

HARVENNUSOHJELMAN JA KIERTOAJAN VAIKUTUS METSIKÖN PUUN-
TUOTOKSEEN JA TALOUDELLISEEN TULOKSEEN YKSIJAKSOISISSA JA
PUHTAISSA KANGASMAAN MÄNNIKÖISSÄ JA KUUSIKOISSA.

Laskelmia taustamateriaaliksi Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion
metsänhoitosuosituksen uusimista varten

13.3.2006

Risto Ojansuu & Jari Hynynen
METLA, Vantaan toimintayksikkö

Sisällys	s.
1. TARKASTELUN TAVOITE JA LÄHESTYMISTAPA	2
2. MENETELMÄT	2
2.1. Laskenta-aineisto	3
2.2. Kasvatusohjelmat	3
2.2.1. Harvennukset	3
2.2.2. Kiertoaika	6
2.3. Kannattavuustarkastelu	7
2.3.1. Laskennan periaate	7
2.3.2. Puutavaralajit	7
2.3.3. Puun hinnat	7
2.3.4. Metsänkasvatuksen kustannukset	8
3. TULOKSET	10
3.1. Männiköt	10
3.1.1. Metsänkasvatuksen kannattavuus	10
3.1.2. Puuston kasvu	14
3.2. Kuusikot	17
3.2.1. Metsänkasvatuksen kannattavuus	17
3.2.2. Puuston kasvu	21
4. TULOSSIIN LIITTYVÄT RISKIT JA EPÄVARMUUDET	22
4.1. Laskentamalleihin liittyvät epävarmuudet	22
4.2. Laskennan lähtöoletuksiin liittyvät epävarmuudet	23
5. TULOSTEN YHTEENVETO	25
6. KIRJALLISUUS	28
Liitteet:	
I Leimausrajan vaikutus nettotulojen nykyarvoon, mänty	29
II Korkokannan vaikutus kiertoaikaan, mänty	47
III Leimausrajan vaikutus nettotulojen nykyarvoon, kuusi	56
IV Korkokannan vaikutus kiertoaikaan, kuusi	62

1. TARKASTELUN TAVOITE JA LÄHESTYMISTAPA

Tämä raportti on tehty taustamateriaaliksi kasvatusmetsien harvennuksia ja kiertoaikaa koskevien metsänhoitosuositusten uusimiseen. Raportissa tarkastellaan harvennusohjeiden ja kiertoajan vaikutusta metsikön puuntuotokseen ja taloudelliseen tulokseen yksijaksoisissa ja puhtaissa männiköissä ja kuusikoissa.

Tarkastelu perustuu metsiköiden kehitystä kuvaaviin laskelmiin, jotka on laadittu kasvu- ja tuotomallien avulla. Laskelmissa on esitetty vaihtoehtoisia kasvatusmetsien käsittelyohjelmia, jotka vaihtelevat harvennusten ajoituksen, voimakkuuden, harvennustavan sekä päätehakkuuajankohdan suhteen.

Laskelmiin perustuen on vertailtu erilaisten kasvatusohjelmien vaikutusta metsikön kasvatukselta saatavien nettotulojen nykyarvoon ja puuston kasvuun. Tarkastelu tuloksena saatiin esiin puuntuotokseen ja taloudelliseen tulokseen eniten vaikuttavat käsittelyohjelman ominaisuudet ja metsikön tuotoksen sekä tuoton herkkyys erilaisille harvennusohjelmille ja kiertoajoille eri korkokannoilla.

2. MENETELMÄT

Laskelmat toteutettiin metsikkötason tarkasteluna käyttäen Motti-ohjelmistoa (www.metla.fi/metinfo/Motti). Motti-ohjelmistossa metsikön kehitys kuvataan puujoukolla, jonka puulajit, läpimitat ja pituudet tunnetaan. Puun runkotilavuus ja eri puutavaralajit saadaan pituuden ja läpimitan avulla. Metsikön vastaavat tunnuksat muodostuvat puujoukon summana.

Metsikön kehitysennusteessa on mukana biologisina tapahtumina puiden kasvu ja kuoleminen. Kasvun ennuste perustuu puun pituuden sekä läpimitan kasvumalleihin ja puun latvusrajamalliin. Puiden kuoleminen perustuu metsikön itseharvenemisrajan malliin ja puun kuolemistodennäköisyyttä ennustavaan malliin.

Motti-ohjelmistossa käyttäjä voi määrittellä harvennuksen tehtäväksi haluttuna ajankohtana ja halutulla tavalla. Tässä laskelmassa harvennusvoimakkuuden kriteereinä käytettiin harvennuksen jälkeistä pohjapinta-alaa, sekä harvennettavan puuston osuutta kokonaispohjapinta-alasta. Harvennettavat puut valittiin runkolukujakaumasta läpimitan poistumaosuuden avulla.

Metsikön kehitys simuloitiin sulkeutuneesta taimikkovaiheesta päätehakkuuseen käyttäen erilaisia harvennusohjelmia ja kiertoaikoja. Lähtöpuustoina käytettiin keskimääräisiä hyvin onnistuneita metsiköitä, joiden valtapituus oli n. 7 m. Simuloinnin alkutilassa oletettiin tunnetuiksi tehtyjen uudistamistoimenpiteiden ajankohdat ja kustannukset.

Metsikkösimuloinnin tuloksena saatiin kunkin metsikön kaikille kasvatusohjelmille puuston kehitysennuste, hakkuukertymät, hakkuutulot ja metsänhoidon kustannukset, sekä niiden perusteella kiertoajan nettotulojen nykyarvo. Nettotulojen nykyarvo diskontattiin vaihtoehtoisilla laskentakorkokannoilla päättymättömänä sarjana metsikön perustamishetkeen. Tämä vastaa paljaan maan arvoa.

2.1. Laskenta-aineisto

Laskelmat tehtiin tyyppimetsiköille, joiden puustotiedot valittiin Metlan mittaamien inventoinnin seurantakoealaverkoston koealoista (ns. INKA ja TINKA-aineistot, Gustavsen ym. 1988). Nämä laskelmien lähtöpuustoina käytetyt koealat kuvaavat vakiintuneessa taimikkovaiheessa olevia laadultaan hyviä tai tyydyttäviä havupuuvaltaisia metsiköitä. Aineisto rajattiin varttuneisiin taimikoihin poimimalla metsiköt, joissa keskipituus oli yli 5m ja valtapituus alle 10 m.

Laskenta-aineisto jaettiin ositteisiin vallitsevan puulajin, metsikön perustamistavan, kasvupaikkatyyppin ja ilmastollisen vaihtelun perusteella (Taulukko 1). Laskelmat tehtiin erikseen männiköille ja kuusikoille. Männyn kasvupaikkoina tarkasteltiin kangasmaiden tuoreita, kuivahkoja ja kuivia kankaita. Kuusen kasvupaikat olivat lehtomainen ja tuore kangas. Männiköiden syntytapa oli tuoreilla kankailla istutus, kuivahkoilla kankailla kylvö ja kuivilla kankailla luontainen uudistaminen. Kaikki kuusikot oli perustettu istuttamalla.

Aineisto jaettiin kolmeen maantieteelliseen ositteeseen, jotka rajattiin lämpösummien perusteella. Etelä-Suomen osite kattoi alueen, jolla lämpösumma on yli 1200 dd. Väli-Suomessa lämpösumma vaihteli 1000 ja 1200 dd:n välillä. Pohjois-Suomen ositteessa lämpösumman ylärajana käytettiin arvoa 1000 dd.

Aineistosta ositteittain poimittuja puustojen keskitunnuksia käytettiin Motin puustotunnusten ennustemallien lähtötietoina. Metsikkötunnusten perusteella muodostettiin puuston kokojakaumat, joista poimittiin Motti-ohjelmiston laskennassa käyttämä puustotason lähtötieto.

Taulukko 1. Laskelmien tyyppimetsiköiden kasvupaikat pääpuulajeittain

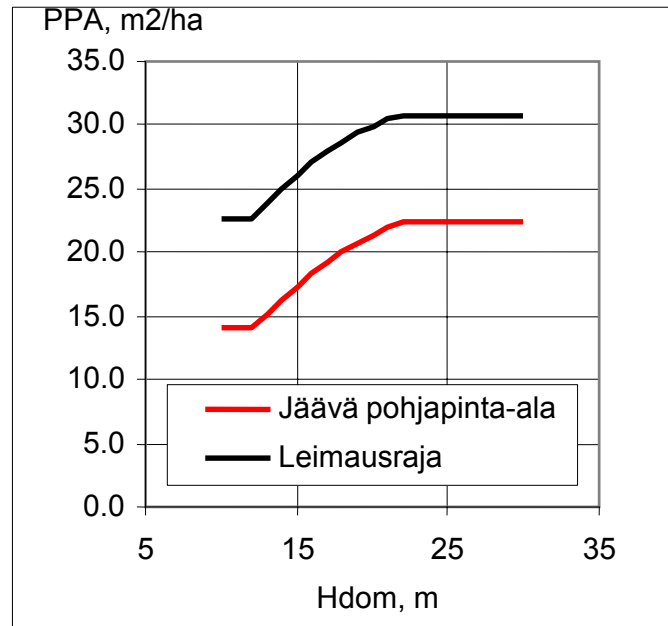
Lämpösumma C°vrk alueittain	Lehtomainen		Tuore		Kuivahko		Kuiva	
	Mänty	Kuusi	Mänty	Kuusi	Mänty	Kuusi	Mänty	Kuusi
1300 Etelä-Suomi		x	x	x	x			x
1100 Väli-Suomi		x	x	x	x			x
900 Pohjois-Suomi		x	x	x	x			x

2.2. Kasvatusohjelmat

2.2.1. Harvennukset

Laskelmissa vaihtoehdot metsikön kasvatusohjelmat poikkesivat toisistaan harvennusohjelman ja kiertoajan suhteen. Harvennusohjelman määritti harvennusmalli ja harvennustapa.

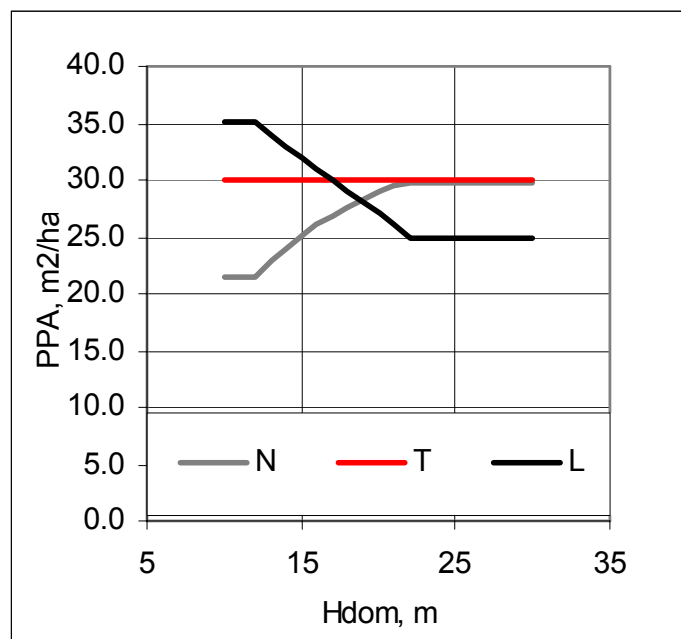
Harvennusmalli esitettiin perinteisellä tavalla siten, että siinä leimausraja ja harvennuksen jälkeinen puuston taso kuvataan tiettyä valtapituutta vastaavana pohjapinta-alana (kuva 1). Harvennusmallissa muunneltiin leimausrajan muotoa (3 vaihtoehtoa) ja tasoa (3 vaihtoehtoa) sekä poistumaprosenttia (3), joten jokaisella tyyppimetsikölle saatiin 27 erilaista harvennusmallia. Malissa poistuma on leimausrajan ja harvennuksen jälkeisen pohjapinta-alan erotus.



Kuva 1. Harvennusmallin periaate.

Harvennusmallin muoto

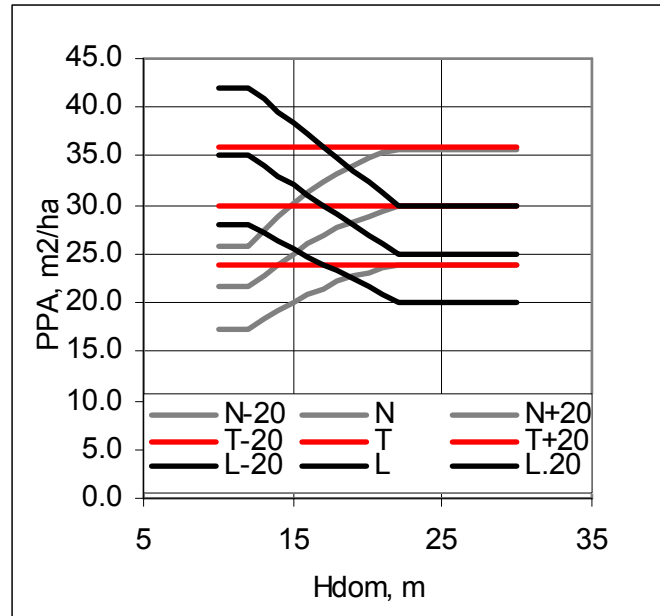
Leimausrajan muoto määrittää metsikön pohjapinta-alan kehityksen kiertoajan kuluessa. Tarkasteltavat harvennusmallin muodot olivat puustopääomaltaan nousevaa, tasainen tai laskevaa pohjapinta-alatason kehitys (kuva 2). Nouseva leimausraja vastaa muodoltaan Tapion vuoden 2001 metsänhoitosuosituksen leimausrajaa.



Kuva 2. Leimausrajan muoto: nouseva (N), tasainen (T) ja laskeva leimausraja Etelä-Suomen MT-kuusikossa. Nouseva vastaa Tapion suositusta (2001).

Puustopääoamataso

Kasvatettavan puuston määrän keskimääräistä tasoa vaihdeltiin leimausrajan tasoa säätelemällä. Leimausrajan perustasona pidettiin Tapion vuoden 2001 metsänhoitosuosituksen keskimääräistä tasoa. Siitä poikkeavina puustopääoman tasoina tarkasteltiin nykysuositusta 20 % korkeampaa ja 20 % matalampaa tasoa (kuva 3). Leimausrajat määritettiin puulajeittain ja kasvupaikkatyypeittäin erikseen Etelä - ja Pohjois-Suomelle.



Kuva 3. Puustopääoamatasot eri muotoisilla leimausrajoilla: Leimausrajan muodot: nouseva (N), tasainen (T) ja laskeva leimausraja Etelä-Suomen MT-kuusikossa. Puustopääoman tasot: nykysuositusten taso, 20 % nykysuosituksia korkeampi puustopääoamataso (+20) ja 20 % alempi taso (-20).

