 1986 metsätyöntekijöiden keskipalkka oli 8,98 USD/h (Industrial Outlook 1987). Perustason ylittävistä suorituksista maksettavat lisäkorvaukset ovat yleisiä erityisesti puutavaran manuaalisessa hakkuussa sekä koneellisessa kaadossa ja karsinnassa. Suora urakkapalkka voi perustua joko yksilöiden tai koko työryhmän työsuoritukseen. Suomessa metsureiden keskimääräinen päiväansio oli 260 mk vuonna 1985 (Metsätilastollinen . . . 1987). Koneenkuljettajien palkat olivat samana vuonna 30 . . . 40 mk/h.

Sosiaalikulutukset vaihtelevat osavaltioittain. Tärkein komponentti on sosiaalivakuutus, joka on metsätaloudellisesti merkittävässä osavaltioissa 17 . . . 51 % palkkakustannuksista (Hensel 1987).



Kuva 14. Suojavälineiden käyttö on puutteellista erityisesti Etelävaltioissa.

36. Puunkorjuutyön luonne

Yksi urakoitsija huolehtii puun kulusta kannolta tehtaalle saakka. Useimmiten kaikki korjuuketjun työvaiheet ovat käynnissä samanaikaisesti. Kun työ sujuu häiriöttä, puu voidaan saada kannolta tehtaalle jopa saman päivän aikana. Yhden koneen rikkoutuminen voi kuitenkin pysäyttää koko ketjun, ellei varakoneita tai korjausautoa ole käytettävissä. Puunkorjuuseen liittyy kiinteästi yksinkertaisten metsäteiden rakentaminen. Korjuu-urakoitsijat käyttävät joko omaa maanrakennuskalustoa tai aliurakoitsijoita.

Työ on usein *kausiluontoista*. Koneiden vuotuisen käyttöajan arvioidaan yleensä olevan 1 200 . . . 1 300 tuntia, kun vastaava luku Suomessa on metsäkoneiden osalta 2 400 h/a. Erilliskuormaimia käytetään noin 800 . . . 1 000 tuntia vuodessa, ja hakkureita noin 1 500 h/a. Sateiden tai lumen aiheuttama kelirikko on yleisin syy pitkäaikaisiin taukoihin puunkorjuussa.

37. Kustannustaso ja -rakenne

Kantohintataso on Yhdysvalloissa huomattavasti alhaisempi kuin Suomessa. Lehtikuitupuun tyypillinen kantohinta on 1 . . . 4 USD/m³. Havukuidusta maksetaan puolestaan 2 . . . 6 USD/m³. Lehtipuutukkien kantohinta on 18 . . . 26 USD/m³ ja havutukkien 25 . . . 30 USD/m³. Erikoistuotteista voidaan maksaa korkeitakin hintoja, jopa yli 100 USD/m³. Kantohinnat vaihtelevat markkinatilanteen mukaan nopeasti ja voimakkaasti.

Metsähallituksen metsistä korjatun puun kantoraha-arvo on keskimäärin 13 USD/m³. Ostaja maksaa puusta kuitenkin vain keskimäärin 10,4 USD/m³, sillä hän

saa hyvitystä hakkuualueelle rakentamistaan metsäteistä, hakkuutähteiden poistosta sekä maanpinnan muokkauksesta (Report of . . . 1986).

Tuotantolaitoksilla on usein kiinteät hinnat ostettaville puutavaralajeille. Maksuperusteena on sahoilla ja vaneritehtailla yleensä puuerän tilavuus tai tuorepaino. Levy- ja massateollisuudessa maksu määräytyy tuorepainon perusteella. Puusta tehtaalla saatavalla hinnalla urakoitsija kattaa kantohinnan sekä korjuu- ja kaukokuljetuskustannukset. Urakoitsijan liikevoitto riippuu siten ratkaisevasti esim. korjuuolosuhteista ja kuljetusmatkasta. Joillakin tehtailla on käytössä kuljetusmatkan perusteella porrastettu hintajärjestelmä kaukokuljetuskustannusten tasaimiseksi.

Korjuu- ja kaukokuljetuskustannusten määrittäminen on ongelmallista, koska puunkorjuusta vastaavat urakoitsijat haluavat pitää kustannuksensa omana tietonaan. Sellaiset yritykset, jotka huolehtivat itse puunkorjuustaan, arvioivat korjuu- ja kaukokuljetuskustannusten olevan välillä 8 . . . 13 USD/m³. Suomalaisiin korjuukustannuksiin verrattuna alhaiseen kustannustasoon päästään, koska työmaat ovat yleensä suuria avohakkuita, joista puuta saadaan pinta-alaan nähden paljon, ja koska kaadon koneellistamisaste on koneiden edullisten hintojen ansiosta korkea. Runkojen ja pölkkyjen keskimääräinen tilavuus on myös huomattavasti suurempi kuin Suomessa, koska puusto on järeätä ja läpimittavaatimukset ovat erilaiset.

Heikkerön (1986) mukaan Etelävaltioissa *tehdashinta* oli vuonna 1985 havutukeilla 45 ja lehtikuidulla sekä havuhakkeella 26 USD/m³. Taulukossa 4 on esitetty esimerkki sahatukin ja kuitupuun tehdashinnan rakenteesta Etelävaltioissa vuonna 1982 (Heikkerö 1986).

Suomessa tukkien keskimääräinen tehdashinta oli vuonna 1986 noin 290 mk/m³. Tehdashedinnasta kantohinnan osuus on 65, korjuun 15, kaukokuljetuksen 12 ja yleiskustannusten 8 %. Kuitupuun tehdashedinnasta (230 mk/m³) vastaavat osuudet ovat 37, 34, 20 ja 9 % (Pölkki 1986).

Taulukko 4. Esimerkki sahatukin ja kuitupuun tehdashinnan rakenteesta Etelävaltioissa vuonna 1982 (Heikkerö 1986).

Kustannustekijä	Osuus tehdashedinnasta, %	
	Tukki	Kuitu
Kantohinta	55	31
Korjuu	19	35
Kuljetus	11	21
Tiet	2	4
Välittäjä	10	4
Yleiskustannukset	3	5
Tehdashedinta (USD)	100 (42)	100 (22)

4. Korjuukalusto

Puunkorjuun koneet ovat Yhdysvalloissa yksinkertaisia, kestäviä ja hinnaltaan edullisia. Koneissa on usein umpinaisen ohjaamon sijasta vain turvakaaret ja sadekatos. Ohjaamon ergonomiaan kiinnitetään melko vähän huomiota. Varsinaisia turvallisuusnormeja ei koneiden suunnittelussa käytetä, mutta valmistajan tuotevastuu on laaja. Valmistaja joutuu esimerkiksi korvaamaan koneen käytöstä aiheutuneen tapaturman uhrille tapaturman aiheuttamat kustannukset, mikäli koneen vaarallisia ominaisuuksia ei ole tuotu riittävän hyvin esille käyttöohjeessa.

Tässä luvussa esitettävien tietojen pääasialliset lähteet ovat 1986 Timber Harvesting Equipment Costs (1987), Forestry Handbook (Wenger 1984) sekä kone-esitteet ja suulliset tiedonannot. Koska puunkorjuuolot vaihtelevat suuresti jopa yhden osavaltion sisällä ja työvoiman ammattitaidossa on suuria eroja, tulee esitetyt tuotoslukuja pitää vain suuntaa-antavina. Työvoimakustannukset eivät sisälly koneitten käyttötuntikustannuksiin.

41. Puutavaran teko

411. Kaato

Moottorisaha on puunkorjuun perustyökalu. Yhdysvalloissa käytetään pääasiassa samoja ruotsalaisia, saksalaisia ja amerikkalaisia sahamerkkejä kuin Suomessakin. Sahojen iskuutilavuus vaihtelee välillä 55 . . . 115 cm³, teho välillä 2,5 . . . 5,0 kW ja laipan pituus välillä 40 . . . 138 cm. Ammattilaissahan saa noin 635 USD:llä. Sahan käyttökustannukset ovat 4,24 USD/h.

Yksinkertainen *kaatokone* saadaan, kun traktoriin kiinnitetään hydraulisesti liikuteltava leikkuuterä (kuva 15). Näillä koneilla suurin leikkausläpimitta on havupuilla 35 . . . 50 cm ja kovilla lehtipuilla 25 . . . 35 cm. Puun kaatumissuuntaa ei tällöin voida varmasti määrittää etukäteen. Puita ei myöskään voida kasata. Tällaisia koneita on vielä runsaasti käytössä erityisesti Etelävaltioissa. Laitteiden sarjavalmistus on kuitenkin lopetettu.

Suurin osa kaatokoneista on pyörälustaisia koneita, joissa on keräilylaitteella varustettu leikkaava kaatopää. Koneita käytettäessä joudutaan ajamaan puun tyvelle. Pienimmissä koneissa on peruskoneena *pienraktori* (kuva 16) ja ne soveltuvat vain tasaiseen kivettömään maastoon. Pienraktorisovitteisten koneiden osuus näyttää kuitenkin olevan pienenevässä.

Erityisesti harvennusten kaatokoneeksi suunniteltu Morbarkin *kolmipyöräinen* Morbell (kuva 17) liikkuu erittäin sulavasti helpossa maastossa. Alunperin eteläaafrikkalaista konetta on kehitelty edelleen Yhdysvalloissa. Ergonomialtaan kone ei vastaa suomalaisia vaatimuksia, mutta uusimmissa malleissa kuljettajan oloa helpottaa sentään ilmastointilaitte. Tuotostaso harvennushakkuussa on 60 m³ päivässä. Koneen hinta oli syksyllä 1986 USD 60 000 ja käyttökustannukset ilman kuljettajaa 25 USD/h. Myös muut konevalmistajat ovat ottaneet kolmipyöräisiä kaatokoneita tuotevalikoimaansa.

Kaatokoneiden valmistajia ja malleja on useita. Ehkä suosituimmaksi on viime vuosina noussut Hydro-Ax (kuva 18), jonka maasto-ominaisuuksia, tuottavuutta ja luotettavuutta pidetään erittäin hyvinä. Pyörälustaisten kaatokoneiden moottorit ehot vaihtelevat välillä 50 . . . 96 kW. Koneet maksavat 70 000 . . . 114 200 USD. Leikkaavien kaatokoneiden ajanmenekki on yleensä 0,30 . . . 0,45 min/puu. Ajanmenekki kasvaa kaksinkertaiseksi, jos työskennellään rinteillä, joiden kalte-



Kuva 15. Kaatoterällä varustettu Timberjack 450 A -laahusjuontotraktori.



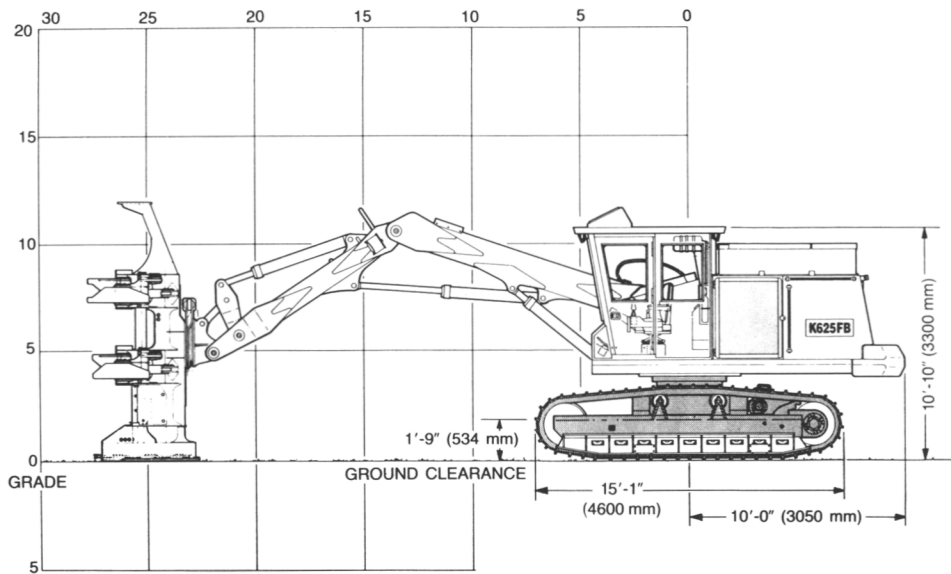
Kuva 16. Bobcat -pienetraktori kaatokoneena.



Kuva 17. Kolmipyöräinen Morbell -kaatokone.



Kuva 18. Hydro-Ax 411B -kaatokone.



Kuva 19. Tela-alustainen Koehring K625FB -kaatokone. Ruudukon mittayksikkö on jalka (305 mm).



Kuva 20. Vuoristometsiin tarkoitettu Tree Power -kaatokone.



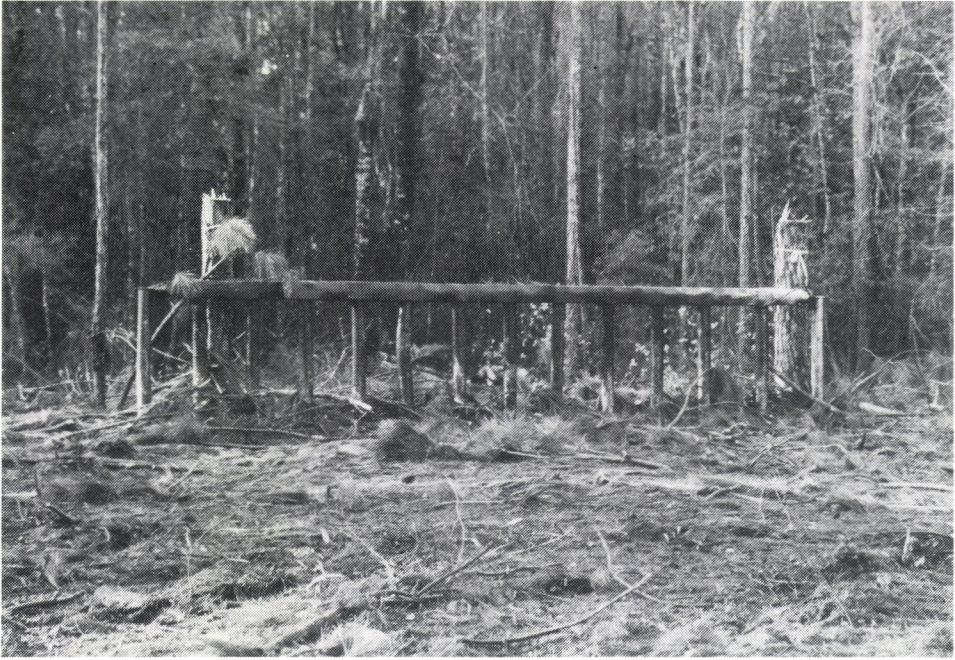
Kuva 21. Koehring K2FF -kaatojuontokone.

vuus on 15 . . . 20 %. Käyttötuntikustannukset ovat suuruusluokkaa 30 . . . 43 USD/h.

Erityisesti Luoteisvaltioiden vuoristometsissä tarvitaan kaatokoneita, jotka pystyvät liikkumaan jyrkillä rinteillä ja käsittelemään suuria puita. Toisaalta esimerkiksi Koillisvaltioiden alueella maaston vaihtelevuus ja kivisyys vaikeuttavat koneen pääsyä kaadettavan puun luokse. Tällaisissa tapauksissa voidaan käyttää telaita tai pyörälustaisia koneita, joissa kaatolaite on sijoitettu hydraulisesti liikuteltavan puomiston päähän (kuva 19).

Kaivinkonealustaisten kaatokoneiden lisäksi on markkinoilla kehittyneitä koneita, joiden ohjaamo-osa voidaan pitää vaakatasossa 50 . . . 70 %:n kaltevuuteen asti joko manuaalisesti tai automaattisesti (kuva 20). Timbco ja Tree Power -kaatokoneita on käytössä muutamia kymmeniä. Ne pystyvät työskentelemään rinteillä, joiden kaltevuus on jopa 100 . . . 150 %. Suurin kantoläpimitta on 50 . . . 70 cm. Koneet painavat 20 . . . 32 t ja maksavat 150 000 . . . 300 000 USD.

Pohjois-Amerikassa suhtaudutaan periaatteessa kielteisesti leikkaavan kaatopään käyttöön tukkipuiden korjuussa, koska se aiheuttaa tukin tyvipäähän halkeamia. Tässä suhteessa pyörö-, ketju- ja kartiosahat ovat vaarattomampia (Folkema & Melgren 1982 ja Folkema 1984). Kanadalainen Koehring K2FF -kaato-kuljetuskone (kuva 21) kaataa puut pyörösahalla varustetulla kaatopäällä ja kuljettaa ne välivarastolle kuormatilassaan. Koneen massa on 21 t, ja se maksaa 336 000 USD. Tuotostaso on noin 15 m³/h, kun puiden keskikoko on 0,170 m³ ja kuljetusmatka 200 m. Kaato-juontokoneitten käyttö ei kuitenkaan ole erityisen yleistä, sillä kallis kaatolaite ei tuota mitään kuljetusvaiheen aikana.



Kuva 22. Kyljelleen kaadettuja tikapuita muistuttava teräksinen karsintakehikko on yleinen apuväline mäntyjen karsinnassa Etelävaltioissa.

412. Karsinta ja katkonta

Puiden karsinnassa ja katkonnassa käytetään moottorisahoja, prosessoreita, karsimakoneita ja katkontakoneita. Etelävaltioiden mäntyjen helposti katkeavat oksat voidaan tehokkaasti karsia työntämällä puut esimerkiksi kourajuontotraktorin avulla latva edellä *karsintakehikon* läpi. Karsintakehikko, jonka leveys on 5 . . . 6 m, kiinnitetään maahan juntattuihin teräspaaluihin tai puihin (kuva 22).

Suomalainen Valmet 940 GP *-kuormainproessori* on yksi harvoista käytössä olevista palstalla liikkuvista karsinta- ja katkontakoneista (kuva 23). John Deere 444 -alustaisena koneen tuotos alabamalaisilla mäntyviljelmillä on noin 125 m³/pv.

Amerikkalaista prosessointitekniikkaa edustaa välivarastolla toimiva Hahn (kuva 24). Se on itsekulkevalle alustalle rakennettu sykesyöttöinen *proessori*, joka pystyy käsittelemään kantoläpimitaltaan jopa 80 cm:n paksuisia puita. Suurin karsintaläpimitta on 50 cm ja pienin 10 cm. Koneetta käyttää kaksi miestä, joista toinen nostaa käsiteltävät puut linjalle koneen omalla kuormaimella ja toinen hoitaa karsinnan, apterauksen ja katkonnan. Lisävarusteena on mahdollista hankkia mittaus- ja katkonta-automatiikkaa. Koko yhdistelmä painaa 30 t. Laitteesta on olemassa myös pienempi, kuitupuun valmistukseen tarkoitettu malli.

Välivarastolla toimivat *karsintakoneet* ovat yleensä tela-alustaisia, sykesyöttöisiä liuku- tai teleskooppipuomilla varustettuja koneita, jotka karsivat kokonaisia runkoja ja katkaisevat ainoastaan latvan. Esimerkiksi Koehring K620DL -karsintakone (kuva 25) maksaa 267 000 USD ja karsii 160 . . . 180 puuta eli noin 32 m³ tunnissa, kun runkojen keskikoko on 0,2 m³. Karsintakoneista on sekä tela- että pyöräalustaisia versioita (kuva 26).



Kuva 23. John Deere 444 -alustainen Valmet 940 GP -kuormainprosessori.



Kuva 24. Hahn prosessori.



Kuva 25. Koehring K620DL -karsintakone.



Kuva 26. Timberjack 90 -karsintakone.



Kuva 27. CTR -katkontakone, Barko-kuormain ja Mack -puutavara-auto kuormauspaikalla.

Katkontakoneet ovat pyöro- tai ketjusahalla varustettuja laitteita, joita yleensä käytetään välivarastolla kuormauksen yhteydessä (kuva 27). Erillisen kuormaimen avulla tukit tai rankaniput nostetaan laitteen päälle, ja nipun pää painetaan tasaiseksi hydraulisesti pystyasentoon käännettävän taseuslevyn avulla. Sahaa pyörittää yleensä hydraulimoottori. Sahauksen aikana nippu pidetään paikoillaan kuormaimen kouran avulla. Valmiit, määrämittaiset niput nostetaan otetta vaihtamatta puutavara-autoon, puoliperävaunuun tai – rautateiden kuormauspaikoilla – rautatievaunuun.

42. Lähikuljetus

421. Laahusjuonto

Pyöroalustaiset laahustraktorit ovat syrjäyttäneet telakoneet lähikuljetuksessa nopeutensa ja ketteryytensä ansiosta. Tela-alustaisilla koneilla (esim. FMC ja Caterpillar) on kuitenkin oma paikkansa jyrkillä rinteillä ja huonosti kantavilla mailla.

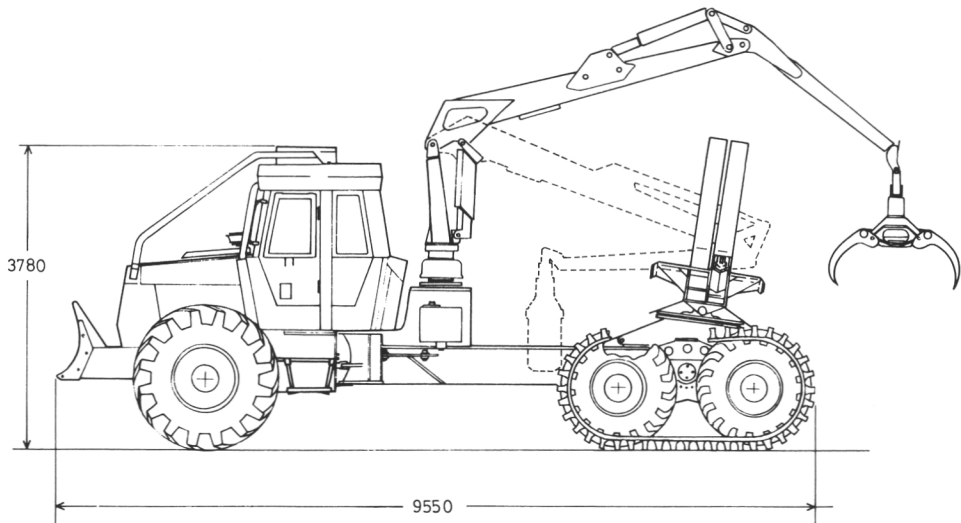
Vintturilla varustettu pyöroalustainen *vaijerijuontotraktori* (kuva 28) on erittäin yleinen pienten urakoitsijoiden työmailla. Puut kiinnitetään vetovaijeriin juontosilmukoiden avulla. Kun vetovaijeri on kelattu sisään, taakan etuosa jää vetovaijerin kannattamaksi. Vaikeassa maastossa voidaan vaijeri vapauttaa, ajaa traktori eteenpäin ja vetää taakka jälleen koneen luokse. Vaijerijuontotraktoreita valmistetaan useissa kokoluokissa. Pienimmät koneet, joiden teho on 50 . . . 60 kW, maksavat USD 53 000, ja suurimmat, teholtaan yli 100 kW:n koneet ovat hintaluokassa USD 94 000. Käyttötuntikustannusten vaihteluväli on USD 22 . . . 37.