Harvennusten voimakkuus ja harvennuskertojen määrä

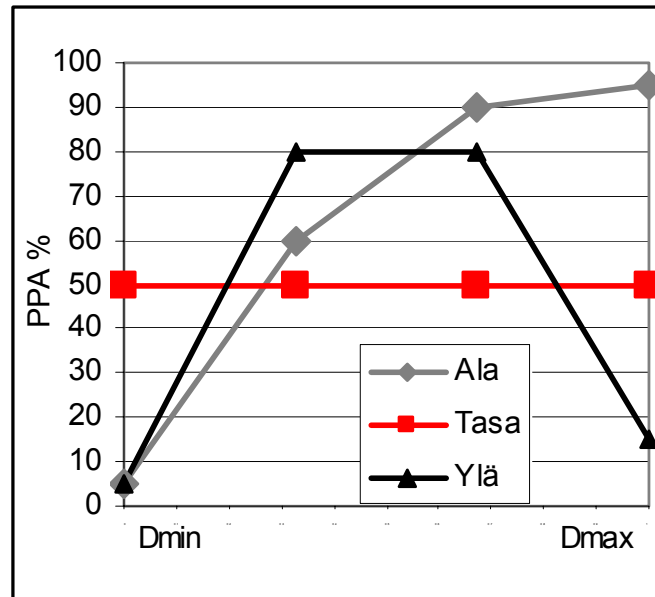
Jokaisen harvennuskerran harvennusvoimakkuus pidettiin koko kasvatusjakson ajan vakiotasolla. Harvennusvoimakkuus määritettiin suhteellisen poistumana harvennusta edeltävän puuston pohjapinta-alasta. Tarkasteltavat harvennusvoimakkuudet olivat 20, 30 ja 40 %.

Harvennuskertojen suurin sallittu määrä kiertoajan aikana oli kolme harvennusta.

Harvennustapa

Harvennustapoina tarkasteltiin alaharvennusta, tasaharvennusta ja yläharvennusta (kuva 4). Alaharvennuksessa poistuma kohdistui lähinnä pienimpiin kokoluokkiin. Yläharvennuksessa poistettiin sekä läpimittajakauman pienimpiä puita että osa suurimmista puista. Tasaharvennuksessa poistumaprosentti oli sama kaikissa

kokoluokissa. Harvennustavasta riippumatta jokaiseen kokoluokkaan jätettiin vähintään 5 % luokan pohjapinta-alasta kasvamaan.



Kuva 4. Harvennustapojen periaate. Periaatekuvassa vaaka-akselilla läpimittojen vaihteluväli ja pystyakselilla harvennuksessa kasvamaan jätettävän puuston suhteellinen osuus.

Ensiharvennus tehtiin muista harvennuksista poiketen aina alaharvennuksena. Lisäksi oletettiin, että ensiharvennuksen yhteydessä avataan ajourat. Se toteutettiin siten, että ensin varsinaista harvennusta 17 % pohjapinta-alasta poistettiin tasaharvennuksena kuvaamaan ajourien avaamista. Loput ensiharvennuspoistumasta harvennettiin alaharvennuksena

2.2.2. Kiertoaika

Kiertoajan vaikutusta tarkasteltiin simuloimalla kullekin harvennusohjelmalle eri pituisia kiertoaikoja. Päätehakkuun kriteerinä käytettiin puuston keskiläpimittaa. Päätehakkua läpimitan annettiin vaihdella 20:sta 36:een senttimetriin kahden senttimetrin välein. Kiertoajan aikana puusto harvennettiin aina kun puusto saavutti leimausrajan. Näin olen tietyn harvennusohjelman pitkillä kiertoajoilla harvennuksia tuli useampi kuin lyhyemmillä kiertoajoilla.

2.3. Kannattavuustarkastelu

2.3.1. Laskennan periaate

Jokaiselle kasvatusohjelmalle laskettiin kiertoajan nettotulojen nykyarvot 1-5 % korkokannoilla. Kaikki tulot ja kustannukset diskontattiin kiertoajan alkuun. Laskennassa sovellettiin Faustmannin kiertoaikamallin mukaista laskentakaavaa, joten kiertoajoiltaan eripituisten kasvatusohjelmien nettotulojen nykyarvot ovat keskenään vertailukelpoisia.

2.3.2. Puutavaralajit

Puun runkotilavuus ja puutavaralajien tilavuudet määritettiin Laasasenahon (1982) polynomirunkokäyrän avulla, jossa puun runkotilavuus tilavuus määritetään puun rinnankorkeusläpimitan ja pituuden avulla. Puutavaralajien mittavaatimukset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2 Puutavaralajien mittavaatimukset.

	Minimilatvaläpimita, cm		Tukin pituus, m		
	Kuitu	Tukki	Min	tavoite	Max
Mänty	7,0	14,5	3,1	4,9	6,1
Kuusi	8,0	15,5	3,7	4,9	6,1
	Tukin minimilatvaläpimitat (cm) tukin pituuden funktiona				
	3.1 m	3.4 m	3.7 m	4.0 m	4.3 m
Mänty	20,5	18,5	18,5	16,5	14,5
Kuusi			19,5	17,5	16,5

Dimensioihin perustuvasta tukkisaannosta osa ei täytä tukin muita minimivaatimuksia. Tukkipuusta vähennettiin osa kuitupuuksi tukkivähennysmallin avulla, joka perustuu Valtakunnan metsien 7. inventointiin (Hynynen ym. 2002). Ensiharvennuksesta ei oletettu saatavan tukkia, vaan kaikki ainespuu oli kuitua.

2.3.3. Puun hinnat

Tarkastelussa puun hinnan lähtökohtana käytettiin laskennallisia tienvarsihintoja. Ne saatiin lisäämällä keskimääräisiin kantohintoihin (v. 2005 hintataso) keskimääräiset tukin ja kuidun korjuun yksikkökustannukset (Örn 2002). Männyllä käytettiin tukkipuulle kahta erilaista tienvarsihinnoittelua: vakiohintaa ja rungon järeyden mukaan nousevaa hintaa. Kuusella käytettiin sekä kuidulle että tukille vakiohintoja.

Etelä- ja Pohjois-Suomelle käytettiin eri hintoja. Lisäksi tuoreen kankaan männikoissä hinnan nousu järeyden kasvaessa oletettiin pienemmäksi kuin karuimmilla kasvupaikoilla. (Taulukko 3)

Taulukko 3. Laskennassa sovelletut laskennalliset tienvarsihinnot. D on pohjapinta-alalla painotettu keskilämpimitta, cm.

	Mänty				Kuusi	
	Vakiohintaa		Järeystä riippuva hinta		Vakiohintaa	
	Kuitu	Tukki	Kuitu	Tukki	Kuitu	Tukki
Etelä-S., tuore+	24,07	51,45	20,07	41,12+1,5*(D-20)	24,31	46,78
Etelä-S., kuivahko-	24,07	51,45	20,07	41,12+2.0*(D-20)		
Pohjois-S., tuore+	24,31	46,78	24,31	37,12+1,3*(D-20)	27,02	37,26
Pohjois-S., kuivahko-	24,31	46,78	24,31	37,12+1,3*(D-20)		

Laskelmassa sovelletut puun kantohinnat laskettiin vähentämällä laskennallisista tienvarsihinnoista Motti-ohjelmistolla lasketut korjuukustannukset. Kustannusmallit sisältävät korjuun ja lähikuljetuksen kustannukset. Mallit perustuvat korjuukoneiden ajanmenekkiin. Hakkuun tuntikustannuksena käytettiin 76,67 €/h ja lähikuljetuksessa 53,35 €/h. Malleissa aikamenekki ennustettiin 1990-luvun alun tekniikkaan perustuvien koneellisen korjuun ajanmenekkimallien avulla (Kuitto ym. 1994).

Leimikon kantohinnasta vähennettiin lopuksi hehtaariohtainen hallinnollinen kustannus 100 €/ha.

2.3.4. Metsänkasvatuksen kustannukset

Metsänkasvatuksen kustannuksiin sisällytettiin metsikön perustamiskustannukset ja taimikonhoitokustannukset. Laskelmissa oletettiin kasvupaikka- ja puulajikohtaiset uudistamis- ja taimikonhoitotyöt, joiden tarve ja kustannukset arvioitiin Tapion edustajien Hannu Niemelän ja Matti Ruotsalaisen kanssa (taulukko 4). Kuusikot ja tuoreen kankaan männiköt oletettiin istutetuiksi, kuivahkon kankaan männiköt kylvetyiksi ja kuivan männiköt luontaisesti uudistetuiksi. Ensimmäinen taimikonhoito (varhaisperkaus) oletettiin tehdyksi noin 1 m:n pituudessa. Varsinainen taimikonhoito tehtiin männyllä n. 6 m:n pituudessa ja kuusella 3 m:n pituudessa. Luontaisen uudistamisen tapauksessa siemenpuiden poiston aiheuttamia tuloja ja kustannuksia ei otettu laskelmissa huomioon.

Taulukko 4. Laskelmissa sovelletut uudistamis- ja taimikonhoitokustannukset (€/ha).

		Raivaus		Maanmuokkaus		Tuore istutus kuivahko kylvö, kuiva luontainen		Taimikonhoito 1 h = 1 m		Taimikonhoito 2 h = 6 m			
		vuosi	hinta	vuosi	hinta	vuosi	hinta	vuosi	hinta	vuosi	hinta		
Mänty	1300	MT	0	120	0	150	1	750	6	170	18	350	
		VT	0	90	1	125	2	165	6	170	20	250	
		CT			1	120					15	250	
		1100	MT	0	120	0	150	1	750	7	170	20	350
		VT	0	90	1	125	2	165	7	170	22	250	
		CT			1	120					17	250	
		900	MT	0	70	1	130	2	150	10	150	27	300
		VT	0	60	1	125	2	150	10	150	27	200	
		CT			1	100					25	200	
		Raivaus		Maanmuokkaus		Istutus		Taimikonhoito 1 h = 1 m		Taimikonhoito 2 h = 3 m			
		vuosi	hinta	vuosi	hinta	vuosi	hinta	vuosi	hinta	vuosi	hinta		
Kuusi	1300	OMT	0	0	0	260	1	750	6	200	12	300	
		MT	0	0	0	260	1	700	8	170	14	250	
		1100	OMT	0	0	0	260	1	750	7	200	14	300
		MT	0	0	0	260	1	700	9	170	16	250	
		900	OMT	0	0	1	220	2	600	10	150	18	250
		MT	0	0	1	220	2	600	13	150	21	200	

3. TULOKSET

3.1. Männiköt

3.1.1. Metsänkasvatuksen kannattavuus

Harvennusohjelma

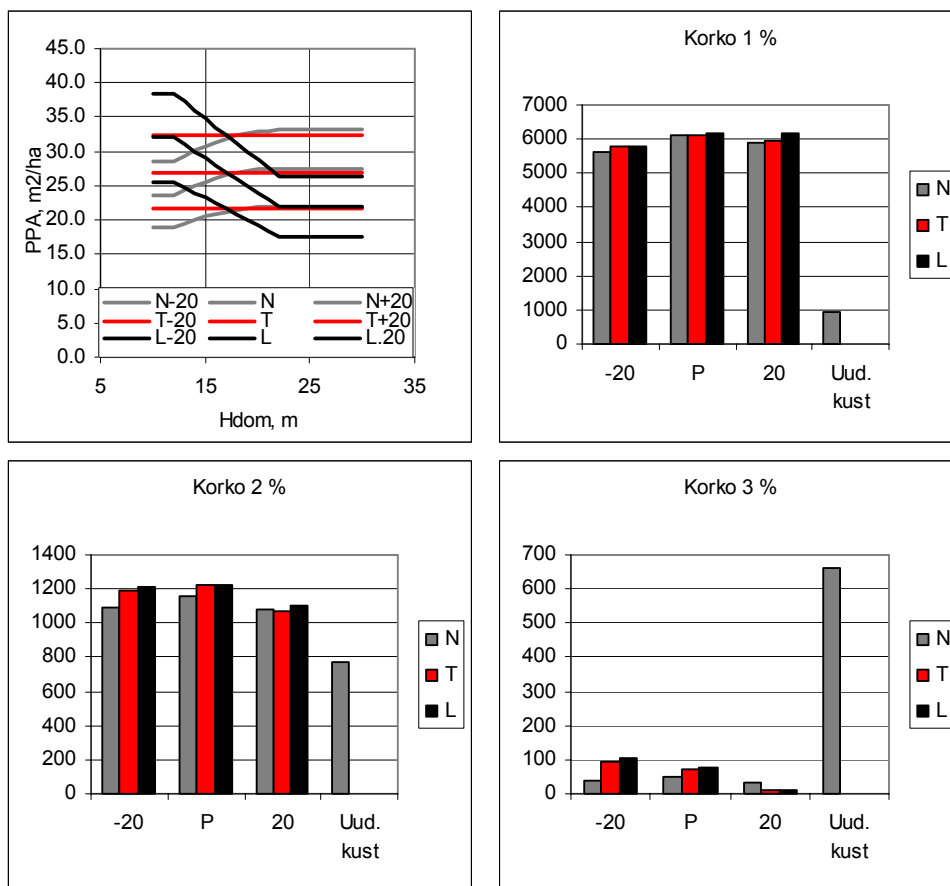
Tässä luvussa esitetään yleiset tulokset harvennusohjelman vaikutuksesta männiköiden nettotulojen nykyarvoon. Leimausrajan muodon ja tason vaikutuksia kuvaavat tulokset on esitetty graafisesti liitteessä I.

Liitteen I kuvien tulkintaa valaisevana esimerkkinä tarkastellaan kuvassa 5 esitettyä lämpösumma-alueella 1100 C° vrk sijaitsevan kuivahkon kankaan männikön tuloksia, kun käytettiin tukin järeydestä riippuvaa hintaa. Vasemman yläkulman kuvassa esitetään käytetyt leimausrajat. Muissa osakuvissa esitetään nettotulojen nykyarvo leimausrajan muodon ja korkeuden funktiona eri korkokannoilla. Kunkin pylvään arvo vastaa poistumatasoltaan, harvennustavaltaan ja kiertoajaltaan leimausrajan suhteen parasta vaihtoehtoa.

Kuvasta 5 nähdään, että 1 %:n korkokannalla matala puustopääoma (-20) antoi selvästi huonoimman tuloksen. Nykysuosituksen mukainen puustopääoman taso (P) johti kaikilla leimausrajan muodoilla hyvään tulokseen, kun taas korkean puustopääoman tapauksessa (20) parhaan tuloksen antoi laskeva puustopääoma. Tuloksia tulkittaessa on kuitenkin otettava huomioon, että korkea ja laskeva puustopääoman vaihtoehdon (20 musta) leimausraja on erittäin korkealla ensiharvennusvaiheessa (vasen yläkuva). Siihen sisältyy kasvun alenemisen ja tuhon riski, jota mallit eivät ota luotettavasti huomioon (ks. luku 4.1).

Korkokannan ollessa 2 %, antoi nykysuositusten mukainen puustopääoma korkeimman nettotulojen nykyarvon ja korkea puustopääoma oli selvästi huonoin. Nouseva ja laskeva puustopääoma antoivat laskevaa puustopääomaa suuremman nettotulojen nykyarvon. Korkokannalla 3 % johti matala puustopääoma yhdistettynä laskevaan leimausrajaan parhaaseen tulokseen.

Pylväskuvissa annetaan lisäksi päättymättömänä sarjana alkuhetkeen diskontatut uudistamiskustannukset. Euron pienennys tässä pylväässä kasvattaa vastaavasti eurolla muita pylviä eli nettotulojen nykyarvoja. Kuvasarjasta näkyy, miten uudistamiskustannusten merkitys kasvoi korkokannan kasvaessa. Tässä tapauksessa 3 %:n korkokannalla pienetkin säästöt uudistamiskustannuksissa vaikuttivat enemmän kuin leimausraja.



Kuva 5. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1100 °C vrk, kuivahko kangas. Tukilla on järeydestä riippuva hinta.