Kuva 28. Tree Farmer -vaijerijuontotraktori.



Kuva 29. John Deere 640 -kourajuontotraktori.



Kuva 30. Mittapiirros Timberjack 520 A -puristuspankkotraktorista.

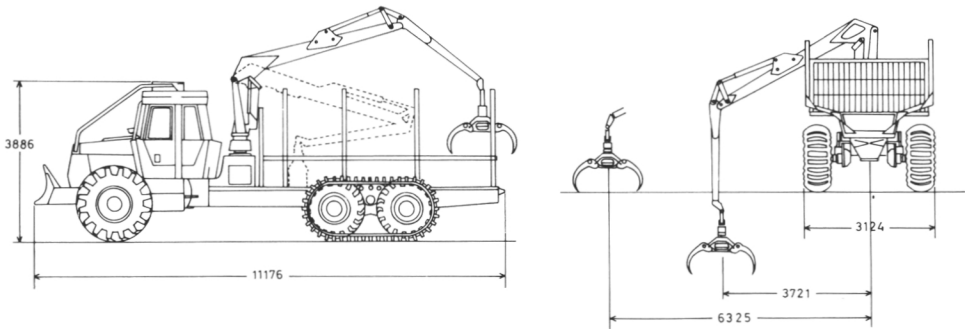
Kourajuontotraktori (kuva 29) tarttuu puukasaan hydraulisen juontokouran avulla ja nostaa puiden tyvet koholle kuljetuksen ajaksi. Kouralla varustetut laahustraktorit ovat tuntuvasti (14 000 . . . 20 000 USD) kalliimpia kuin vastaavan tehoiset vaijerijuontomallit, mutta kuormauksen ja purkamisen huomattava nopeutuminen tekee investoinnista kannattavan. Samalla työturvallisuus lisääntyy, kun työmaalla ei tarvitse liikkua jalkaisin kiinnittämässä ja irrottamassa juontosilmukoita. Kourajuontotraktoreiden taloudellinen käyttö edellyttää sopivia kokoisia kouraisuyksiköitä ja siten kaato-kasauskoneiden käyttöä. Koneet ovat tehokkaimmillaan lyhyillä, alle 150 metrin kuljetusmatkoilla. Käyttötuntikustannukset ovat 30 . . . 43 USD.

Puristuspankkotraktoreita käytettäessä puiden tyvet nostetaan kuormaimen avulla takarungon päälle asennetulle puristuspankolle (kuva 30). Suuri vetovoima mahdollistaa jopa 20 m³:n kuormat, ja kone soveltuukin parhaiten suurille puille ja pitkille kuljetusmatkoille. Eniten tämäntyyppisiä koneita on Koillis- ja Luoteisvaltioissa. Puristuspankkotraktorit ovat 160 000 USD:n hintaluokassa. Käyttötuntikustannukset ovat noin 60 USD. Käytössä on myös muutamia puristuspankkokoneita, jotka on varustettu kaatopäällä.

Kanadassa jo yli 80 laahustraktoria on saanut alleen 125 . . . 170 cm:n levyiset erikoisrenkaat. Niitä käyttämällä pystytään parantamaan koneiden kulkuominaisuuksia huonosti kantavilla mailla ja rinteillä. Koneiden tuotostaso on kohonnut eräissä tapauksissa jopa 60 %, ja samalla polttoaineen kulutus on laskenut 40 %. Renkaiden hinnat ovat kaksinkertaiset tavanomaisiin verrattuna. Ne eivät sovellu harvennuksiin eivätkä lumiolosuhteisiin ja puhkeavat tavallisia renkaita helpommin erityisesti pakkassäällä. Leveitä renkaita käytettäessä joudutaan myös vahvistamaan akseleita ja vaihteistoa (Melgren & Heidersdorf 1984 ja Heidersdorf & Ryans 1986). Leveärenkaisia traktoreita on jonkin verran käytössä myös Yhdysvalloissa.



Kuva 31. Iron Mule 5510 -kuormatraktori.



Kuva 32. Timberjack 520 A -kuormatraktori.

422. Kuormajuonto

Yhdysvalloissa valmistetut kuormatraktorit on suunniteltu lyhyen puutavaran lähikuljetukseen helppossa maastossa. Traktorit ovat kaksiakselisia, nelipyörävetoisia ja runko-ohjattuja. Moottoriteho on 45 . . . 75 kW. Kuormainten ulottuvuus on yleensä alle 5 metriä. Kuormatilaan sopii 2,4 metrin pituisia puutavaraa 5 . . . 8 m³. Käyttökunnossa koneiden massa on 6 . . . 9 t. Koneiden hinnat ovat noin USD 63 000, ja käyttötuntikustannukset noin USD 32. Yleisin merkki on Gafnerin valmistama Iron Mule (kuva 31).

Kanadalainen Timberjack puolestaan valmistaa 520 A -traktoristaan myös kuormajuontoversiota (kuva 32), jonka kuljetuskyky on 13,5 t. Koneen oma massa on 19 t.

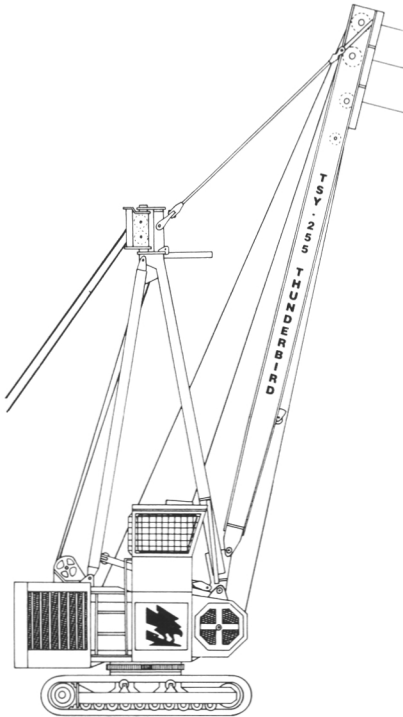
423. Köysiradat

Köysiradat ovat puunkorjuun arkipäivää Yhdysvaltain vuoristoalueilla. Hydraulisesti tai mekaanisesti toimivissa *vinttureissa* on yhdestä neljään rumpua. Voimanlähteenä on yleensä dieselmoottori, jonka teho vaihtelee välillä 70 . . . 520 kW. Laitteiden kokonaispainot ovat moottoritehosta ja rumpujen lukumäärästä riippuen 1 . . . 22 t. Vintturit on useimmiten asennettu puoliperävaunun, tela-ajoneuvon tai kuorma-auton alustalle (kuvat 33 ja 34). Jotta taakoihin saataisiin kohdistumaan riittävä noste esteiden ylittämiseksi ja maastovaurioiden vähentämiseksi, vinttureiden yhteydessä käytetään tornirakennelmia, joiden korkeus on 10 . . . 37 metriä.

Kun kuljetusmatka on pitkä tai rinne jyrkkä, käytetään erillistä *kannatinvaijeria* ja sitä pitkin liikkuvaa *rullavaunua*. Yksinkertaisimmissa rullavaunuissa on yksi tai kaksi rissaa sekä runko kiinnityslenkkeineen veto- ja juontovaijereita varten. Suurimmissa vaunuissa on oma jopa yli 120 kW:n moottori ja vintturi sivulta ratalinjalle tapahtuvaa esijuontoa varten sekä lukitusjärjestelmä vaunun pitämiseksi paikoillaan esijuonnon aikana. Toimintoja ohjataan radiolla. Vaunu saattaa painaa 3 . . . 4 t.

Juontokouralla varustettuja vaunuja voidaan käyttää lyhyillä kuljetusmatkoilla juontosilmukoiden korvaajina. Kouran toimintaa ohjataan mekaanisesti vaijerin avulla tai radioteitse, mikäli vaunussa on oma voimanlähde.

Köysiradoissa yleisimmin käytetyissä *teräsköysissä* on kuusi teräslankakimppua, joista jokaisessa on 19 teräslankaa. Sekä normaali- että langinpunontaisia köysiä



Kuva 33. Thunderbird TSY-255 -juontolaite.



Kuva 34. Maanrakennustöissä käytetystä vintturista rakennettu kuorma-autoalustainen vaijerijuontolaite Appalakkien vuoristossa.

käytetään. Langinpunontaisessa köydessä teräslangat on punottu samaan suuntaan kuin kimput. Päinvastaisessa tapauksessa on kyseessä normaalipunontainen köysi. Langinpunontainen köysi on näistä kahdesta joustavampi ja se kestää paremmin vääntymistä, mutta samalla se vaurioituu normaalipunontaista helpommin, kun sitä puristetaan tai kierretään.

Kannatinvaijereiden paksaus on yleensä 25 . . . 48 mm, vetovaijereiden 25 . . . 32 mm ja tukivaijereiden 22 . . . 32 mm. Laahustraktoreiden vinttureissa on useimmiten 22 . . . 25 mm:n paksuista vaijeria.

424. Helikopterit

Puunkorjuussa käytettävien helikoptereiden nostokyky vaihtelee välillä 2 . . . 11 t. Lämpimällä ilmalla ja korkealla vuoristossa nostokyky on huomattavasti alhaisempi. Moottoriteho helikoptereissa on 675 . . . 3 600 kW. Suurimpien koneiden polttoaineen kulutus on 1 500 l/h.

425. Ilmapallot

Puunkorjuussa käytetyt ilmapallot on valmistettu neopreenivahvisteisesta dacronista. Heliumilla täytetty pallo, jonka tilavuus on noin 15 000 m³, pystyy nostaan noin 11 tonnin taakan. Nostokyky vaihtelee ilmanpaineen ja lämpötilan mukaan. Kun tuulen nopeus ylittää 13 m/s, pallon käsittely vaikeutuu ratkaisevasti.

Pallojen korkeat hinnat ja rajoitetut käyttöolosuhteet ovat pitäneet niiden käytön vaatimattomalla tasolla. Kustannuksia lisää myös pallon ympärivuorokautinen valvonta. Länsirannikon vuoristometsissä on kuitenkin muutamia ilmapallo-urakoitsijoita.

43. Kuormaus

Puutavaran kuormauksessa käytetään useimmiten *puoliperävaunualustaisia hydraulisia kuormaimia*. Alustakoneena voi myös olla itsekulkeva perävaunu, kuorma-auto tai telatraktori. Ohjaamo, puomisto ja koneen voimanlähde on asennettu kääntökehälle samaan tapaan kuin kaivinkoneissa. Kokopuita tai -runkoja kuormattaessa tyvet tuetaan puomin tukilevyyn.

Omaa kuormainta käyttävät puutavara-autot ovat harvinaisia. Poikkeuksen muodostavat vaijerikuormaimella varustetut pienet kuorma-autot, jotka ovat edelleen yleisessä käytössä Etelävaltioiden pienten urakoitsijoiden keskuudessa.

Kuormauksessa voidaan käyttää myös *etukuormajia*. Ne vaativat kuitenkin huomattavasti suuremman varastoalueen ja kantavuudeltaan paremman maaston kuin muu kuormauskalusto. Länsirannikon suurten puiden kuormauksessa tarvitaan *vaijerinostureita*.