Yleiset johtopäätökset männiköiden harvennusohjelmasta esitetään seuraavassa erikseen leimausrajan muodon, puustopääoman tason, harvennusvoimakkuuden ja harvennustavan suhteen.

Leimausrajan muodon vaikutus nettotulojen nykyarvoihin oli pienekkö, yleensä erot olivat alle 10 prosentin luokkaa. Keskimäärin paras tulos saavutettiin tasaisen tai laskevan puustopääoman harvennusmalleilla. Korkeilla laskentakoroilla nousevan puustopääoman harvennusmallin antama tulos jäi selkeästi muita heikommaksi. Pohjois-Suomessa harvennusmallin muodon vaikutus oli pienempi kuin Etelä-Suomessa. Tukin järeyshinnoittelu ei vaikuttanut erimuotoisten leimausrajojen paremmuusjärjestykseen

Puustopääoman eri tasojen (matala, nykysuositusten mukainen, korkea) vaikutus nettotulojen nykyarvoihin oli enimmillään n. 15 prosentin suuruusluokkaa, jos nettotulojen nykyarvo oli selvästi suurempi kuin uudistamiskustannukset. Huonoimpaan tulokseen johti pääsääntöisesti matala puustopääomataso. Etelä-Suomessa korkea ja

nykyinen puustopääomataso osoittautuivat parhaiksi. Väli-Suomessa (1100 V C°vrk) ja Pohjois-Suomessa (900 C°vrk) erot olivat Etelä-Suomea (900 C°vrk) pienemmät, mutta nykyisten harvennusmallien puustopääomataso tuotti keskimäärin parhaan tuloksen. Korkokannan ja puustopääoman välillä oli selvä yhteys. Matalilla korkokannoilla korkean puustopääoman harvennusohjelmat olivat suhteellisesti kannattavampia kuin matalat puustopääomat, kun taas korkeilla, yli kolmen prosentin koroilla tilanne oli päinvastainen. Tukin järeyshinnoittelu ei vaikuttanut eri puustopääomatasojen väliseen paremmuusjärjestykseen.

Tukin tasahinnoin laskettaessa 30 %:n harvennusvoimakkuus tuotti keskimäärin parhaat tulokset. Järeyshintoja sovellettaessa 40 %:n harvennusvoimakkuudet osoittautuivat useimmiten kannattavimmiksi.

Harvennustavoista parhaaksi osoittautui yläharvennus. Alhaisilla koroilla laskettuna yläharvennuksen paremmuus muihin harvennustapoihin oli n. 5 %:n luokkaa. Korkeita korkoja käytettäessä ero oli suurempi (10 %). Tukin järeyshinnoittelu ei juuri vaikuta harvennustapojen väliseen paremmuusjärjestykseen.

Uudistamisjäreys ja kiertoaika

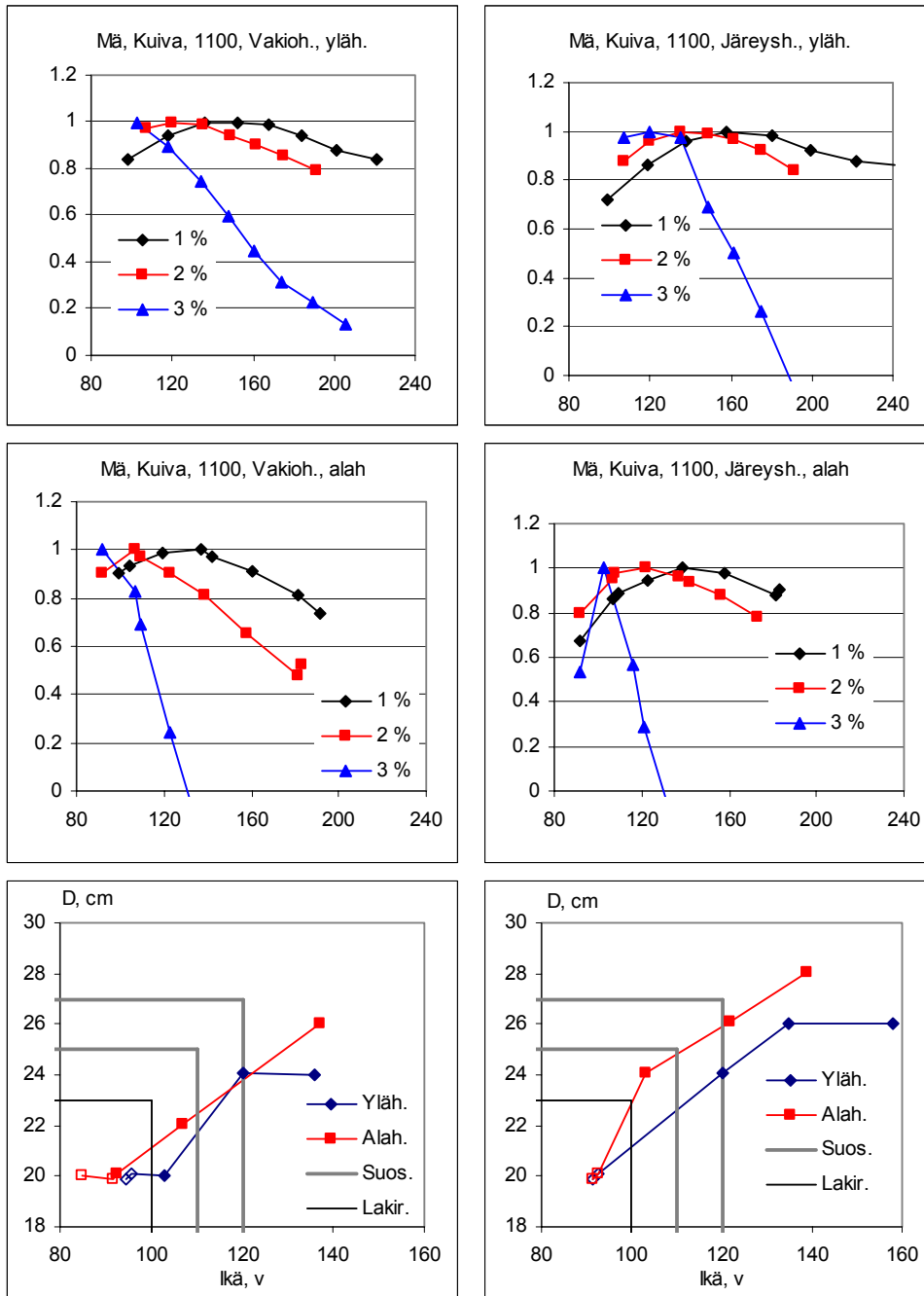
Tässä luvussa esitetään yleiset tulokset uudistamisajankohdan vaikutuksesta männiköiden nettotulojen nykyarvoon. Parasta kiertoaikaa kuvaavat tulokset, ja nettotulojen nykyarvon herkkyyttä kiertoajan pituudelle kuvaavat tulokset on esitetty graafisesti liitteessä II. Ensin esitetään kuvien tulkintaa havainnollistava esimerkki.

Kuvassa 6 on lämpösumma-alueen 1100 C°vrk kuivahkon kankaan männikön tulokset. Tulokset esitetään erikseen yläharvennukselle ja alaharvennukselle. Vasemmalla puolella on käytetty tukin vakiohintaa ja oikealla järeysporrastettua hintaa.

Alimmalla rivillä esitetään parhaan harvennusohjelman edullisin uudistamisajankohta metsikön iän ja pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan funktiona eri korkokannoilla. Avoimet symbolit merkitsevät negatiivista nettotulojen nykyarvoa. Yläharvennusta käytettäessä kaikki positiivisen nettotulojen nykyarvon antaneet kiertoajat olivat lakirajan yläpuolella. Kiertoaika lyheni ja uudistamisläpimita pieneni korkokannan kasvaessa. Hinnoittelutapa vaikutti kiertoaikaan siten, että järeyshinnoittelua käytettäessä kiertoajat olivat selkeästi pidempiä erityisesti matalilla korkokannoilla. Järeyshinnoittelussa alaharvennus johti yläharvennusta suurempaan keskiläpimitaan ja jossain määrin lyhyempään kiertoaikaan. Uudistamisraja oli 3 %: korkokannalla nykyistä lakirajaa alempana alaharvennettaessa.

Ylärivin kuvat esittävät kiertoajan pituuden suhteellista vaikutusta nettotulojen nykyarvoon käytettäessä parasta yläharvennukselle sallivaa harvennusohjelmaa. Harvennuksia tehtiin harvennusohjelman määräämällä tavalla ja kiertoajan pituutta muutettiin. Vertailutasona on kullakin korkokannalla parhaan taloustuloksen tuottaneen kiertoajan kasvatusohjelma (arvo = 1). Muiden kiertoaikojen tuottamat tulokset on esitetty siihen suhteutettuna (arvo < 1). Kiertoajan lyhentäminen vaikutti voimakkaasti nettotulojen nykyarvoa pienentävästi, mutta kiertoajan pidentäminen pienensi nettotulojen nykyarvoa hitaasti erityisesti matalilla korkokannoilla. Keskimmäisen rivin kuvat

osoittavat, että alaharvennuksia käytettäessä nettotulojen nykyarvo laskee nopeammin kiertoaikaa jatkettaessa kuin yläharvennuksilla.



Kuva 6. Männikön nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennusohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoajat korkokannan vaihdellessa yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Vasemmalla on tukin tasahinta, oikealla järeysporrastettu hinta. Lämpösumma 1100, kuiva kangas.

Koko aineistossa (Liite II) laskentakorkokanta vaikutti ratkaisevasti parhaan taloustuloksen tuottavaan päätehakkujäreytyeen ja kiertoaikaan. Yhden prosentin laskentakorolla ja tukin vakiohinnoilla laskettuna kiertoaika vaihteli Etelä-Suomen tuoreen kankaan 90 vuoden ja Pohjois-Suomen kuivan kankaan 130 vuoden välillä. Uudistamisläpimitta vaihteli parhaan kasvupaikan 30 cm:stä karuimman kasvupaikan 22 cm:iin. Neljän prosentin korkoa käytettäessä vastaava vaihteluväli oli 70:stä (28 cm) 104 vuoteen (20 cm).

Tarkasteltaessa parhaan taloustuloksen tuottavia ratkaisuja nähdään, että kahta poikkeusta lukuun ottamatta kaikissa positiivisen nettotulojen nykyarvon tuottavissa ratkaisuisa uudistamisjäreys männikössä oli vähintään 22 cm.

Järeyshinnoittelu johti tasahinnoittelua pidempiin kiertoaikoihin. Ero oli keskimäärin n. 20 vuotta. Eniten järeyshinnoittelu lisäsi kiertoaikaa alhaisilla koroilla. Käytettäessä 1 %:n korkokantaa kiertoajat olivat järeyshinnoittelua käytettäessä keskimäärin 21 vuotta pidempiä kuin tasahinnoin. Vastaavasti 4 ja 5 % koroilla kiertoaikaero oli vain 5 vuotta.

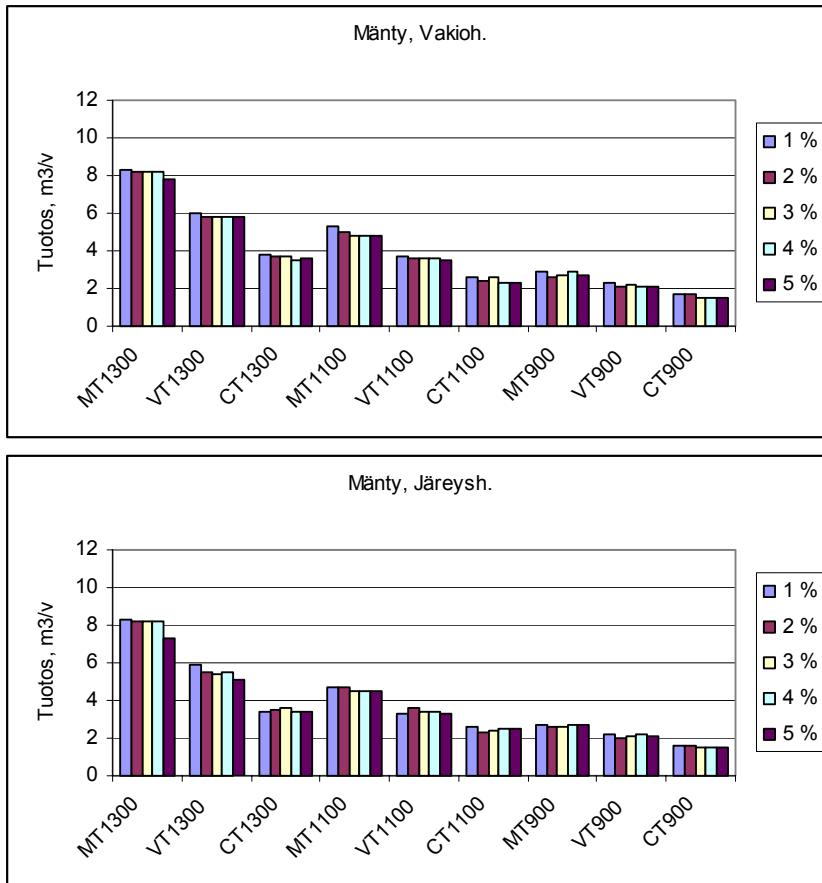
Parhaan tuloksen tuottavaa kiertoaikaa lyhyemmät kiertoajat johtivat selvästi heikompaan taloustulokseen, mutta kiertoaikaa pidennettäessä nettotulojen nykyarvon suhteellinen aleneminen oli paljon hitaampaa, varsinkin alhaisilla korkokannoilla. Korkeilla korkokannoilla nettotulojen nykyarvon vaihtelu oli jyrkempää. Alaharvennetuissa metsissä kiertoajan pidentäminen parhaasta vaihtoehdosta vähensi nettotulojen nykyarvona jyrkemmin kuin yläharvennetuissa metsissä. Tukin järeyshinnoittelu ei mainittavasti vaikuttanut nettotulojen nykyarvon herkkyyteen kiertoajan muutoksille.

Parhaan taloustuloksen tuottavien kasvatusketjujen kiertoaikoja tarkasteltiin suhteessa nykyisiin uudistamiskypsyiden lakirajoihin. Mäntytukin vakiohintaa sovellettaessa alhaisilla korkokannoilla (1 ja 2 %) parhaan tuloksen tuottavissa ratkaisuisa kiertoajat olivat lain edellyttämien uudistamiskriteerien minimirajojen yläpuolella. Korkeimmilla koroilla (3, 4 ja 5 %) parhaiden kasvatusohjelmien kiertoajat olivat pääsääntöisesti alle nykyisten lain sallimien uudistamiskriteerien. Tosin näistä lakirajat alittavista ratkaisuisa yli puolet johti negatiivisiin nettotulojen nykyarvoihin.

Tukin järeyshinnoittelua käytettäessä parhaiden kasvatusohjelmien kiertoajat olivat pidemmät kuin vakiohinnoin laskettuna. Positiivisen nettotulojen nykyarvon antaneilla korkokannoilla ainoastaan tuoreen kankaan männikkö lämpösummalla 1300 C°vrk johti nykyistä lakirajaa lyhyempään kiertoaikaan. Järeyshinnoittelun vaikutus parhaiden ratkaisujen kiertoaikoihin oli Pohjois-Suomessa pienempi kuin etelämpänä.