Kuormaakantavat metsätraktorit voivat purkaa lastinsa omalla kuormaimellaan suoraan varastolla odottavaan kuorma-autoon tai puoliperävaunuun. Kun lyhyttä kuitupuuta kuormataan siten, että pölkyt tulevat kohtisuoraan kulkusuuntaa vastaan, tarvitaan usein erillinen pölkyjen päiden tasastraktori (kuva 35). Toinen vaihtoehto on menetelmä, jossa kuorman sivut tasoitetaan ajamalla auto kahden jousitetun, pysty akselin varassa pyörivän pystysylinterin välistä.



Kuva 35. Puskulevyllä varustettua traktoria käytetään kuorman sivujen tasauksessa.

44. Haketus

Kokopuut tai rangat haketetaan välivarastolla. Hakkurit ovat puoliperävaunun tai itsekulkevan perävaunun alustalla. Syöttöaukon koko on 50 . . . 75 cm, hakkurin moottoriteho vaihtelee välillä 250 . . . 600 kW, ja hakkureiden massa on 14 . . . 30 t. Hakkurit pystyvät hyvissä oloissa täyttämään 23 tonnin hakeperävaunun 10 . . . 20 minuutissa. Tuotospotentiaali on 150 . . . 800 t/pv, mutta ainakin vuonna 1979 keskimääräinen tuotos jäi haketuksessa kuitenkin välivarastolla 32 000 ja terminaalissa 42 000 tonniin vuodessa (Altman 1980). Hakkureiden hinnat ovat suuruusluokkaa 150 000 . . . 225 000 USD ja käyttökustannukset 52 . . . 74 USD/h.

Jos haketta käytetään metsäteollisuuden raaka-aineena, voidaan hakkeen laatua parantaa piiskaamalla pienet oksat pois hydraulimoottorin pyörittämään tankoon kiinnitettyjen ketjujen avulla. Ketjukarsinta on kuitenkin harvinaista. Samalla periaatteella voidaan myös kuoria puut ennen haketusta (kuva 36).

45. Kaukokuljetus

Rankojen, lyhyen puutavaran ja hakkeen kuljetuksessa käytetään useimmiten 5-akselista kuorma-autoa, jossa on telillä varustettu puoliperävaunu. Kun autolla kuljetetaan pelkästään runkoja, vetovaunun runkoa pidennetään, ja sen päälle asennetaan kääntyvä pankko. Vetokoukkuun kiinnitetään vetoaisa, jonka toisessa päässä on teli ja sen kohdalla toinen pankko. Tyhjänä ajettaessa teli aisoineen ja pankkoineen kuljetetaan vetovaunun päällä (kuva 37). Etelävaltioiden pienura-koitsijat käyttävät vaijerikuormaimella varustettuja kuorma-autoja.



Kuva 36. Morbark 22 -hakkuri ja kokeilukäytössä oleva ketjukuorimakone.



Kuva 37. Runkojen kuljetukseen suunnitelluissa puutavara-autoissa takateli aisoineen nostetaan veto-vaunun päälle tyhjänäajon ajaksi.



Kuva 38. Mainen osavaltion yksityisteillä puutavara-autojen kokonaispaino on usein 100 . . .130 t.

Painorajoitukset vaihtelevat osavaltioittain ja autotyypeittäin suuresti. Puoliperävaunuautojen, joilla suurin osa raakapuusta kuljetetaan, maksimipaino on yleensä 32 . . . 40 t. Michiganin osavaltiossa ovat jopa 72 tonnin yhdistelmät sallittuja. Mainessa suuri osa puutavaran kuljetuksista tapahtuu yhtiöiden *yksitysteillä*, joilla ei ole painorajoituksia. Puoliperävaunulla ja erillisellä perävaunulla varustetun 3,30 metriä leveän ajoneuvoyhdistelmän kokonaispaino on näillä teillä usein 100 . . . 130 t (kuva 38), mutta jopa 170 tonnin yhdistelmiä on tehtaille saapunut. Suomessa puutavara-autojen suurin sallittu kokonaispaino on 48 t.

Pyöreää puutavaraa kuljettavat autot puretaan useimmiten *kahmareilla* (kuva 39). Hakeauto tyhjenetään lähes aina vastaanotopaikalle kiinteästi asennettujen kippauslaitteiden avulla. Laitteet kallistavat joko pelkän puoliperävaunun (kuva 40) tai koko ajoneuvoyhdistelmän.

Yleisillä teillä painorajoituksia ollaan kiristämässä kaikkialla maassa, valvontaa tehostetaan ja ylikuormasakkoja kovennetaan. Nämä tekijät johtavat *ajoneuvo-kohtaisten vaakojen* yleistymiseen. Vanhimmissa elektronisista vaaosta on myönteisiä kokemuksia jo kuuden vuoden ajalta. Vaakojen hinnat ovat asennuksineen noin 4 500 . . . 6 000 USD.

Puutavaran *rautatiekuljetuksia* käytetään lähinnä Etelävaltioissa, ja sielläkin ne ovat vähenemässä. Yksityiset rautatieyhtiöt eivät ole kovinkaan halukkaita ajankäytämään lyhyen puutavaran vaunukalustoaan rankojen kuljetukseen sopivaksi. Yksityiset urakoitsijat suosivat autokuljetuksia, koska ne ovat nopeita ja joustavia. Nopeus on tärkeä ominaisuus, koska puut maksetaan vasta tehtaalla suoritettuna mittauksen jälkeen.

Vesikuljetus rajoittuu proomukuljetuksiin muutamille Etelävaltioiden tehtaille, ja niillekin sen merkitys on yleensä pieni. Poikkeuksia kuitenkin on, niin että esimerkiksi Scott Paper Companyn tehtaalta Alabaman Mobileen 90 % puusta tulee vesitse kahdesta terminaalista, jotka sijaitsevat 55 kilometrin päässä tehtaalta (kuva 41). Kuljetusyksikkö muodostuu yhdeksästä työntöproomusta, joihin sopii yhteensä 7 500 m³ puutavaraa. Vesikuljetuksen kustannukset ovat tällöin terminaalitoiminnot mukaan luettuina 1,25 USD/m³.



Kuva 39. Rayco Wagner -kahmari.



Kuva 40. Hakeautot tyhjennetään kiinteillä kippauslaitteilla.



Kuva 41. Puutavaran lastausta proomuuhin Alabamassa.

5. Korjuumenetelmät

51. Yleistä

Korjuumenetelmät jaetaan yleensä tavaralaji-, runko- ja puumenetelmiin sen perusteella, missä muodossa puu on metsäkuljetusvaiheen aikana. Välivarastolla mahdollisesti suoritettavan prosessoinnin jälkeen puu voi jo kaukokuljetusvaiheessa olla pidemmälle jalostetussa muodossa.

Vuoristometsien menetelmät käsitellään tässä luvussa erikseen, koska siellä käytetään samaa kalustoa korjattaessa puuta sekä tavaralajeina, runkoina että kokopuina. Varastopaikkojen tilanahtauden vuoksi, kuormauksen nopeuttamiseksi tai juontotaakkojen mitoittamisen helpottamiseksi vuoristometsien puunkorjuussa tukkiosa voidaan erottaa muusta rungosta hakkuuvaiheessa. Laajasti tulkituna myös nämä menetelmät voidaan sisällyttää tavaralajimenetelmään. Pölkkyjen pituudet, 10 . . . 20 m, tosin poikkeavat tavanomaisten puutavaralajien pituuksista.

52. Tavaralajimenetelmä

Yhdysvalloissa tavaralajimenetelmän käyttö laajemmassa mittakaavassa on perinteisesti keskittynyt Etelävaltioihin. Sikäläiset pienurakoitsijat, jotka kuljettavat kuitupuupölkyt kannolta tehtaalle pienellä lihasvoimin lastattavalla tai mekaanisella kuormaimella varustetulla kuorma-autolla, ovat omalta osaltaan olleet liittämäs-



Kuva 42. Makeri 33T -harvesteri ja Iron Mule 5050 -kuormatraktori punamäntyviljelmän harvennuksessa Järvialueella.

sä menetelmään mielikuvaa tehottomasta puunkorjuusta. Tämäntyyppinen urakointi on usein kausiluontoista ja epävarmaa, sillä esimerkiksi sateet tekevät metsässä liikkumisen tällaisella kalustolla mahdottomaksi.

Järvialueen ja Etelävaltioiden harvennushakkuissa sekä silloin tällöin myös pienipuustoisissa avohakkuissa käytetään kuormaa kantaviin metsätraktoreihin perustuvia korjuuketjuja. Pölkyt hakataan usein miestyönä. Kuitupuu on lyhyttä, vain 1,2 tai 2,4 metrin mittaista, kun Suomessa kuitupuun pituus on yleensä 3 . . . 5 m. Yhtä metsätraktoria kohden työmaalla on yleensä 3 . . . 5 hakkuumiestä. Ketjut, joissa puut kaadetaan koneellisesti mutta karsitaan ja katkotaan palstalla miestyönä, ovat kuitenkin yleistymässä. Puutavaran valmistuksessa on käytössä myös muutamia kymmeniä suomalaisia Makeri-harvestereita (kuva 42). Kuormatraktoreiden kuormaimen ulottuvuus on yleensä alle 5 m, kun se meillä on yli 6 m ja usein jopa 10 m.

Hakkuutyön tuottavuus on harvennushakkuissa 8 . . . 10 ja avohakkuissa 15 . . . 20 m³ työpäivässä. Metsätraktoreiden tuntituotos vaihtelee välillä 5 . . . 7 m³. Suomessa tuotostaso hakkuissa on kehittyneiden työmenetelmien ja korkean ammattitaidon ansiosta samaa luokkaa, vaikka työpäivä on lyhyempi kuin Yhdysvalloissa. Prosessoreiden ja harvestereiden suoritustaso Suomessa on suuruusluokkaa 8 . . . 15 m³/h harvennushakkuissa ja 15 . . . 30 m³/h avohakkuissa.

Harvennuksen tarpeessa olevia lehtipuumetsiä on Järvialueella tällä hetkellä yhteensä yli miljoona hehtaaria (Spencer 1986). Samaa luokkaa olisi vuotuinen harvennustarve Etelävaltioiden mäntyviljelmillä, mikäli suuntaus kuitupuun tuotannosta sahapuun tuotantoon jatkuu nykyisellä tasolla (Greene ym. 1984). Suomessa harvennettiin vuonna 1985 kaikkiaan noin 200 000 ha metsää (Metsätilastollinen . . . 1987).

Osa harvennuksista tullaan toteuttamaan tavaralajimenetelmällä, koska se on muita vaihtoehtoja ympäristöystävällisempi. Tavaralajimenetelmän muita etuja ovat pieni tilantarve varastolla sekä puiden säilyminen puhtaana lähikuljetuksen aikana. Toisaalta menetelmä vaatii hakkuumieheltä korkeaa ammattitaitoa, jotta rungot saadaan jaettava tavaralajeiksi optimaalisesti. Hyvä työpäivä on myös tehokkaan lähikuljetuksen ehdoton edellytys. Tavaralajimenetelmän tehokas käyttö vaatii suuria investointeja metsäpäässä erityisesti silloin, kun korjuuta pyritään koneellistamaan harvestereiden ja prosessoreiden avulla.

53. Runkomenetelmä

Runkomenetelmällä on USA:ssa pitkät perinteet. Lähikuljetuskalustona käytetään yleisimmin vintturilla varustettua laahusjuontotraktoria. Yhtä traktoria kohden on 1 . . . 2 hakkuumiestä kaatamassa ja karsimassa puita sekä yksi apumies vetämässä juontovaijerin ulos ja kiinnittämässä juontosilmukat. Väliavarastolla puut kuormataan useimmiten erillisellä hydraulikuormaimella joko kokorunkoina tai tavaralajeiksi katkottuina. Katkonta tehdään joko miestyönä tai koneellisesti kuormainen ja hydraulisen katkuntasahan avulla. Tuotostaso tämäntyyppisissä korjuuketjuissa on 15 . . . 25 m³ miestyöpäivässä. Järvialueella näkee myös urakoitsijoita, jotka kaatavat, karsivat, kuljettavat ja katkovat puut. Pölkyt jäävät väliavarastolle tiensuuntaisiin kasoihin (kuva 43).

Lähinnä lehtipuuvaltaisissa kohteissa koneellinen kaato voidaan liittää korjuuketjuun, jolloin puut karsitaan ja latvat katkaistaan palstalla miestyönä joko yksitellen tai nippuina.



Kuva 43. Kokonaisina juonnettujen runkojen moottorisahakatkonta välivarastolla vaatii paljon tilaa.

54. Puumenetelmä

Puumenetelmässä puut kuljetetaan kaukokuljetusreitit varten karsimattomina. Täysin koneellistetut korjuuketjut, joissa käytetään kaato-kasauskoneita ja kourajuontotraktoreita, ovat yleisiä kaikilla puuntuotantoalueilla. Koillisvaltioissa käytetään lisäksi kaatopäällä varustettuja järeitä kuormatraktoreita. Koillisvaltioissa ja Kalliovuorilla karsimattomat puut voidaan kuljettaa myös puristuspankkotraktoreilla, jotka soveltuvat parhaiten suurille puille ja pitkille kuljetusmatkoille.

American Pulpwood Associationin mukaan puut kuljetetaan karsimattomina vain yhdelle floridalaiselle tehtaalle. Muille jalostuslaitoksille puu tulee runkoina, tavaralajeina tai hakkeena.

Puut karsitaan Koillisvaltioissa ja Kalliovuorilla useimmiten sykesyöttöisillä karsimakoneilla ja Etelävaltioissa karsintakehikon avulla. Puut katkotaan (tarvittaessa) ja kuormataan samantyyppisellä kalustolla kuin runkomenetelmissä.

Sykesyöttöisiä karsimakoneita käytettäessä karsimattomat puut sijoitetaan koh-tisuoraan tietä vastaan. Karsimakone poimii puun kasasta, karsii sen, katkaisee latvan ja asettaa rangan karsittujen puiden kasaan. Korjuuketju vaatii runsaasti tilaa välivarastolla (ks. kuva 25). Hakkuutähderöykkiöt saattavat reunustaa metsä-autoteitä lähes katkeamattomana nauhana, usein osaksi poltettuina. Tyypilliseen työryhmään kuuluu kaksi kaatokonetta, kaksi tai kolme kourajuontotraktoria, karsimakone ja kuormain. Työn tuottavuus on 50 . . . 100 m³ miestyöpäivässä, suuria puita käsiteltäessä jopa 150 m³/miestyöpäivä.

Välivarastohaketus on erittäin yleistä heikkolaatuisten, lehtipuulaltaisten metsien sekä toisaalta mäntyviljelmien harvennuksissa ja avohakkuissa. Jalostukseen menevän hakkeen raaka-aineena käytetään sekä karsimatonta että ketjukarsittua

tai karsimakehikon avulla karsittua puuta. Myös puiden kuorintaa hakkurin yhteyteen sijoitetuilla kuorimakoneilla kokeillaan. Energiakäyttöön hakettavia puita ei karsita.

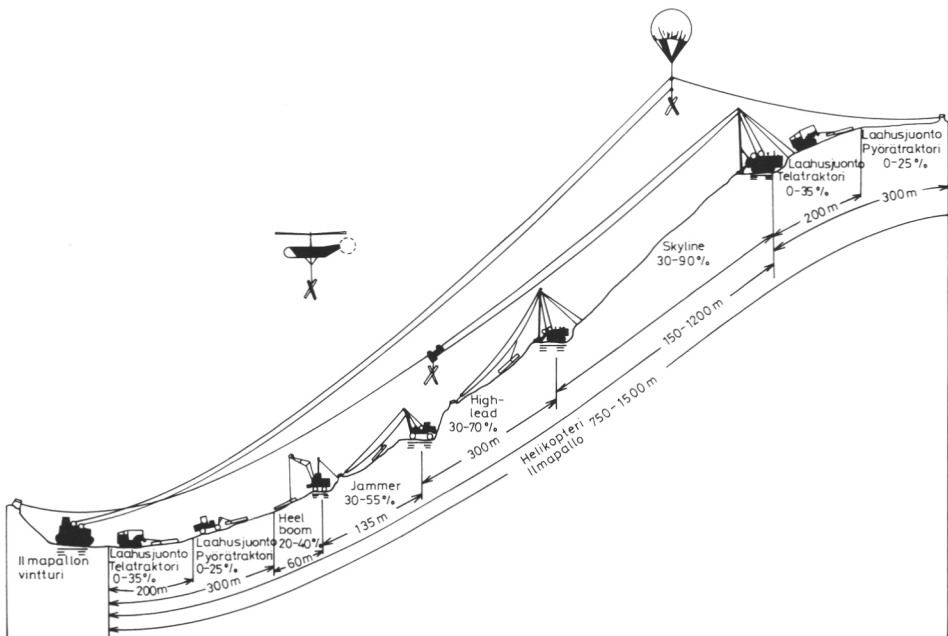
Haketustyömaiden tyypillinen kalusto koostuu kahdesta kaato-kasauskoneesta, 2 . . . 3 kourajuontotraktorista ja hakkurista. Hakkeen kuljetus hoidetaan ajomatkan pituudesta riippuen 3 . . . 6 kuorma-autolla, joista jokaisella on 2 tai 3 puoliperävaunua. Lisäksi työmaalla on traktori puoliperävaunujen siirtelyyn sekä polttoaine- ja huoltoauto. Tällaisen ryhmän työn tuottavuus on 150 . . . 350 tonnia tuoretta haketta työpäivässä.

55. Korjuu vuoristometsistä

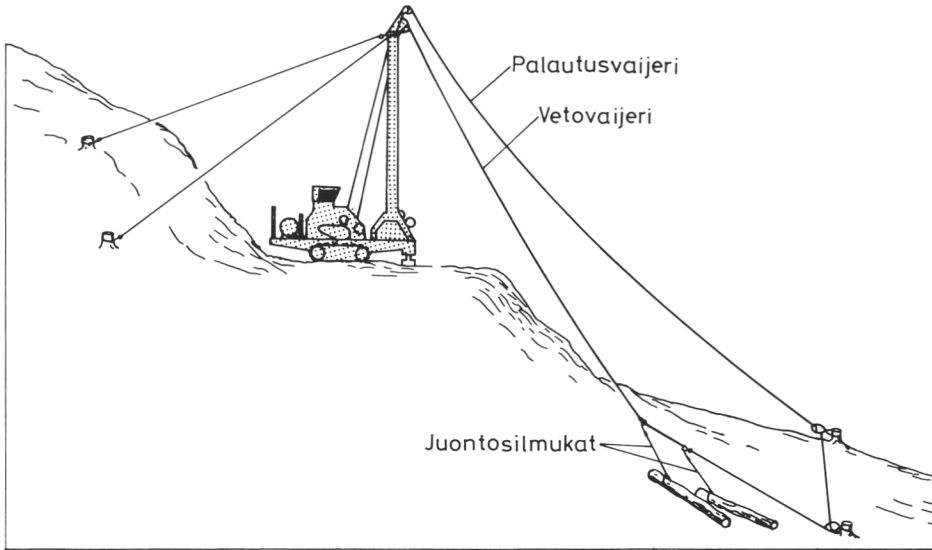
Vuoristometsien puunkorjuumenetelmien käyttöalueita rinteiden kaltevuuden ja kuljetusmatkan osalta on havainnollistettu kuvassa 44. Köysiratojen, helikoptereiden ja ilmapallojen käytön yhteydessä hakkuu suoritetaan loppuun ennen lähikuljetuksen aloittamista. Tukki- ja kuitupuuosat katkotaan yleensä erilleen hakkuuvaiheessa, joten kuljetettavien pölkkyjen pituus on 10 . . . 20 m. Hakkuumiehet kiinnittävät taakat juontolaitteisiin. Helikopterityömailla käytetään sekä palstalla että varastopaikalla erikoiskoulutettua henkilöstöä, joka on jatkuvasti radioyhteydessä lentäjään. Purkupaikalla on kalustoa järjestely-, katkonta- ja kuormaustehäviä varten.

Helikopterityömailla keskimääräinen kuljetusmatka on 1 500 m, jolloin yhden taakan noutamiseen kuluu aikaa keskimäärin 2,5 min. Helikoptereita käytettäessä tarvitaan suuret varasto- ja huoltoalueet.

Helikoptereiden pääasiallinen käyttöalue on vuoristometsien hakkuissa, mutta niitä on kokeiltu myös Etelävaltioiden huonosti kantavilla mailla. Eräässä tutki-



Kuva 44. Puunkorjuumenetelmien käyttöalueet (Logging Systems Guide 1980).



Kuva 45. High lead -menetelmä.

muksessa (Altman 1987a) koetyömaiden koko oli 20 . . . 30 ha. Helikopterin 1 350 kg:n nostokyvystä hyödynnettiin keskimäärin 83 %. Noin 700 metrin kuljetusmatkalla helikopterin tuotostaso oli 60 m³/h. Nostosilmukoiden kiinnityksestä huolehti kolme kaksimiehistä työryhmää, joilla oli radioyhteys lentäjään. Hehtaarin suuruisella varastoalueella puut lajiteltiin kahdella kourajuontotraktorilla ja kolmella kuormauskoneella. Lisäksi varastolla työskenteli kaksi miestä keräämässä juontosilmukoita.

Yksinkertaisin köysirata saadaan käyttämällä kaksirumpuista vintturia torneineen: taakat vedetään varastolle toisen rummun avulla ja kiinnitysvaijerit viedään takaisin palautusrummun ja taittopyörän avulla (kuva 45). Tätä ns. *high lead* -menetelmää suositellaan vain avohakkuisiin. Vedettäessä puuta ylärinteeseen päin suurin juontomatka on noin 300 m. Kun juontosuunta on alaspäin, taakkaan kohdistuva nostovoima on alhainen. Siitä seuraa, että taakan käyttäytymistä on vaikeaa hallita ja maastovaurioiden riski on suuri. Pisin juontomatka on tällöin 150 m.

Lyhyillä kuljetusmatkoilla tornin voi korvata kiinteä puomi, jota voidaan kääntää puolelta toiselle. Tällöin juontolaite on tela-alustainen. Kuljetus on mahdollista vain ylärinteeseen päin noin 180 metrin etäisyydeltä.

Pitkillä kuljetusmatkoilla ja jyrkissä rinteissä käytetään erillistä *kannatinvaijeria*. Taakka liikkuu kannatinvaijeria pitkin rissojen varassa vedettävän vaunun avulla. Kiinteää, molemmista päistään ankkuroitua kannatinvaijeria (standing skyline) käytettäessä päästään jopa 1 500 metrin kuljetusmatkoihin sekä ylä- että alarinteen päin juonnettaessa. Rullavaunun palautus tapahtuu joko painovoiman tai palautusköyden avulla. Jälkimmäisessä tapauksessa tarvitaan vähintään kaksirumpuinen vintturi.