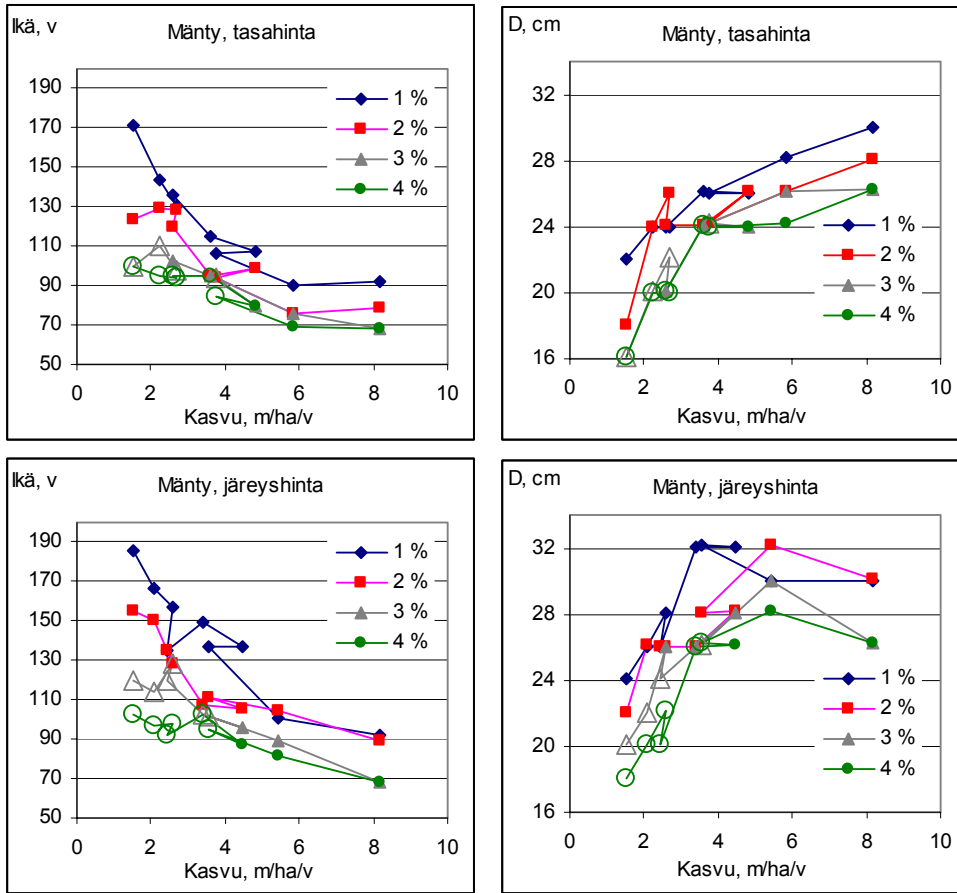
3.1.2. Puuston kasvu

Puuston keskimääräiset vuotuiset kasvut parhaiksi osoittautuneissa kasvatusohjelmissa on esitetty kuvassa 7. Männiköiden kasvut vaihtelivat Etelä-Suomen parhaiden kasvupaikkojen kahdeksasta kuutiometrillä Pohjois-Suomen karujen maiden vajaan kahteen kuutiometriin. Käytetty laskentakorko ei paljonkaan vaikuttanut keskikasvuihin. Yleensä matalia korkokantoja käytettäessä kasvatettavan puustopääomat olivat suuremmat, mikä heijastui hieman myös kasvuihin. Tosin kasvuerot olivat muutamien prosenttien luokkaa. Sen sijaan kiertoajan kokonaistuotokset vaihtelivat huomattavasti eripituisten kiertoaikojen mukaan.



Kuva 7. Männiköiden parhaiden kasvatusohjelmien keskimääräinen runkopuun tuotos kiertoajalla (keskikasvu $\text{m}^3/\text{ha}/\text{v}$).

Uudistamiskriteerien arvot riippuvat voimakkaasti puuston keskikasvusta (Kuva 8). Uudistamisikä laski tasaisesti keskikasvun pienentyessä kaikilla korkokannoilla. Uudistamisläpimitta laski säännöllisesti keskikasvun ollessa alle $4 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$, mutta paremmilla kasvupaikoilla muutos oli vähäinen erityisesti järeysinnoittelua käytettäessä.



Kuva 8. Parhaiden kasvatusohjelmien uudistamishakkuukriteerien riippuvuus keskikasvusta männiköissä. Korkokannat 1 - 4 %. Avoimet symbolit merkitsevät negatiivista nettotulojen nykyarvoa.

3.2. Kuusikot

3.2.1. Metsänkasvatuksen kannattavuus

Harvennusohjelma

Harvennusohjelman vaikutusta kuusikon nettotulojen nykyarvoon tarkastellaan ensin esimerkin avulla. Kuvassa 9 esitetään lämpösumma-alueen 1300 C°vrk tuoreen kankaan kuusikon tuloksia. Kuvista nähdään, että nettotulojen nykyarvo on positiivinen vielä 4 %:n korkokannalla. Korkokannan ollessa 1 % puustopääoman suurentaminen kasvatti nettotulojen nykyarvoa voimakkaasti. Korkokannan kasvaessa keskimääräinen puustopääoman taso nousi parhaaksi. Tasainen puustopääoma johti parhaaseen tulokseen 3 %:n korkokantaan asti, mutta sitä korkeammilla korkokannoilla laskeva puustopääoma antoi yhtä hyvän tuloksen. Korkokannan ollessa 3 %, perustamishetkeen diskontatut uudistamiskustannukset olivat n. 65 % nettotulojen nykyarvosta ja 4 %:n korkokannalla moninkertaiset nettotulojen nykyarvoon verrattuna. Matalilla korkokannoilla (1- 2 %) harvennusohjelmalla oli määräävä merkitys kokonaistuloksen kannalta, mutta suuremmilla korkokannoilla uudistamismenetelmän merkitys kasvoi.

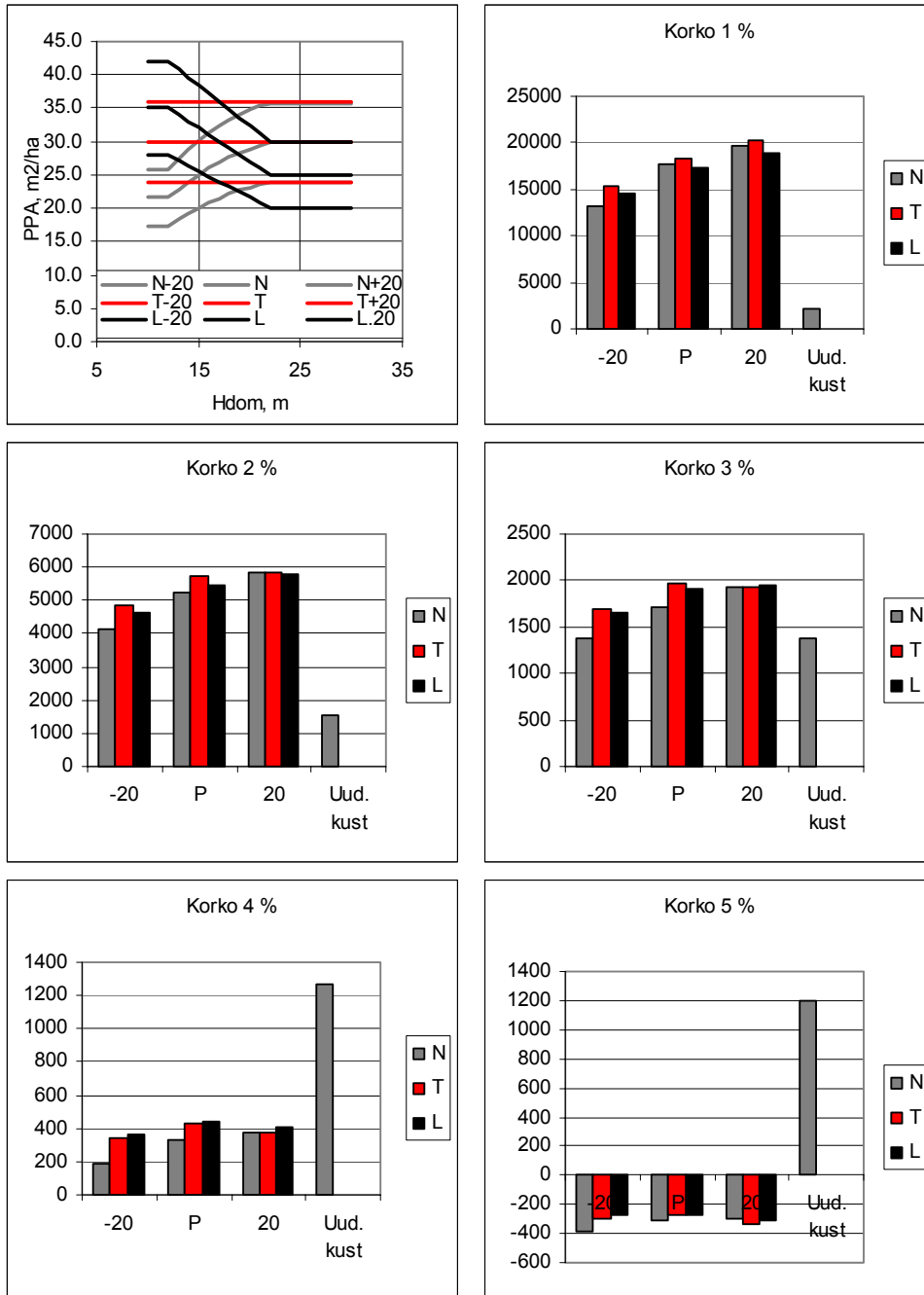
Koko aineistoa (Liite III) koskevat johtopäätökset kuusikoiden harvennusohjelmasta esitetään erikseen leimausrajan muodon, puustopääoman tason, harvennusvoimakkuuden ja harvennustavan suhteen.

Harvennusmallin muodolla oli pieni vaikutus kasvatusohjelman nettotulojen nykyarvoihin. Parhaissa ratkaisuisa erimuotoisten harvennusmallien väliset erot olivat yleensä alle 10 prosentin suuruusluokkaa. Alhaisilla korkokannoilla tasaisen ja nousevan puustopääoman mallit olivat kannattavimpia. Laskevan puustopääoman harvennusmallin kannattavuus alkoi suhteellisesti parantua korkeilla korkokannoilla. Niin ikään maan keski- ja pohjoisosien mustikkatyypillä laskevan puustopääoman malli osoittautui yhtä hyväksi kuin tasaisen puustopääoman malli.

Puustopääoman tason merkitys lopputulokseen oli suurempi kuin harvennusmallin muodolla tai harvennustavalla. Eri tasojen väliset erot olivat n. 10 - 20 %:n luokkaa. Korkeat puustopääomat tuottivat parhaan tuloksen. Mitä pienempää laskentakorkoa laskemissa sovellettiin, sitä paremman tuloksen korkean puustopääoman kasvatusohjelma tuotti muihin verrattuna. Nykysuosituksia alemmat puustopääomatasot johtivat pääsääntöisesti muita heikompaan taloustulokseen.

Suurimmassa osassa parhaita ratkaisuja harvennusvoimakkuus oli 30 prosenttia.

Harvennustapa vaikutti kasvatusohjelmien nettotulojen nykyarvoon samalla tapaa kuin männiköissä. Yläharvennus tuotti parhaat ratkaisut kaikilla alueilla ja korkokannoilla. Alhaisilla koroilla (1-2 %) yläharvennetut kasvatusohjelmat tuottivat keskimäärin hieman alle 10 % muita paremman tuloksen. Korkeammilla koroilla (3 -4 %) vastaava ero oli n. 10-15%



Kuva 9. Kuusiko vaihteoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1300 °C vrk, tuore kangas

Kiertoaika ja uudistamisjäreys

Parasta kiertoaikaa kuvaavat tulokset, ja nettotulojen nykyarvon herkkyyttä kiertoajan pituudelle kuvaavat tulokset on esitetty graafisesti liitteessä II. Ensin esitetään kuvien tulkintaa havainnollistava esimerkki.

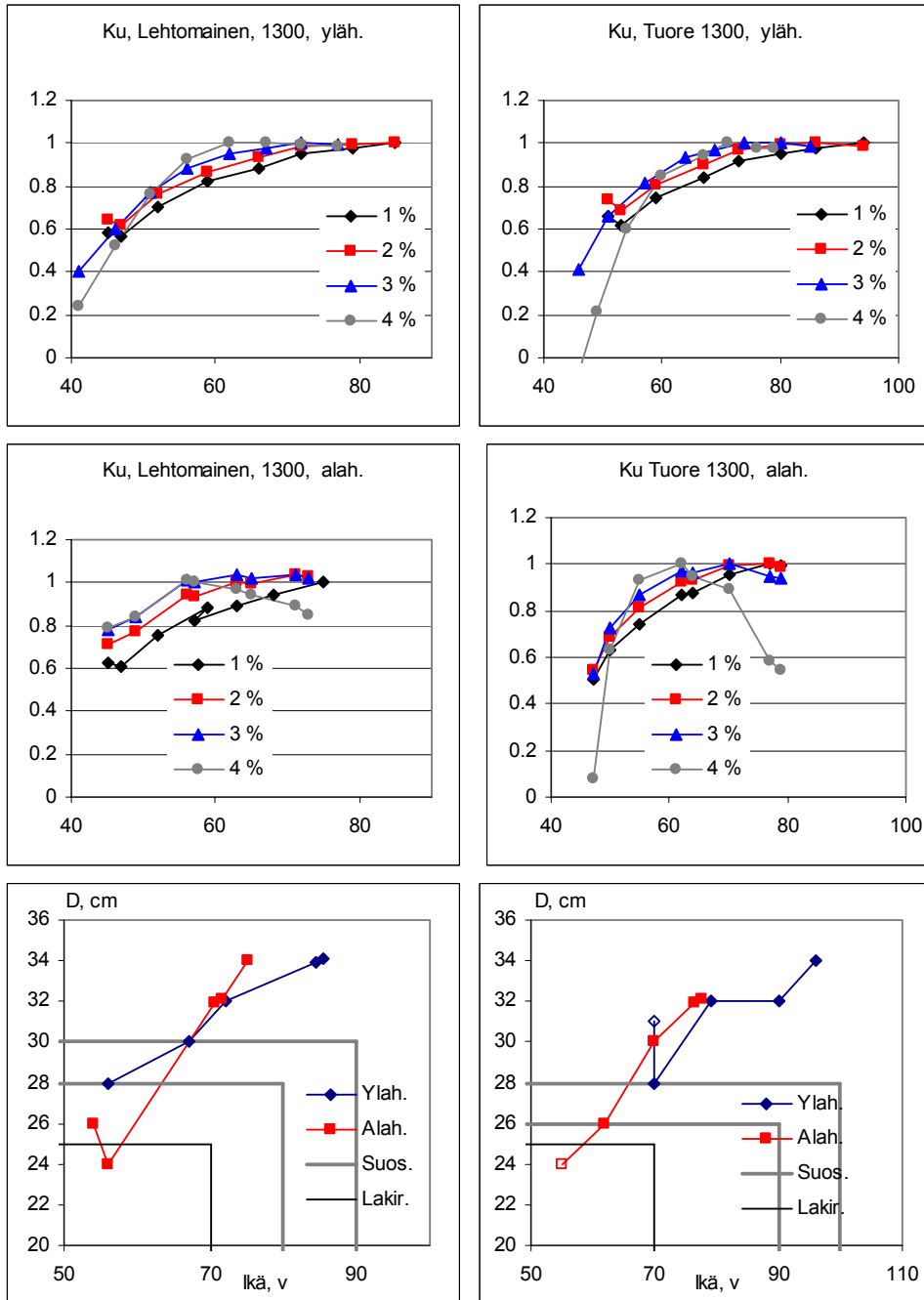
Kuvassa 10 on lämpösumma-alueen 1300 C° vrk lehtomaisen ja tuoreen kankaan kuusikoiden tulokset. Tulokset esitetään yläharvennukselle ja alaharvennukselle. Lehtomaisella kankaalla 4-5 %:n korkokannoilla parhaan vaihtoehdon uudistamisläpimitta on nykyisen lakirajan tuntumassa. Yläharvennukset johtavat jonkin verran pidempiin kiertoaikoihin kuin alaharvennukset.