Kannatinvaijeri voidaan asentaa myös omalle rummulleen, jolloin se voidaan laskea alas taakan kiinnittämisen ja irrottamisen nopeuttamiseksi (live skyline, ks. kuva 34). Tehokkuutensa ansiosta tämä on yksi yleisimmin käytetyistä ratkaisuista. Pisin mahdollinen kuljetusmatka on 600 m.

Kannatinvaijeria voidaan myös käyttää vaunun palauttamiseen (running skyline). Tällöin vintturin rummut synkronoidaan siten, että esimerkiksi vedettäessä taakkaa kannatinvaijerin rumpu vapauttaa kannatinvaijeria täsmälleen samassa

tahdissa kuin vetorumpu vetää vetovaijeria sisään. Synkronointi tapahtuu mekaanisesti tai hydraulisesti. Juontomatka on korkeintaan 600 m.

Jos taakat halutaan tuoda kauempaa köysiradan varteen, täytyy vaunu voida pitää paikoillaan. Tämä voi tapahtua lukitsemalla veto- ja palautusköysi, käyttämällä kannatinvaijerissa lukkiutuvaa topparia tai kannatinvaijeriin kiinni puristuvan kelkan avulla.

Vinttureiden *radio-ohjaus* on viime vuosina yleistynyt voimakkaasti. Tämä parantaa työn tuottavuutta ja turvallisuutta, koska koneenkäyttäjän ei tarvitse työskennellä koneen välittömässä läheisyydessä, vaan hän voi sijoittua sellaiseen maastonkohtaan, josta on hyvä näkyvyys sekä purkupaikalle että alarinteeseen.

Keskikokoisia, 200 . . . 300 kW:n vinttureita käytettäessä juonnon työvuorotuo-
tos on köysiratamenetelmissä 100 . . . 150 m³, ja ihmistyön tuottavuus 25 . . . 35
m³ miestyöpäivässä (Mikkonen 1981).

Ilmapalloja käytetään yleensä köysiratojen yhteydessä nostamaan pölkyt kokonaan tai osittain irti maasta. High lead -menetelmissä päästään tällöin 1 000 metrin kuljetusmatkaan myös alarinteeseen päin puuta kuljetettaessa. Kun ilmapallo kannattaa vaunua, joka kulkee erillistä kannatinvaijeria pitkin, voi kuljetusmatka olla yli 1 500 metriä. Vielä pidemmällä matkoilla, aina 2 000 metriin saakka, voidaan käyttää kahta vintturia, joista toinen on ylhäällä ja toinen alhaalla.

6. Suomalaisten korjuumenetelmien ja -kaluston mahdollisuudet

Korjuumenetelmät ja kalusto kehittyvät USA:ssa huomattavasti hitaammin kuin Euroopassa. Suuret konevalmistajat haluavat pitää kustannukset kurissa valmistamalla koneita suurina sarjoina. Kilpailu konemarkkinoilla on ensisijaisesti hintakilpailua ja vasta toissijaisesti panostetaan laatuun ja tuotekehittelyyn. Huollon ja varaosapalvelun tehokkuus ovat myös kilpailuvaltteja.

Kourajuontotraktoreiden osuus lähikuljetuskalustosta lisääntyy sitä mukaa kuin kaatokoneiden käyttö yleistyy. Puomiston päässä oleva kaatopää parantaa kilpailuasemiaan perinteisiin kaatolaitteisiin nähden erityisesti vuoristossa sekä epätasaisessa maastossa.

Köysiratojen käyttöön perustuvat puunkorjuumenetelmät tulevat yleistymään vuoristometsissä myös sellaisilla alueilla, joilla traktorikuljetus olisi teknisesti mahdollista. Erityisesti valtion hallinnassa olevilla alueilla halutaan välttää maanpinnan rikkoutumista mahdollisimman paljon. Laahusuuntoon verrattuna köysiratomenetelmien kustannukset ovat tällaisissa kohteissa 20 . . . 30 % korkeammat. Vuoristometsien korjuussa yleissuuntaus on kohti pieniä, helposti liikuteltavia yksiköitä. Nopeimmin muutos tulee tapahtumaan Luoteisvaltioissa jättiläispuiden korjuun vähenemisen myötä.

Vuonna 1985 puunkorjuukaluston myynti Yhdysvalloissa oli American Pulpwood Associationin arvion mukaan 1 154 miljoonaa dollaria. Koneryhmittäin myynti rakentuu seuraavan asetelman mukaisesti. Valitettavasti APA:n arvioissa ei ole mukana karsimakoneita.

Koneryhmä	Myynti milj. USD
Puomittomat kaatokoneet	69
Puomilliset kaatokoneet	8
Kuormatraktorit	6
Pyöräalustaiset laahustraktorit	165
Telaketjutraktorit	157
Kuormaimet	66
Kuormauskoneet	163
Hakkurit	25
Tiekoneet	42
Köysiratojen vintturit	14
Huolto-, korjaus- ja miehistöautot	50
Puutavara-autot	389
Yhteensä	1 154

Pohjoismaissa valmistettuja kuormainprosessoreita ja -harvestereita on käytössä vain muutamia, mutta kiinnostus niitä kohtaan on suuri. Käyttöpotentiaali näyttää olevan suurin Yhdysvaltain eteläosassa, jossa valtaosa puusta tulee tehtaille tavarama-lajeina. Monimutkaisten korjuukoneiden käytön yleistymistä rajoittavat korkea hintataso, ammattitaitoisen työvoiman puute sekä tehtaiden vanhat puutavaran vastaanottolaitokset, joiden vaatimukset pölkyn pituuden mittatarkkuuden suhteen ovat liian suuret monitoimikoneiden mittausautomaatiikalle. Myös Pohjoisen metsäalueen lisääntyvät harvennushakkuut sopivat näille konetyypeille. Kysymykseen tulee tällä alueella lisäksi prosessorin käyttö metsässä tai väliavarastolla



Kuva 46. Agri-Power -maataloustraktori ja Hawk -metsäperävaunu kuormaimineen.

karsimakoneena. Kalliovuorten alueella pidetään kuormainharvestereita teknisesti erinomaisina, mutta vienti sinne edellyttää kykyä käsitellä 65 . . . 70 cm:n paksuisia puita.

Järvialueen lehtimetsien kasvatuseriaatteet (ks. kappale 32.) ja vähitellen yleistyvät harvennushakkuut sopivat mainiosti pitkäulotteisilla kuormaimilla varustetuille metsätraktoreille. Nykyisin näissä hakkuissa käytetään joko laahustraktoreita tai lyhyellä kuormaimella varustettuja pieniä kuormatraktoreita, joiden maastokelpoisuus, tuotostaso, ympäristöystävällisyys ja ergonomia eivät yllä lähelkään pohjoismaista tasoa. Kasvatettavien puiden ja taimiaineksen vaurioituminen jäisi asianmukaisella kalustolla huomattavasti nykyistä alhaisemmaksi.

Kuorma-autojen tiukentuvat painorajoitukset, tehostuva valvonta sekä kohoavat sakot saattavat lisätä tavaralajeina tapahtuvaa kaukokuljetusta, koska kuorman massa on tällöin helpompi arvioida kuormausvaiheessa. Tämä yhdessä lisääntyvien harvennushakkuiden kanssa voi johtaa tavaralajimenetelmän käytön yleistymiseen.

Uusien konetyyppien markkinointi on kuitenkin ongelmallista. Yhtiöt ovat siirtyneet suurelta osin omien koneiden ja palkatun työvoiman käytöstä itsenäisiin urakoitsijoihin, eikä niitä paljonkaan kiinnosta uusien menetelmien tai koneiden kokeilu. Samalla yhtiöt ovat luistamassa pois tulilinjalta puunkorjuun ympäristökysymyksissä. Yhtiöt ja metsähallitus seuraavat toki mielenkiinnolla menetelmien ja koneiden kehittymistä, mutta eivät halua painostaa urakoitsijoita näiden konevalinnoissa. Tutkijat pelkäävätkin, että yhtiöiden jääminen pois koneitten ostajien joukosta vähentää suurten valmistajien kiinnostusta tuotekehittelyyn.

Pienurakoitsijoiden pääasiassa perheyriyksistä koostuva ja rahoitusvaikeuksien kanssa kamppaileva kohderyhmä saattaa olla hankala kauppakumppani. Yhdysvaltalaisen urakoitsijoiden keskuudessa melko tuntematon pohjoismainen puunkorjuukalusto tulisivat aluksi esitellä suurimmille urakoitsijoille. Markkinointia helpottaisi valmistuksen tai kokoonpanon aloittaminen Pohjois-Amerikan mante-

reella erityisesti monimutkaisten koneiden ja laitteiden osalta, sillä korkeatasoisen tekniikkamme hyväksyminen edellyttää varmuutta varaosien saannista. Made in USA -teksti sekä kotimaiset komponentit ovat vielä aikamoisia myyntivaltteja Yhdysvaltain isänmaallisen kansan keskuudessa.

Maataloustraktoreiden käyttöön perustuvat isännänlinjan korjuuketjut ovat Yhdysvalloissa harvinaisia. Monet ovat kuitenkin löytäneet metsätaloudesta kiinnostavan harrastuksen ja ovat halukkaita sijoittamaan myös konekalustoon. Esimerkiksi eräs michiganilainen palkansaaja on hankkinut hydraulisella kuormaimella ja perävaunulla varustetun maataloustraktorin (kuva 46), jolla hän itse viikonloppuisin ajaa palkkaamansa hakkuumiehen valmistamat puut välivarastolle.

Metsätalouskäyttöön tarkoitettujen maataloustraktorin lisävarusteiden markkinat ovat hajanaiset. Markkina-alueet tärkeysjärjestyksessä ovat Koillisvaltiot, Järvialue ja Etelä. Yksi yhteyskanava alasta kiinnostuneisiin on American Tree Farmer -lehti, jota julkaisee American Forest Council (1619 Massachusetts Ave NW, Washington, DC 20036).

7. Amerikkalaisten korjuumenetelmien soveltuvuus Suomeen

Amerikkalaisten puunkorjuumenetelmien soveltamismahdollisuudet Suomessa ovat huonot, koska erot mm. puun hinnassa, korjuuoloissa, metsänomistuksessa, urakoitsijarakenteessa, korjuun ja kaukokuljetuksen niveltämisessä, korjuujäljelle asetettavissa vaatimuksissa, työsuojelulainsäädännössä sekä puunkorjuun perinteissä ovat liian suuret. Konekalusto on pääosin liian järeää ja ergonomialtaan vaatimattomalla tasolla. Sikäläiset korjuumenetelmät, joita käytetään suomalais-tyyppisessä maastossa, vaativat suuria käsittelykuvioita ja laajoja varastoalueita.

Yksittäisistä koneista mielenkiintoisia tulokkaita ovat kolmipyöräiset kaatokoneet, joille ketteryytensä ansiosta varmasti löytyisi käyttöä suomalaisissa harvenusmetsissä. Metsämaastomme ilmeisesti osoittautuisi kuitenkin mäkisyytensä, kivisyytensä ja talvikuukausien paksun lumipeitteen vuoksi tälle konetyypille liian vaikeaksi monilla alueilla, jolloin erikoiskoneen työllistäminen saman työnantajan palveluksessa ympärivuotisesti olisi hankalaa. Kone ei myöskään täytä ergonomisia vaatimuksiamme.

Amerikkalaistyyppinen korjuun kokonaisurakointi, jossa urakointiyhtiö hoitaa puun kannolta tehtaalle saattaisi tarjota varteenotettavan vaihtoehdon nyt käytössä olevien puunhankintatapojen rinnalla. Kokonaisurakoinnin avulla tuoretta puuta tarvitsevien teollisuudenalojen puuhuolto saattaisi helpottaa, metsäteollisuuden oma hankintaorganisaatio kevenisi, ja puunhankinnan kokonaiskustannukset todennäköisesti alenisivat.

Amerikkalaisten mukaan puutavara-autojen renkaiden ilmanpaineen alentaminen normaalista 690 kPa:stä 310 kPa:iin vähentää sorateiden vaurioitumista ratkaisevasti, parantaa ajomukavuutta ja helpottaa liikkumista pehmeillä teillä sekä lisää renkaiden käyttöikää (Altman 1987b). Ilmanpaineen säätely ajon aikana on jo nyt mahdollista esim. sotilasajoneuvoissa. Aiheeseen liittyvä tutkimus ja kehitystyö saattaisi olla Suomessakin perusteltua.

8. Puunkorjuun tutkimus

Puunkorjuun tutkimus keskittyy Yhdysvalloissa Metsähallituksen tutkimusasemille ja laitekehittelykeskuksiin sekä vähäisempänä yliopistoihin. Laitekehittelykeskukset eivät tutkimusasemien tapaan ole Metsähallituksen tutkimusorganisaation alaisia, vaan kuuluvat käytännön metsätaloudesta huolehtivan National Forest Systemin teknisen osaston alaisuuteen. Ne saavat keskusvirastosta, hoitoalueista ja tutkimusasemilta projektiluontoisia toimeksiantoja metsätalouden ja metsien virkistyskäytön alalta.

Metsäteollisuuden puunkorjuututkimus on laantunut sitä mukaa, kun yritykset ovat siirtyneet palkatusta metsätyövoimasta itsenäisten urakoitsijoiden käyttöön. Vielä käynnissä olevat tutkimushankkeet liittyvät usein puunkorjuun suunnitteluun, mutta jonkin verran myös konekehittelyyn. Tutkimustuloksista tiedottamiseen suhtaudutaan metsäteollisuusyrityksissä melko varovaisesti.

Metsähallituksen tutkimustoiminnasta puunkorjuun tutkimus on vain pieni osa. Liittovaltion metsäntutkimusohjelmassa (1980–1990 National Program . . . 1982) arvioidaan metsähallituksen tutkimuspanokseksi vuonna 1985 yhteensä 1 725 tutkijavuotta (taulukko 5). Puunkorjuun ja metsäteollisuuden tutkimukseen varusteta 385 tutkijavuodesta on puun ominaisuuksien, jalostuksen ja puutavaran suojelun osuus 283, puunkorjuun 53 ja markkinoinnin kehittämisen 49 tutkijavuotta. Puunkorjuun osuus Metsähallituksen tutkimustoiminnasta tulee säilymään 3 %:n tasolla vuosikymmenen vaihteeseen saakka. Metsähallituksen alaisilla tutkimusasemilla oli vuonna 1986 puunkorjuun tutkijoita 25. Alan tutkimusbudjetti oli 2,5 milj. USD. Suomessa puunkorjuuta tutkitaan seitsemässä laitoksessa 30 tutkijan voimin.

Puunkorjuun tutkimuksessa keskitytään vuonna 1990 päättyvällä kymmenvuotiskaudella tienrakennukseen, pienikokoisen ja vähäarvoisen puun sekä hakkuutähteiden korjuun ja käytön tehostamiseen sekä vuoristometsien puunkorjuumenetelmien parantamiseen. Tienrakennuksen projekteja ovat tieverkoston optimointi ja tiesuunnitelman teon automatisointi. Tärkeimpiä pienpuun hyödyntämiseen tähtääviä hankkeita ovat puolestaan vesakkoharvesterien, hakkureiden sekä pienpuulle ja hakkuutähteille soveltuvien köysiratajärjestelmien kehittäminen, hakkuutähteiden paalaus sekä hakkeen käyttömahdollisuudet tienrakennuksessa. Vuoristometsiin liittyviä tutkimusaiheita ovat mm. köysiratojen tietokoneavuste-

Taulukko 5. Metsähallituksen tutkimustoiminta Yhdysvalloissa.

Tutkimusaihe	Tutkimuspanos, tutkijavuotta	
	1985	1990
Luonnonvarojen inventointi	228	277
Metsänkasvatus	337	392
Metsänsuojelu	367	449
Puunkorjuu ja metsäteollisuus	385	462
Vesistöt, maaperä ja saastuminen	190	249
Riista, kalastus ja metsäluonto	165	194
Virkistys ja ympäristö	53	67
Yhteensä	1 725	2 090

nen suunnittelu, köysiratojen tukivaijereiden maa-ankkurit sekä japanilaisen pitkänmatkan vaijerijuontomenetelmän testaus. Myös ergonomiaan – lähinnä koneiden ilmastointiin – kiinnitetään huomiota.

Osavaltioiden tukea saavat yliopistot ja maatalouskoeasemat ovat myös mukana kymmenvuotissuunnitelmassa. Puunkorjuun osuus näiden laitosten suorittamasta metsäntutkimuksesta on 2 %:n luokkaa. Kaikkiaan yliopistojen ja maatalouskoeasemien työpanos tutkijavuosina laskettuna on noin 57 % metsähallituksen työpanoksesta.

Puunkorjuun alueella yliopistot keskittyvät lähinnä kaluston ja menetelmien testaukseen sekä suunnittelun kehittämiseen. Kustannuslaskentaan ja puunkorjuukaluston toiminnan simulointiin liittyviä tietokoneohjelmia on kehitetty useissa yliopistoissa. Puunkorjuun kannalta tärkeimmät yliopistot ja liittovaltion tutkimuslaitokset on lueteltu liitteessä 3.

Metsäteknologisen tutkimuksen jakautuminen eri aihealueisiin Yhdysvalloissa ja Kanadassa on esitetty taulukossa 6 (Mann 1984). Mukana ovat Yhdysvaltain puolelta yliopistot ja liittovaltion tutkimusorganisaatiot ja Kanadan puolelta kaksi yliopistoa sekä valtion ja metsäteollisuuden yhdessä rahoittama metsäteknologian tutkimuslaitos FERIC (Forest Engineering Research Institute of Canada).

Tutkimuksia julkaistaan tutkimuslaitosten omissa julkaisuissa sekä metsäalan lehdissä. Tutkimustieto välittyy myös useiden järjestöjen kautta esitelmätilaisuuksien ja julkaisujen muodossa.

Taulukko 6. Metsäteknologisen tutkimuksen jakautuminen eri aihealueisiin Yhdysvaltain ja Kanadan julkisissa laitoksissa (Mann 1984).

Aihealue	Työpanos, tutkijavuosia
Puun korjuu	41
Tien- ja sillanrakennus	21
Konekehittäely	18
Puunkorjuun ympäristövaikutukset	5
Maanmuokkaus ja metsänviljely	8
Puunkorjuun simulointi	5
Muut	19
Yhteensä	117

Kirjallisuus

- Altman, J.A. 1980. Whole Tree Chipper Survey. American Pulpwood Association. Technical Release 80-R-5. 3 s.
- 1987a. Helicopter Logging. American Pulpwood Association. Technical Release 87-R-28. 2 s.
- 1987b. Central Tire Inflation System. American Pulpwood Association. Technical Release 87-R-32. 2 s.
- An Analysis of Timber Situation in the United States 1952–2030. United States Department of Agriculture. Forest Service. Forest Resource Report 23. 499 s.
- Begin, J. 1986. Modification of harvesting techniques to foster natural regeneration. Canadian Forest Industries 11. s. 31–36, 40.
- Birch, T.W. 1986. Communicating with nonindustrial private forestland owners. Journal of Forestry. December 1986. s. 25–33.
- Cubbage, F.W. & Siegel, W.C. 1985. The Law Regulating Private Forest Practices. Journal of Forestry. September 1985. s. 538–545.
- Folkema, M.P. 1984. Circular Saw and Cone Saw Felling Heads: An Update. Forest Engineering Research Institute of Canada. Technical Report TR-56. 75+3 s.
- & Mellgren P.G. 1982. Using Circular Saw Felling Heads to Reduce Butt Splitting Damage and Increase Productivity. Forest Engineering Research Institute of Canada. Technical Note TN-58. 22+2 s.
- Godman, R.M. 1986. The Lake States' Hardwood Resource. Julkaisussa: Sturos, J. (toim.). 1986. Hardwood Thinning Opportunities in the Lake States. USDA Forest Service. General Technical Report NC-113. 153 s.
- Greene, W.B., Landford, B.L. & Stokes, B.J. 1984. Productivity of the Valmet 840 GP Grapple Processor in Southern Pine Plantation Thinning. Julkaisussa: Corcoran, T.J. & Gill, D.R. (toim.). 1984. COFE/IUFRO 1984 Proceedings. 268 s.
- Heidersdorf, E. & Ryans, M. 1986. Joint FERIC/MER High Flotation Tire Trials, Quebec, 1984. Forest Engineering Research Institute of Canada. Technical Report TR-64. 45+7 s.
- Heikkerö, T. 1986. Puukustannusten osuus tuotantokustannuksista ja tuotteiden hinnoista. Julkaisussa: Sellu- ja paperiteollisuus kehittyä – kehittyäkö puuhuolto. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. Moniste.
- Hensel, J.S. 1987. Workers' Compensation Insurance Rates by States for Logging. American Pulpwood Association. Technical Release 87-R-24. 2 s.
- Hutchins, C.C. 1985. Southern Pulpwood Production, 1983. United States Department of Agriculture. Forest Service. Southeastern Forest Experiment Station. Resource Bulletin SE-79. 26 s.
- Industrial Outlook 1987. 1987. United States Department of Commerce.
- Insect and Disease Update. 1987. Journal of Forestry. January 1987. s. 8–9.
- Jeglum, J.K. 1982. Strip Cutting in Shallow-Soil Upland Black Spruce. Great Lakes Forest Research Centre. Information Report 0-x-337. 24 s.
- Johnson, E.A. (toim.) 1986. Trends '86. Northern Logger and Timber Processor. January 1986.
- Knight, F.B. & Heikkinen, H.J. 1980. Principles of Forest Entomology. 5. painos. McCraw-Hill Book Company. 13+461 s.
- Logging Systems Guide. 1980. United States Department of Agriculture. Forest Service. Report R10-21.
- MacKinnon, D.A. 1986. How the Industry Does It. American Forests. October 1986. s. 33–35, 58–59.
- Mann, J.W. 1984. A Summary of Current Forest Engineering Research and Development in the United States and Canada. Julkaisussa: Corcoran, T.J. & Gill, D.R. (toim.). 1984. COFE/IUFRO 1984 Proceedings. 268 s.
- Mellgren P.G. & Heidersdorf, E. 1984. The Use of High Flotation Tires for Skidding in Wet and/or Steep Terrain. Forest Engineering Research Institute of Canada. Technical Report TR-57. 48+4 s.
- Metsäteollisuuden vuosikirja 1987. 1987. Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto. 40 s.
- Metsätalastollinen vuosikirja 1986. 1987. Folia Forestalia 690. 235 s.
- Mikkonen, E. 1981. Kanadan ja Yhdysvaltain puunkorjuun menetelmät ja tekniikka sekä niiden kehitysnäkymät vuoteen 1985. Metsäteho. Moniste. 35 s.
- Peterson, R.M. 1986. Southern timber supply now and in the future. Forest Industries. January 1986. s. 28–29.
- Pulpwood Statistics. 1986. American Pulpwood Association. 86-A-5. 75 s.
- Pölkki, V. 1986. Puuraaka-aineen tehdashinnan osatekijät. Julkaisussa: Sellu- ja paperiteollisuus kehittyä – kehittyäkö puuhuolto. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. Moniste.
- Report of the Forest Service. Fiscal Year 1985. 1986. USDA Forest Service. 5+160 s.
- Spencer, J.S. Jr. 1986. Silvicultural Considerations in Thinning. Julkaisussa: Sturos, J. (toim.) 1986. Hardwood Thinning Opportunities in the Lake States. USDA Forest Service. General Technical Report NC-113. 153 s.
- Wenger, K.F. (toim.). 1984. Forestry Handbook. John Wiley & Sons. 19+1335 s.