Kiertoajan lyhentäminen parhaasta pienensi nettotulojen nykyarvoa nopeasti. Sen sijaan kiertoajan jatkaminen pienensi nettotulojen nykyarvoa hyvin hitaasti

Koko aineistossa (Liite IV) parhaan taloustuloksen tuottavan kasvatusohjelman kiertoaika ja uudistamisjäreys riippuivat ratkaisevasti laskentakorosta. Käytettäessä yhden prosentin laskentakorkoa kiertoaika vaihteli Etelä-Suomen lehtomaisen kankaan 85 vuodesta (uudistamisläpimitta 34 cm) Pohjois-Suomen tuoreen kankaan 149 vuoteen (28 cm). Vastaavasti neljän prosentin korkoa käytettäessä vastaava vaihteluväli oli 67:stä (28 cm) 104 vuoteen (20 cm). Tarkasteltaessa parhaan taloustuloksen tuottavia ratkaisuja nähdään, että kaikissa positiivisen nettonykyarvon tuottavissa ratkaisuisa uudistamisjäreys oli vähintään 26 cm.

Parhaan tuloksen tuottavaa kiertoaikaa lyhyemmät kiertoajat johtavat selvästi heikompaan taloustuloksen kuten männylläkin. Sen sijaan kiertoaikaa pidennettäessä nettotulojen nykyarvon suhteellinen aleneminen on hyvin vähäistä. Matalilla koroilla ja yläharvennetuissa metsissä taloustulos ei heikentynyt kiertoaikaa pidentyessä juuri lainkaan. Korkeammilla koroilla ja alaharvennetuissa puustoissa pitkät kiertoajat heikensivät taloustulosta, mutta eivät yhtä voimakkaasti kuin männiköissä.

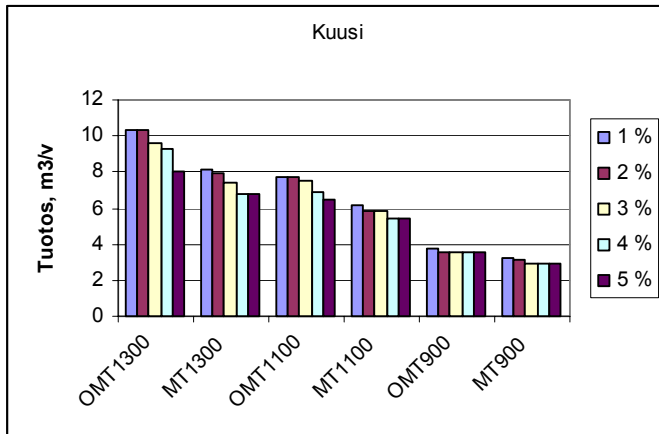
Parhaan taloustuloksen tuottavien kasvatusketjujen kiertoaikoja tarkastelu suhteessa nykyisiin uudistamiskypsyyden lakirajoihin osoitti, että kiertoajat olivat kuusella kaikilla korkokannoilla pääsääntöisesti suurempia kuin nykyiset lain edellyttämät minimirajat. Korkeita laskentakorkoja sovellettaessa muutama kasvatusohjelma johti lakirajat alittavaan kiertoaikaan, mutta yhtä lukuun ottamatta kaikissa nettotulojen nykyarvot olivat negatiivisia.



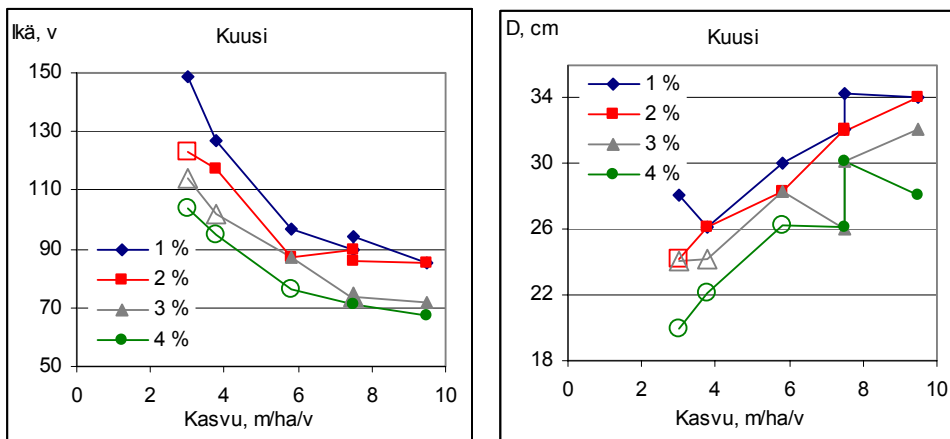
Kuva 10. Kuusikon nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennusohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoajat korkokannan vaihdella yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Lämpösomma 1300, lehtomainen (vasen) ja tuore (oikea) kangas.

3.2.2. Puuston kasvu

Kuusikoiden keskikasvut on esitetty kuvassa 11. Kasvupaikan ja alueen mukaan keskikasvut vaihtelivat kolmen ja kymmenen kuutiometrin välillä. Kuusikoissa käytetty korkokanta vaikutti keskikasvuun hieman männiköitä enemmän. Matalilla koroilla, joilla puustopääomat olivat suurimmat ja kiertoajat pisimmät kasvut olivat enimmillään noin 10 prosenttia suuremmat kuin korkeiden korkojen ja alempien puustopääomien kasvatusohjelmissa. Kuten männiköissäkin, koko kiertoajan kokonaistuotos vaihteli kiertoajan pituuden mukaan. Uudistamiskriteerien riippuvuus keskikasvusta oli kiinteämpi kuin männyllä (kuva 12)



Kuva 11. Kuusikoiden parhaiden kasvatusohjelmien keskimääräinen runkopuun tuotos kiertoajalla.



Kuva 12. Parhaiden kasvatusohjelmien uudistamishakkuukriteerien riippuvuus keskikasvusta kuusikoissa. Korkokannat 1 - 4 %. Avoimet symbolit merkitsevät negatiivista nettotulojen nykyarvoa.

4. TULOSKSIIN LIITTYVÄT RISKIT JA EPÄVARMUUDET

Tämä tarkastelu perustuu mallipohjaisiin laskelmiin ja toimintaympäristöä kuvaaviin lähtöoletuksiin. Saatujen tulosten luotettavuus ja niihin liittyvät epävarmuudet ovat siten ehdollisia käytettyjen laskentamenetelmien toimivuuteen, sekä tehtyjen lähtöoletusten oikeellisuuteen. Tulkittaessa saatuja tuloksia on syytä tuntea ne epävarmuudet, jotka liittyvä sovellettuun menetelmään. Epävarmuuden aiheuttajat voidaan ryhmitellä seuraavasti:

1) Laskentamalleihin liittyvät epävarmuudet

- kasvu- ja tuotosmallien toimivuus erilaisissa tilanteissa
- metsänkasvatuksen biologiset riskit, joita malleissa ei oteta huomioon

2) Lähtöoletuksiin ja toimintaympäristöön liittyvät epävarmuudet

- lähtötilanteessa käytetyn puustotiedon epävarmuuden vaikutus tuloksiin
- puun hinta ja metsänkasvatuksen kustannukset ja niiden kehitys
- malleilla ennustettujen toimenpiteiden toteutuminen käytännössä

4.1. Laskentamalleihin liittyvät epävarmuudet

Tarkastelussa sovellettiin tilastollisia puuston kehityksen ennustemalleja, jotka perustuvat monivuotiseen tutkimustyöhön ja joiden laadinnassa on käytetty laajoja empiirisiä aineistoon. Mallien toimivuutta on laajalti testattu ja niiden on todettu toimivan suhteellisen luotettavasti pääpuulajeillamme maan eri osien tyypillisimmillä kasvu-paikoilla.

Luotettavimmin ennustemallit toimivat metsissä, joissa puustoa on käsitelty yleisesti käytössä olevia talousmetsien kasvatusmenetelmiä noudattaen. Mitä enemmän puuston käsittely poikkeaa yleisesti sovelletuista menetelmistä, sitä epävarmempia ovat saadut tulokset. Tosin mallien rakennetta kehitettäessä on kiinnitetty huomiota siihen, että puusto reagoi loogisesti ja aikaisemman tutkimustiedon mukaisesti myös äärevissä kasvuolosuhteissa ja normaalista poikkeavia käsittelyjä toteutettaessa. Tällaisissa olosuhteissa puuston kasvureaktion suuruuteen liittyy kuitenkin melkoinen epävarmuus, koska mitattua tietoa mallien pohjaksi tällaisissa tapauksissa on hyvin vähän saatavilla.

Tähän tarkasteluun sisällytettyjen kasvatusohjelmien valinnassa pääperiaate on ollut se, että mukaan on otettu vain sellaiset harvennuskäsittelyt, joissa käytetyt mallit toimivat suhteellisen luotettavasti, ja joista on olemassa mitattua tutkimustietoa pitkäaikaisilta kestokokeilta. Sen vuoksi tarkasteluun mukaan otettuihin käsittelyvaihtoehtoihin asetettiin seuraavat reunaehdot

- yksittäisessä harvennuksessa on poistettu korkeintaan 40 % puustopääomasta
- yläharvennukset on toteutettu ns. metsänhoidollisina yläharvennuksina, joissa kasvamaan jätetään riittävä määrä hyväkuntoisia pää- ja lisävaltapuita
- ensiharvennuksissa ei ole sallittu yläharvennusta

Laskelmissa ei ole otettu huomioon erilaisten abioottisten ja bioottisten tuhojen mahdollisia vaikutuksia erilaisissa kasvatusohjelmissa. Näistä merkittävimpiä abioottisia tuhoja ovat lumi- ja myrskytuhot. Bioottisista tuhoriskeistä tärkeimmät ovat nisäkkäiden (esim. hirvieläimet, myyrät), hyönteisten ja patogeenisienten (esim. juurikäävän) vaikutukset puustoon.

Joihinkin tässä raportissa esitettyihin kasvatusohjelmiin sisältyy yllä mainittuja riskejä, joita tuloksissa ei ole otettu huomioon. Esimerkkinä voidaan mainita kasvatusohjelmat, joissa kiertoajat ovat selvästi nykyisiä suosituksia pitemmät. Laskelmissa on oletettu, että tuhoja ei näissä puustoissa esiinny. Todellisuudessa kuitenkin tiedetään, että etenkin kuusikoissa kiertoajan kasvaessa riski juurikäävän aiheuttamille tuhoille kasvaa merkittävästi, ja taloudellinen tulos saattaa jäädä sen vuoksi selvästi laskelmissa esitettyjä tuloksia heikommaksi. Vanhoissa kuusikoissa lisääntyy myös myrskytuhojen riski. Vaikka, varsinkin matalia korkokantoja käytettäessä, nykyistä pitempien kiertoaikojen soveltaminen tuotti laskennallisesti hyvän taloudellisen tuloksen, on metsänhoito-suosituksia laadittaessa otettava huomioon näihin kasvatusohjelmiin sisältyvä kasvanut tuhoriski.

Toisaalta hyvin tiheinä kasvatettavissa metsissä kasvavat tuhoriskit. Etenkin nuoret, hyvin tiheinä kasvatetut männiköt ovat alttiita lumituhoille harvennuksen jälkeen. Edellä esitetyissä laskelmissa parhaan taloudellisen tuloksen tuottaviin ohjelmiin sisältyi kasvatusohjelmia, joissa puustopääomataso oli korkea ja harvennusmallin muoto laskeva. Ne sisältävät riskin, joka liittyy kasvu- ja tuotosmallien toimivuuteen hyvin tiheissä nuorissa metsissä. Korkean ja laskevan puustopääoman harvennusohjelmissa puuston määrä ensiharvennusvaiheessa on lähellä itseharvenemisrajaa. Jos nuorten metsien annetaan todellisuudessa kehittyä näin tiheiksi, kasvaa samalla puuston tuhoriski, jonka vaikutusta käytetyt mallit eivät ota huomioon. Käytännössä on puuntuotannollisesti turvallisempaa valita kasvatusohjelma, jossa puustopääomat pidetään riittävän korkealla tasolla välttämällä kuitenkin hyvin suuria tiheyksiä.

4.2. Laskennan lähtöoletuksiin liittyvät epävarmuudet

Laskelmien lähtöpuustot

Laskelmien lähtöpuustoina käytettiin lähes puhtaita runsaspuustoisia ja puustoltaan suhteellisen tasaisia männiköitä ja kuusikoita. Kuusikoiden osalta tulokset soveltuvat viljelymetsiin. Saadut tulokset eivät suoraan ole sovellettavissa puustoltaan koko- ja tilajärjestykseltään epätasaisiin, aukkoisiin ja ryhmittäisiin metsiin, eikä metsiin, joissa lehtisekapuuston osuus on suuri. Sekametsissä eri puulajeille ominainen varjonsietokyky ja kasvutilavaatimukset luonnollisesti vaikuttavat harvennuksen ajoittamiseen ja voimakkuuteen.

Harvennusten toteutus

Laskelmissa on oletettu, että harvennukset toteutetaan huolellisesti vaurioita välttämällä ja että harvennusten tuloksena puuston tilajärjestys on jokseenkin tasainen. Käytännössä harvennuksen huolellisuus ja korjuujälki vaikuttavat puuston kasvureaktion suuruuteen. Erityisesti yläharvennusten osalta on tärkeää, että puuvalinnassa onnistutaan jättämään kasvukykyiset ja elinvoimaiset lisävaltapuut ja että korjuussa noudatetaan huolellisuutta ja vältetään korjuuvauriot.

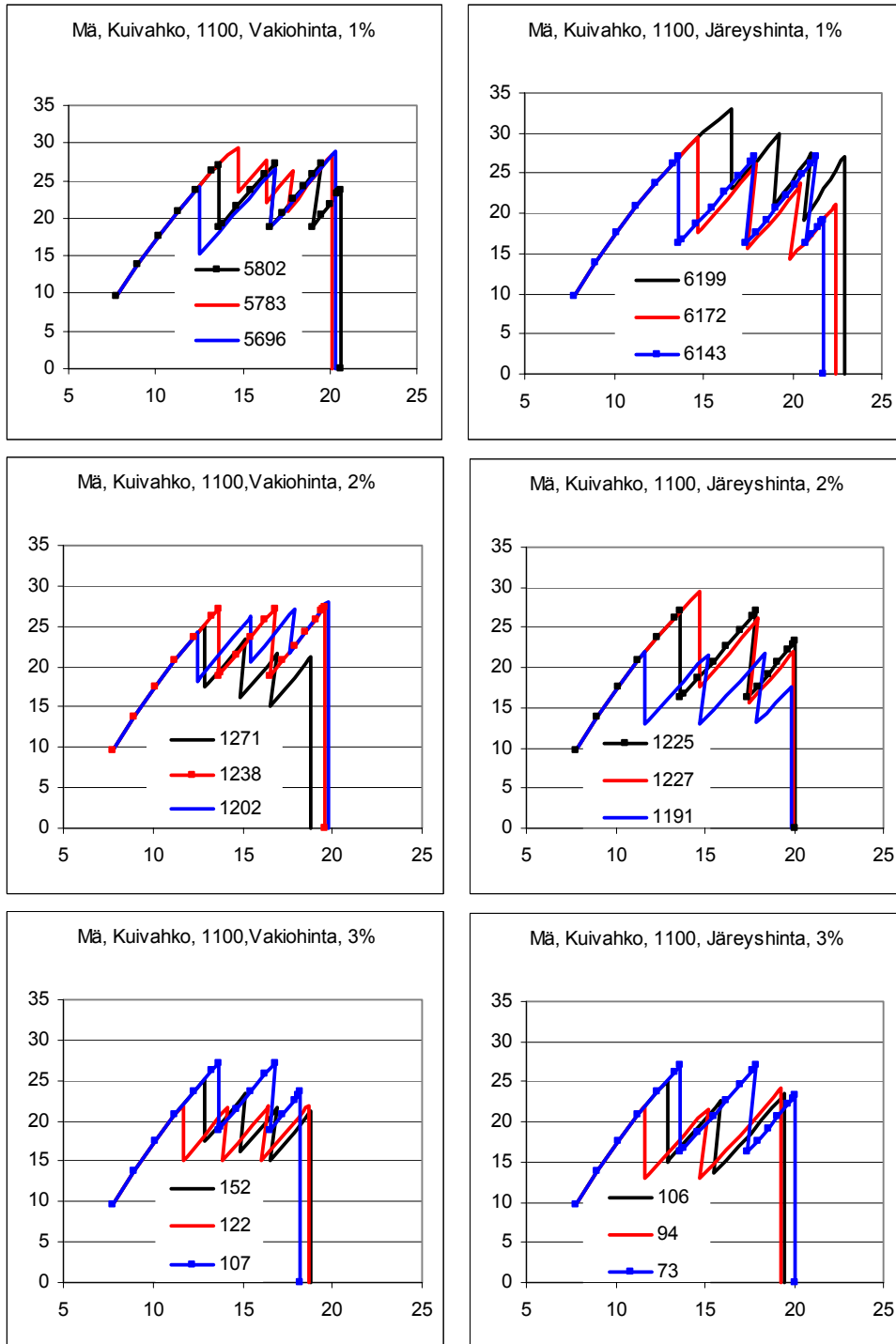
Puun hinnat

Laskelmissa oletettiin, että puun hinnoissa ei tapahdu muutoksia kiertoajan aikana. Ajallisesti vakioitu hinta on vahva oletamus, joka on pidettävä mielessä taloustuloksia tulkittaessa. Männyllä tarkasteltiin kahta vaihtoehtoista tukin hinnoittelutapaa. Järeyshinnoittelussa tukin hinta nousi läpimitan kasvaessa lineaarisesti. Sovellettu hinnoittelu johtaa melko jyrkkään hinnan nousuun rungon läpimitan kasvaessa. Tämä lienee epärealistista ainakin järeissä puustoissa (D yli 25 cm). Tässä tarkastelussa käytetyn järeyshinnoittelun seurauksena suurimpia nettotulojen nykyarvoja tuottavissa ratkaisuissa kiertoajat olivat suhteellisen pitkiä. Todellisuudessa laatuhinnoittelun vaikutus ei varmaankaan ole yhtä jyrkkä ja suoraviivainen. Tällöin myös parhaiden ratkaisujen kiertoajat asettunevat tasahinnoin ja järeyshinnoin laskettujen kiertoaikojen välille.

5. TULOSTEN YHTEENVETO

Seuraavassa on koottu tiivistetysti tehtyjen laskelmien keskeisimmät johtopäätökset

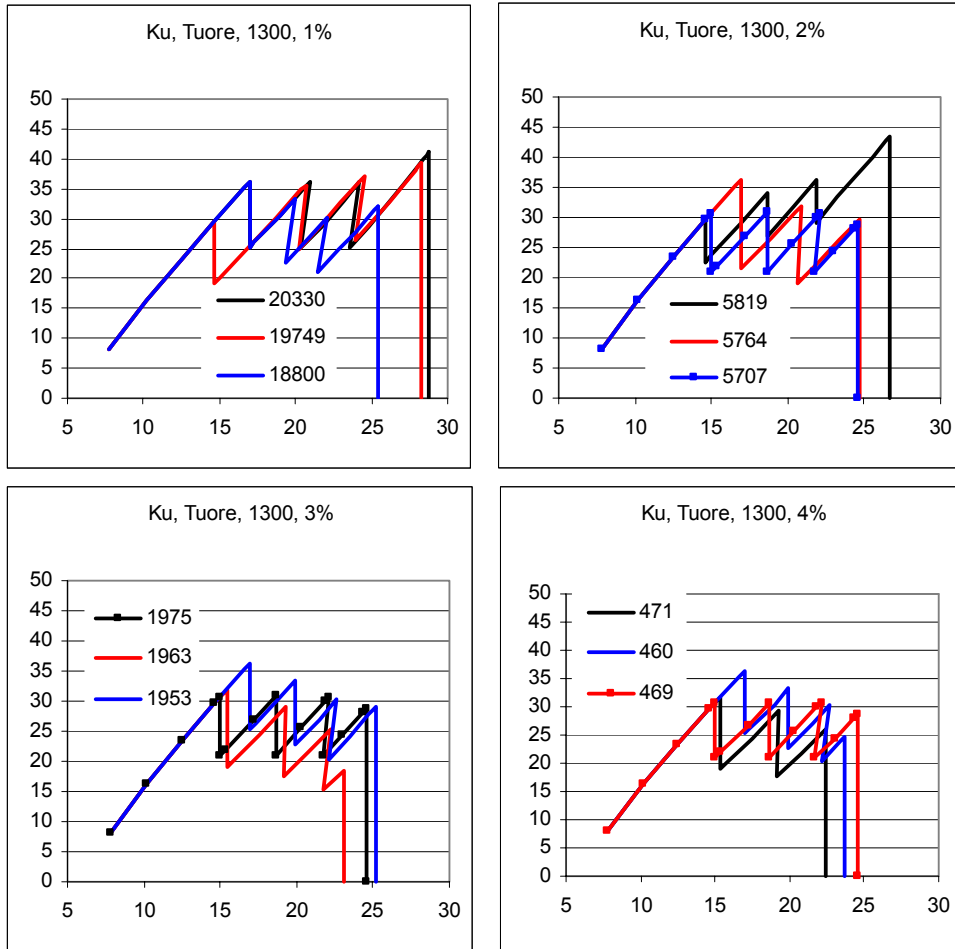
1. Toisistaan selkeästi poikkeavat kasvatusohjelmat voivat johtaa lähes yhtä hyvään taloudelliseen tulokseen (Kuvat 13 ja 14). Monessa tapauksessa parhaiden kasvatusohjelmien nettotulojen nykyarvojen väliset erot olivat pienet, vaikka itse kasvatusohjelmat saattoivatkin poiketa harvennuskäsittelyn osalta melkoisesti toisistaan. Käytännön valintatilanteessa ja suosituksia annettaessa saattaa olla perusteltua valita useasta lähes saman laskennallisen taloustuloksen tuottavasta vaihtoehdosta se, joka tiedetään olevan puuntuotannollisesti turvallisin.
2. Nuorissa metsissä parhaiden ratkaisujen puustopääomat olivat pääsääntöisesti nykysuosituksia korkeammalla tasolla. Saadut tulokset eivät anna perusteita siirtyä nykysuosituksia voimakkaampiin harvennuksiin nuorissa metsissä. Tulos koskee sekä kuusikoita että männiköitä hinnoitteluperusteesta riippumatta.
3. Yksittäisen harvennuksissa 30 %:n harvennusvoimakkuus oli pääsääntöisesti paras. Poikkeuksena männyn järeyshinnoin lasketut ohjelmat, joissa parhaissa ratkaisuisa harvennusvoimakkuudet olivat yleensä 40 %.
4. Yläharvennus johti hieman alaharvennusta parempaan taloudelliseen tulokseen. Kaikissa tapauksissa ensiharvennus tehtiin alaharvennuksina (sekä ajourien teon yhteydessä tasaharvennuksena)
5. Kiertoajan lyhentäminen vaikutti voimakkaasti nettotulojen nykyarvoa pienentävästi, mutta kiertoajan pidentäminen pienensi nettotulojen nykyarvoa hitaasti erityisesti matalilla korkokannoilla, jos pidennetyllä kiertoajan osalla toteutettiin harvennusmallin mukaiset hakkuut
6. Laskentakoron kasvaessa uudistamiskustannusten merkitys kokonaiskustannuksiin kasvaa voimakkaasti. Näin ollen korkeilla laskentakoroilla uudistamisen kustannustehokkuuden lisäämisellä voidaan saavuttaa suurempi parannus kannattavuuteen kuin harvennusohjelman muutoksilla, jos uudistamistulos ei heikkene merkittävästi.



Kuva 13. Männikön kolme erilaista kasvatusohjelmaa eri korkokannoilla, joilla nettotulojen nykyarvo on positiivinen. Harvennusohjelmien nettotulojen nykyarvot euroissa on annettu kuvissa. Neliöillä merkitty harvennusohjelma, joka kuuluu parhaiden joukkoon usealla eri korkokannalla. Neliö vakiohinnalla: Tasainen leimausraja, perus pohjapinta-alataso, 30 %:n poistuma.

Neliö järeyshinnalla: Tasainen leimausraja, perus pohjapinta-alataso, 40 %:n poistuma.

Lämpösumma 1100 °C vrk, kuivahko kangas.

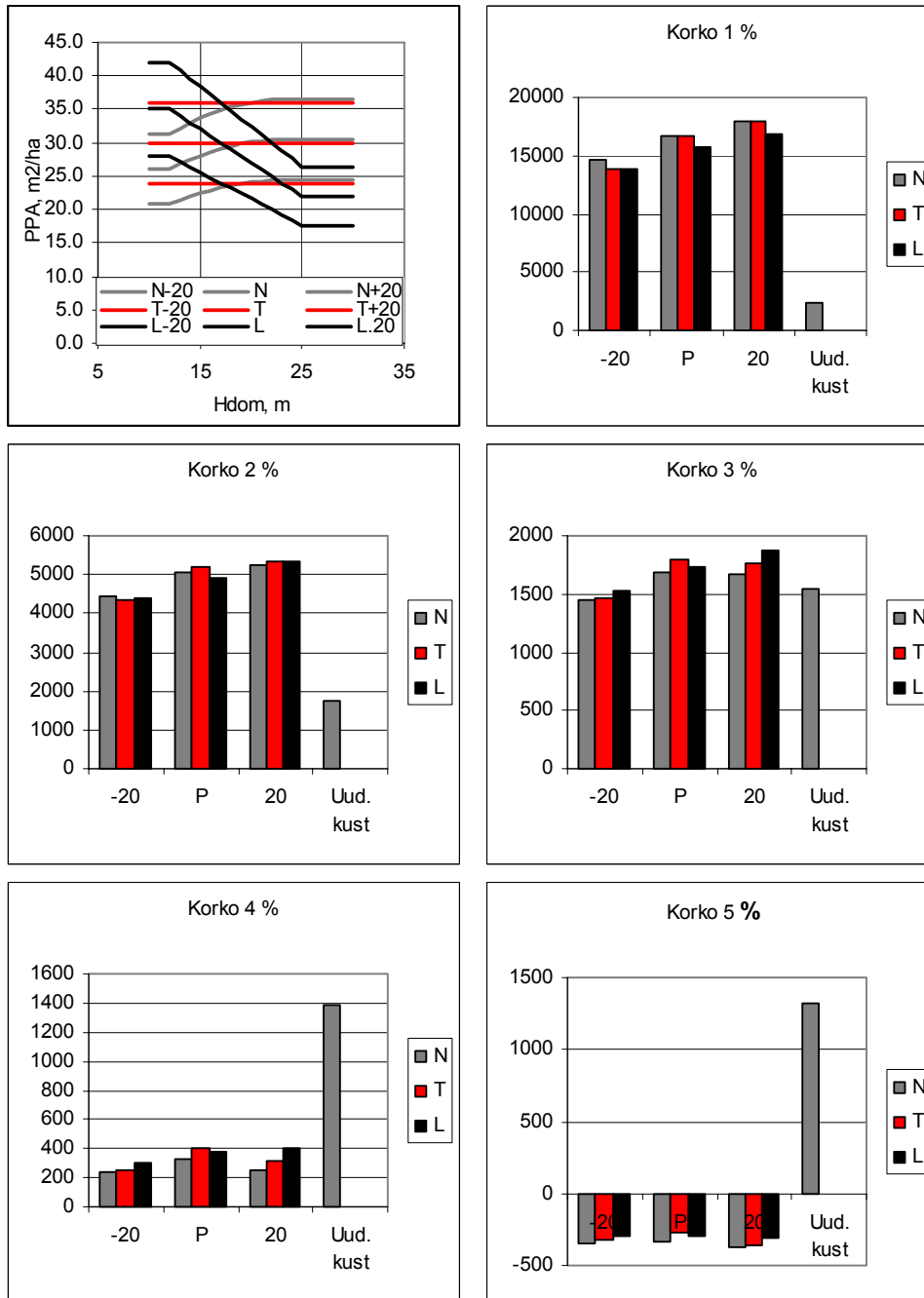


Kuva 14. Kuusikon kolme erilaista kasvatusohjelmaa eri korkokannoilla, joilla nettotulojen nykyarvo on positiivinen. Harvennusohjelmien nettotulojen nykyarvot euroissa on annettu kuvissa. Neliöillä merkitty harvennusohjelma, joka kuuluu parhaiden joukkoon usealla eri korkokannalla: Tasainen leimausraja, perus pohjapinta-alataso, 30 %:n poistuma
Lämpösumma 1300 °C vrk, tuore kangas.