- Warren, D. D. 1986. Production, Prices, Employment and Trade in Northwest Forest Industries, First Quarter 1986. United States Department of Agriculture. Forest Service. Pacific Northwest Research Station. Resource Bulletin PNW-137. 58 s.
- Zumbo, L., Zumbo, J. & Franklin, K.E. 1986. The Fires of '85. American Forests. January 1986.
- 1980–1990 National Program of Research for Forests and Associated Rangelands. 1982. USDA Forest Service. General Technical Report WO-32. 60+4 s.
- 1985 Yearbook of Forest Products. 1986. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forestry Series 20. 348 s.
- 1986 Timber Harvesting Equipment Costs. 1987. American Pulpwood Association. Technical Release 87-R-13. 2 s.

Liite 1. Muuntoluvut.

Pituus			Tilavuus		
1 chain = 100 links	= 20,1168	m	1 cubic inch	= 16,3872	cm ³
1 inch	= 2,54	cm	1 cubic foot	= 0,0283	m ³
1 foot = 12 inches	= 0,3048	m	1 cord	= 3,62456	m ³ (kehystilavuus)
1 yard = 3 feet	= 0,9144	m		= 2,5 *	m ³ (kiintotilavuus)
1 mile = 1760 yards	= 1,609	km	1 cunit = 100 cu ft	= 2,8317	m ³ (kiintotilavuus)
			1000 board feet	= 2,3598	m ³ (sahatavaraa)
				= 5 **	m ³ (runkopuuta)
Pinta-ala			1 unit	= 3 ***	m ³ (runkopuuta)
1 square inch	= 6,4516	cm ²		= 5,66	m ³ (haketta, irtotil.)
1 square foot	= 0,092903	m ²		= 2,5 ***	m ³ (haketta, kiintotil.)
1 square yard	= 0,836127	m ²	1 gallon	= 3,7853	l
1 acre = 43 560 sq ft	= 0,4047	ha			
1 square mile = 640 acres	= 2,58999	km ²			

* nyrkkisääntö, vaihteluväli 1,9 . . . 2,9

** nyrkkisääntö, suuret tukit (60 cm) → 3,5,
pienet tukit (30 cm) → 7,0

*** nyrkkisääntö

Massa			Muita		
1 ounce	= 28,3495	g	Nopeus 1 mile per hour (mph)	= 1,609	km/h
1 pound (lb)	= 0,4536	kg	Tiheys 1 pound per cu ft	= 16,0184	kg/m ³
1 ton = 2000 lb	= 0,9072	t (engl. tonne)	Paine 1 pound per sq inch (psi)	= 6,8947	kPa
			Energia 1 British thermal unit (BTU)	= 1,0559	kJ
Pinta-alkohtaiset tilavuudet ja massat			Teho 1 horsepower (hp)	= 0,7457	kW
1 cord per acre	= 6,2	m ³ /ha *			
1 cunit per acre	= 7	m ³ /ha *	Polttoaineen kulutus (vast.)		
1000 bd ft per acre	= 12,4	m ³ /ha *	(l/100 km) = 235,3/(miles per gallon)		
1 ton per acre	= 2,2417	t/ha	Lämpötila (Celcius) = 0.555*(Fahrenheit) – 32		
			(Fahrenheit) = 1.8*(Celcius) + 32		

* nyrkkisääntö

Liite 2. Yhdysvaltain tärkeimmät puulajit.

Länsirannikon metsäalue

Douglas fir	Pseudotsuga menziesii	Douglaskuusi
Coast redwood	Sequoia sempervirens	Jättiläispunapuu
Western hemlock	Tsuga heterophylla	Lännenhemlockki
Western red cedar	Thuja plicata	Jättiläistuija
Sitka spruce	Picea sitchensis	Sitkankuusi
Sugar pine	Pinus lambertiana	Sokerimänty
Incence cedar	Libocedrus decurrens	Tuoksusetri
Port Orfort cedar	Chamaecyparis lawsoniana	Lawsoninsypressi
White fir	Abies concolor	Harmaajalokuusi
Red alder	Alnus rubra	Punaleppä
Bigleaf maple	Acer macrophyllum	Oregoninvaahtera

Kalliovuorten metsäalue

Ponderosa pine	Pinus ponderosa	Ponderosamänty
Western white pine	Pinus monticola	Lännenvalkomänty
Sugar pine	Pinus lambertiana	Sokerimänty
Douglas fir	Pseudotsuga menziesii	Douglaskuusi
Engelmann spruce	Picea engelmannii	Engelmanninkuusi
Western larch	Larix occidentalis	Lännenlehtikuusi
White fir	Abies concolor	Harmaajalokuusi
Incence cedar	Libocedrus decurrens	Tuoksusetri
Lodgepole pine	Pinus contorta	Kontortamänty
Western red cedar	Thuja plicata	Jättiläistuija
Aspen	Populus tremuloides	Amerikanhaapa

Keskinen metsäalue

Shortleaf pine	Pinus echinata	Lyhytneulasmänty
Virginia pine	Pinus virginiana	Virginianmänty
Eastern white pine	Pinus strobus	Strobusmänty
Red cedar	Juniperus virginiana	Kynäkataja
Beech	Fagus grandifolia	Amerikanpyökki
Red maple	Acer rubrum	Punavaahtera
Northern red oak	Quercus rubra	Punatammi
White oak	Quercus alba	Valkotammi
Hickory	Carya spp.	Hikkori
Elm	Ulmus americana	Valkojalava
White ash	Fraxinus americana	Valkosaarni
Black walnut	Juglans nigra	Mustapähkinäpuu
Sycamore	Platanus occidentalis	Amerikanplataani
Cottonwood	Populus deltoides	Amerikanmustapoppeli
Yellow poplar	Liriodendron tulipifera	Tulppaanipuu
Black gum	Nyssa aquatica	Tupelo
Swetgum	Liquidambar styraciflua	Amerikanambrapuu

Pohjoinen metsäalue

Eastern white pine	Pinus strobus	Strobusmänty
Black spruce	Picea mariana	Mustakuusi
White spruce	Picea glauca	Valkokuusi
Red (Norway) pine	Pinus resinosa	Amerikanpunamänty
Jack pine	Pinus banksiana	Banksinmänty
Balsam fir	Abies balsamea	Palsamikuusi
White cedar	Thuja occidentalis	Kanadantuija
Tamarack	Larix laricina	Kanadanlehtikuusi
Eastern hemlock	Tsuga canadensis	Kanadanhemlockki
Aspen	Populus tremuloides	Amerikanhaapa
Beech	Fagus grandifolia	Amerikanpyökki
Northern red oak	Quercus rubra	Punatammi
White oak	Quercus alba	Valkotammi
Yellow birch	Betula alleghaniensis	Keltakoivu

Paper (White) birch
River (Black) birch
Black walnut
Sugar maple
Red maple
Black gum
White ash
Black cherry
Basswood

Betula papyrifera
Betula nigra
Juglans nigra
Acer saccharum
Acer rubrum
Nyssa aquatica
Fraxinus americana
Prunus serotina
Tilia americana

Paperikoivu
Mustakoivu
Mustapähkinäpuu
Sokerivaahtera
Punavaahtera
Tupelo
Valkosaarni
Kiiltotuomi
Amerikanlehmus

Eteläinen metsäalue

Loblolly pine
Shortleaf pine
Longleaf pine
Slash pine
Bald cypress

Pinus taeda
Pinus echinata
Pinus palustris
Pinus elliottii
Taxodium distichum

Loblollymänty
Lyhytneulamänty
Pitkäneulamänty
Karibianmänty
Suosypressi

Sweetgum
Black gum (Tupelo)
Northern red oak
White oak
Water oak
Live oak
Pin oak
Yellow poplar
Cottonwood
White ash
Hickory

Liquidambar styraciflua
Nyssa aquatica
Quercus rubra
Quercus alba
Quercus velutina
Quercus virginiana
Quercus palustris
Liriodendron tulipifera
Populus deltoides
Fraxinus americana
Carya spp.

Amerikanambrapuu
Tupelo
Punatammi
Valkotammi
Mustatammi
Virginiantammi
Sulkatammi
Tulppaanipuu
Amerikanmustapoppeli
Valkosaarni
Hikkori

Nimistön lähteet:

- Salmi, J. 1972. Suomalaisia ja ulkomaisia puulajeja. Osa I: Havupuut. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. Tiedonantoja 17. 227 s.
— 1977. Suomalaisia ja ulkomaisia puulajeja. Osa II: Lehtipuut A . . . N. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. Tiedonantoja 35. 282 s.
— 1978. Suomalaisia ja ulkomaisia puulajeja. Osa III: Lehtipuut O . . . Ö. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. Tiedonantoja 38. 298 s.
Rushforth, K. 1982. Lehti- ja havupuut. Weilin & Göös. 247 s.

Liite 3. Korjuuteknologian alan tärkeimmät julkiset tutkimusyksiköt Yhdysvalloissa.

LIITTOVALTION TUTKIMUSYKSIKÖT

USDA Forest Service, Forestry Sciences Laboratory:

Auburn, Alabama

- puunkorjuun koneellistaminen avo- ja harvennushakkuissa, kuorma-autojen renkaiden ilmanpaineen säätely

Houghton, Michigan

- pienikokoisen lehtipuun korjuumenetelmien kehittäminen, korjuukaluston tietokonesimulointi

Missoula, Montana

- pienikokoisen puun ja hakkuutähteiden korjuu vuoristossa

Morgantown, West Virginia

- vuoristometsien puunkorjuu

Seattle, Washington

- vuoristometsien puunkorjuu ja tienrakennuksen tietokoneavusteinen suunnittelu sekä ympäristöystävällisten korjuumenetelmien kehittäminen

USDA Forest Service, Equipment Development Center:

Missoula, Montana

San Dimas, California

Tennessee Valley Authority, Norris, Tennessee

YLIOPISTOT

Auburn University, Auburn, Alabama

University of California, Davis, California

University of Idaho, Moscow, Idaho

Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana

Louisiana Technical University, Ruston, Louisiana

University of Maine, Orono, Maine

Mississippi State University, Starkville, Mississippi

North Carolina State University, Raleigh, North Carolina

Oregon State University, Corvallis, Oregon

Purdue University, West Lafayette, Indiana

State University of New York, Syracuse, New York

Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia

University of Washington, Seattle, Washington

ISBN 951-40-0833-2
ISSN 0358-4283