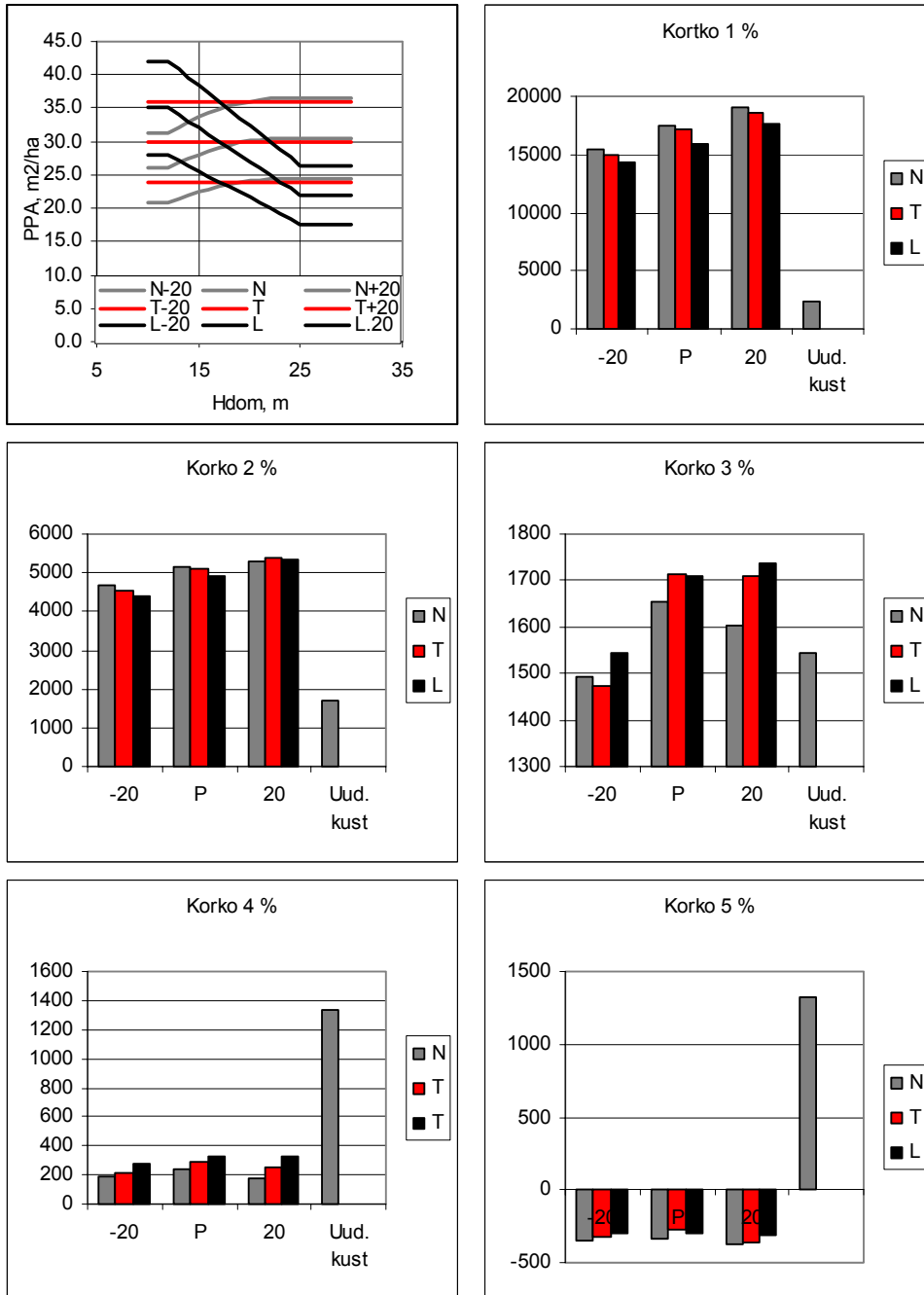
KIRJALLISUUS

- Gustavsen, H.G., Roiko-Jokela, P. ja Varmola, M. 1988. Kivennäismaiden talousmetsien pysyvät (INKA ja TINKA) kokeet. Suunnitelmat, mittausmenetelmät ja aineistojen rakenteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 292.
- Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H. ja Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA System. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 835.
- Kuitto, J.-P., Keskinen, S., Lindroos, J., Ojala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T ja Terävä, J. 1994. Mekaaninen puunkorjuu ja metsäkuljetus. Metsätehon tiedotus 410.
- Laasaenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108.
- Örn, J. 2002. Puunkorjuun ja puutavaran kaukokuljetuksen suoritteet ja kustannukset 2002. Metsäteho. Tilastoliite.
<http://www.metsateho.fi/uploads/4dtpg6a4z4nxx.pdf>.

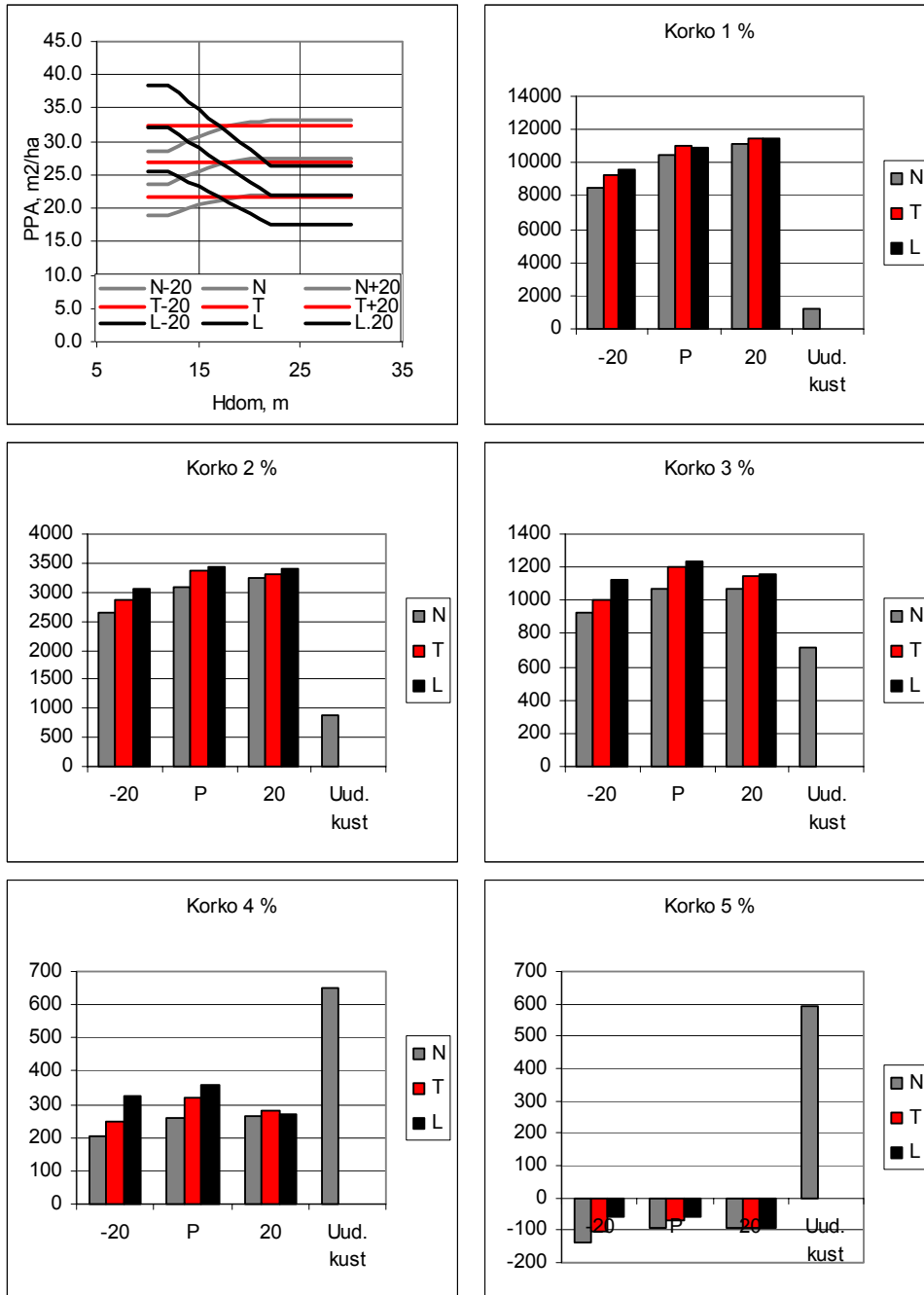
LIITE I Leimausrajan vaikutus nettotulojen nykyarvoon, mänty



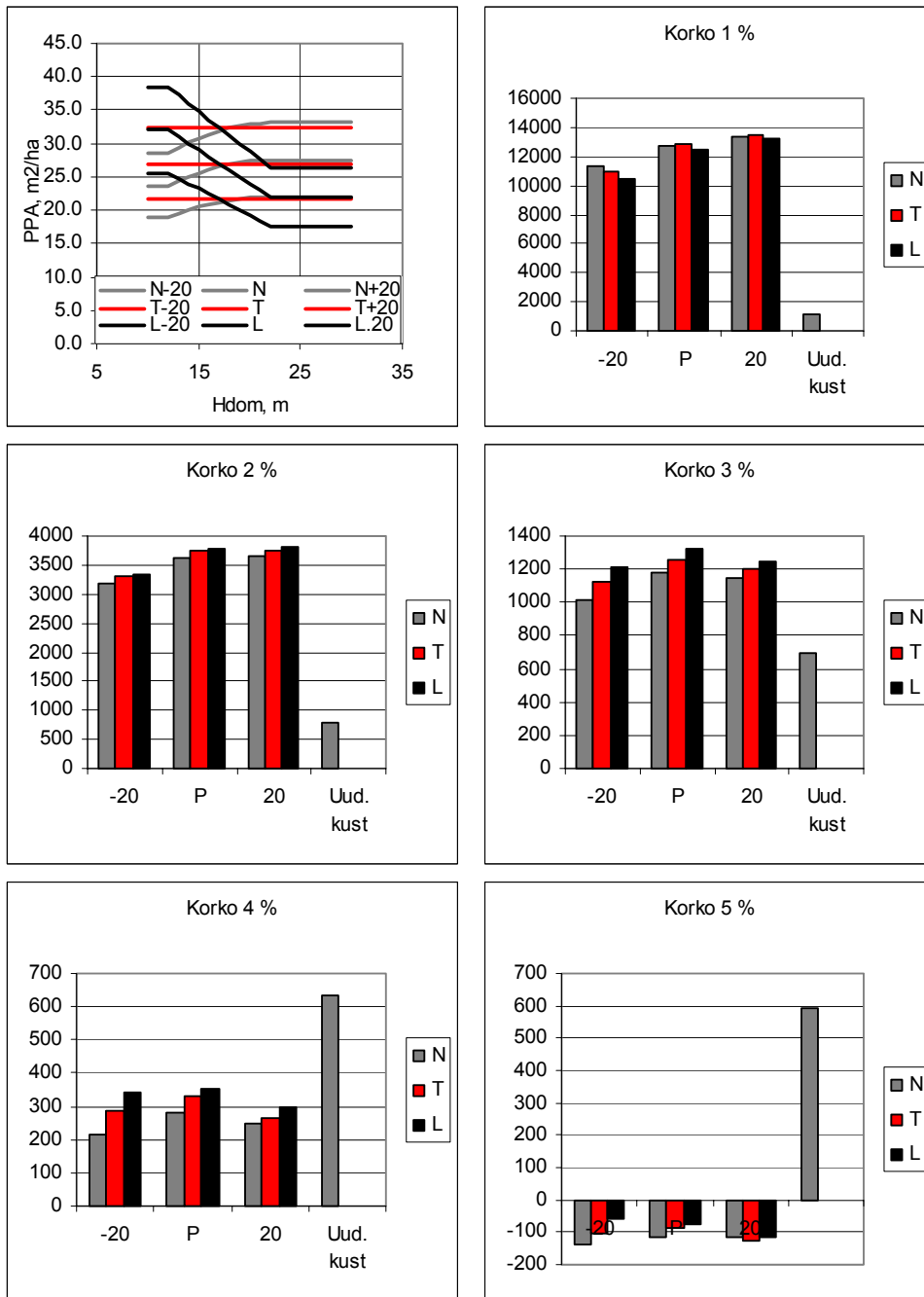
Kuva 1. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1300 °C vrk, tuore kangas. Tukilla vakio hinta.



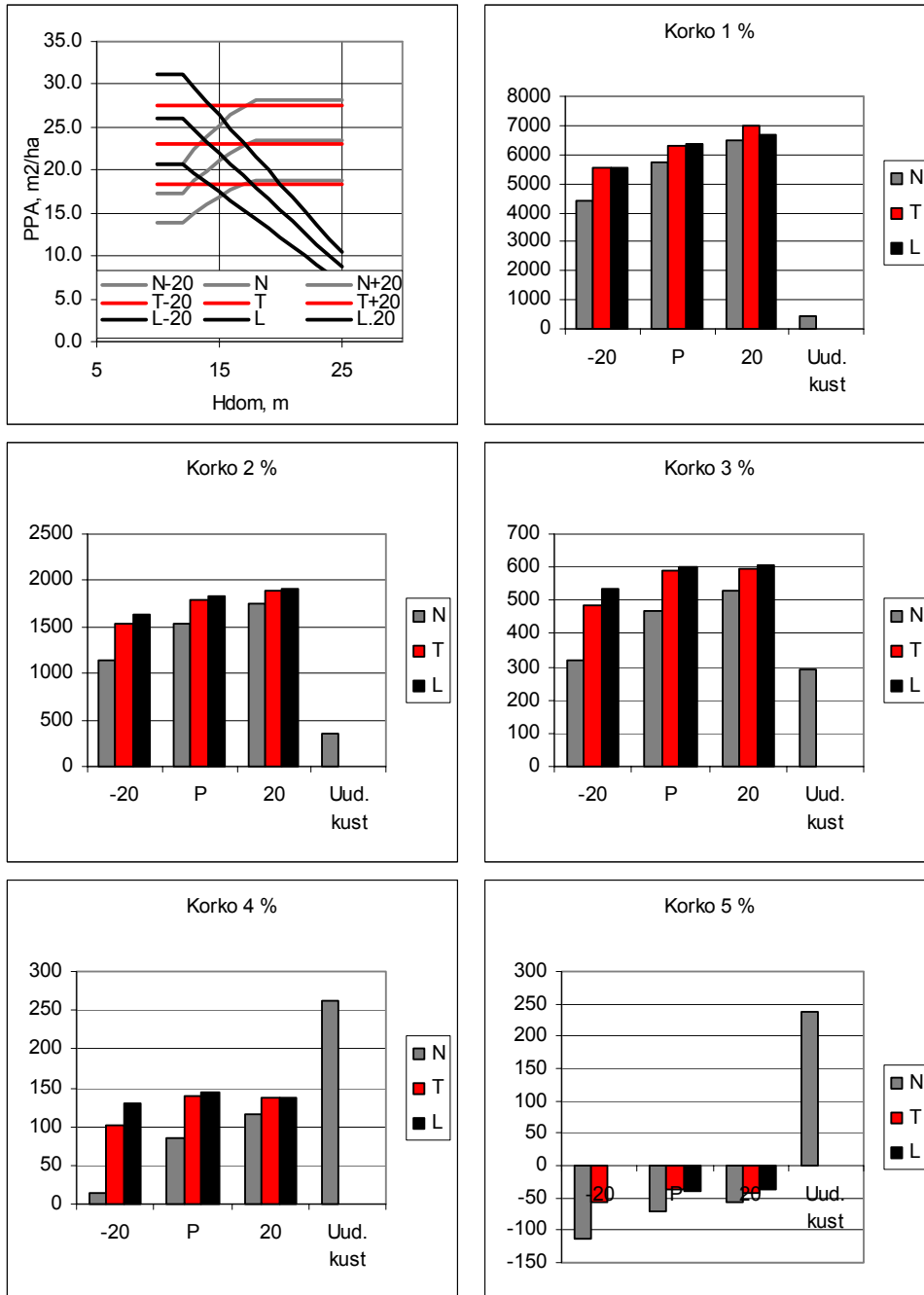
Kuva 2. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1300 °C vrk, tuore kangas. Tukilla järeysporrastettu hinta.



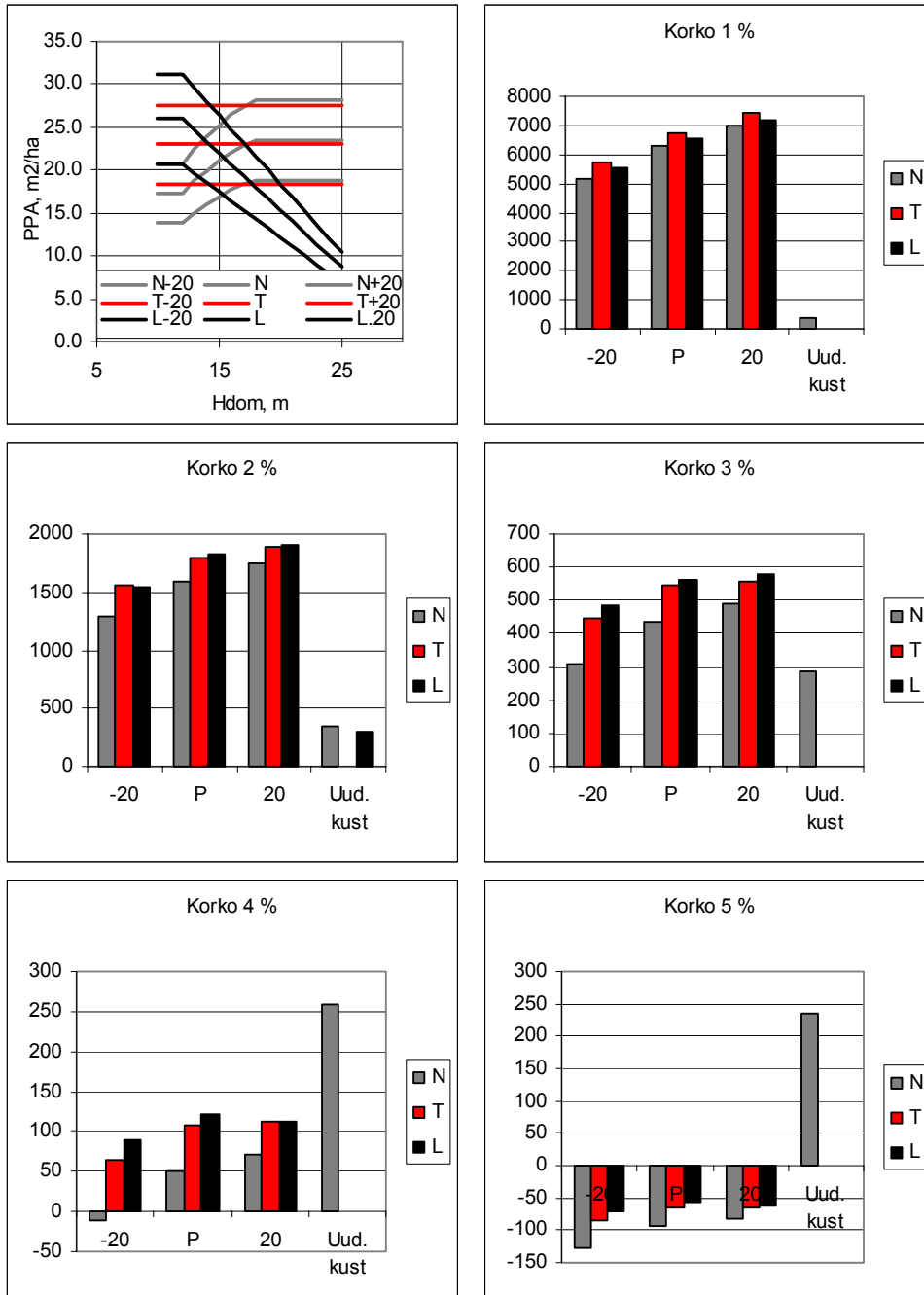
Kuva 3. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1300 °C vrk, kuivahko kangas. Tukilla vakio hinta.



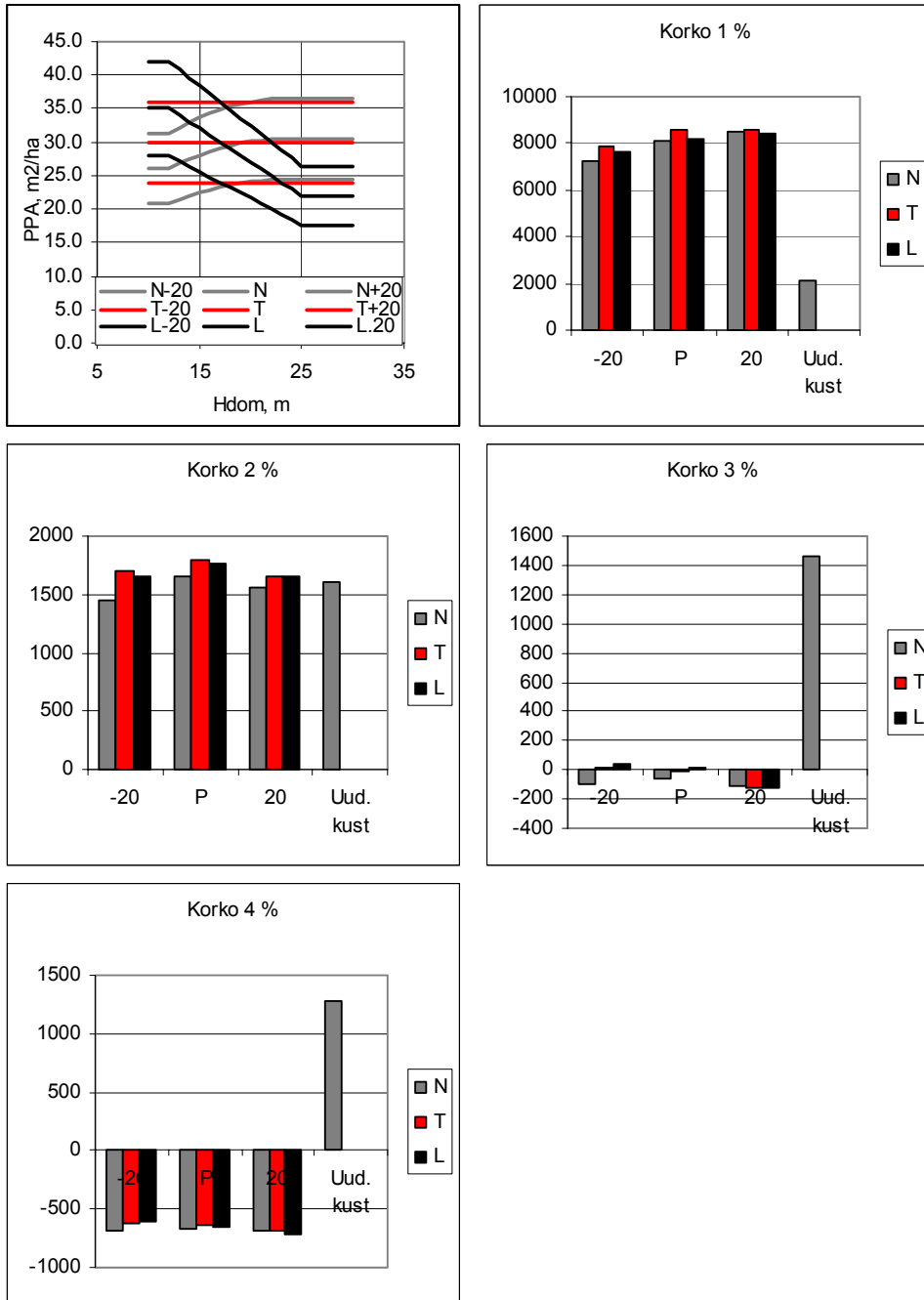
Kuva 4. Männikön vaihtoehdot leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1300 °C vrk, kuivahko kangas. Tukilla järeysporrastettu hinta.



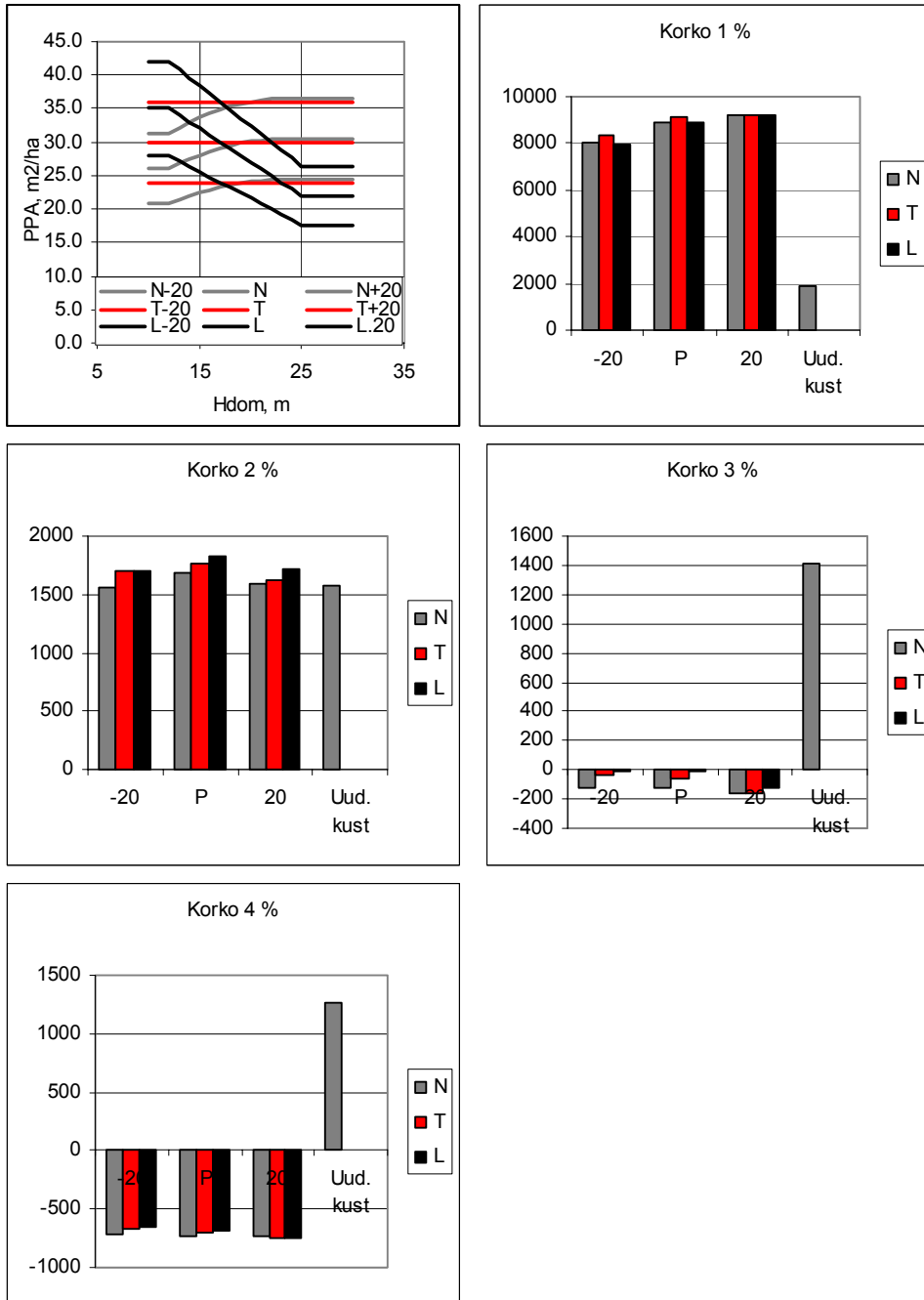
Kuva 5. Männikön vaihtoehdotiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1300 °C vrk, kuiva kangas. Tukilla vakio hinta.



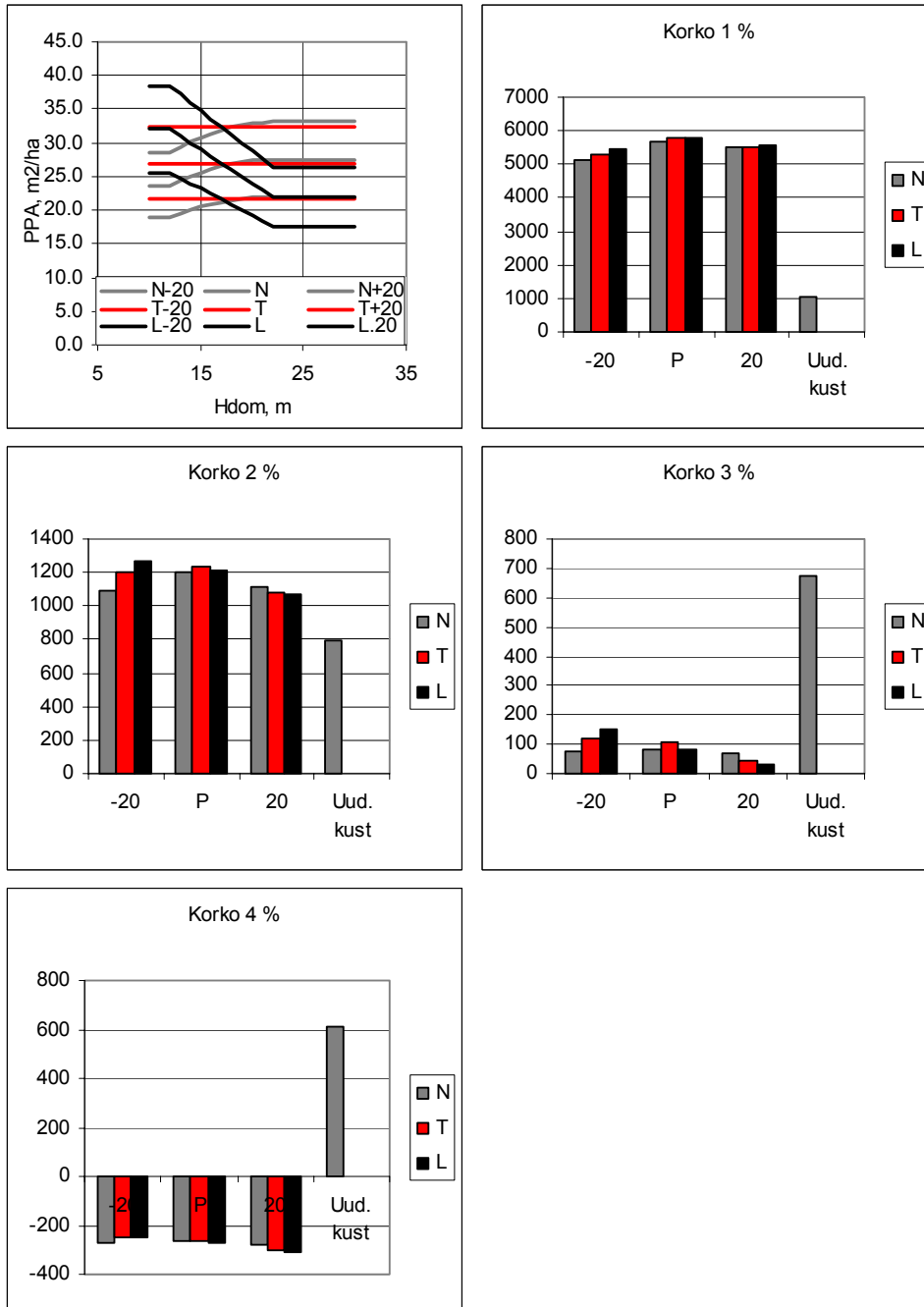
Kuva 6. Männikön vaihtoehdotiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1300 °C vrk, kuiva kangas. Tukilla järeysporrastettu hinta.



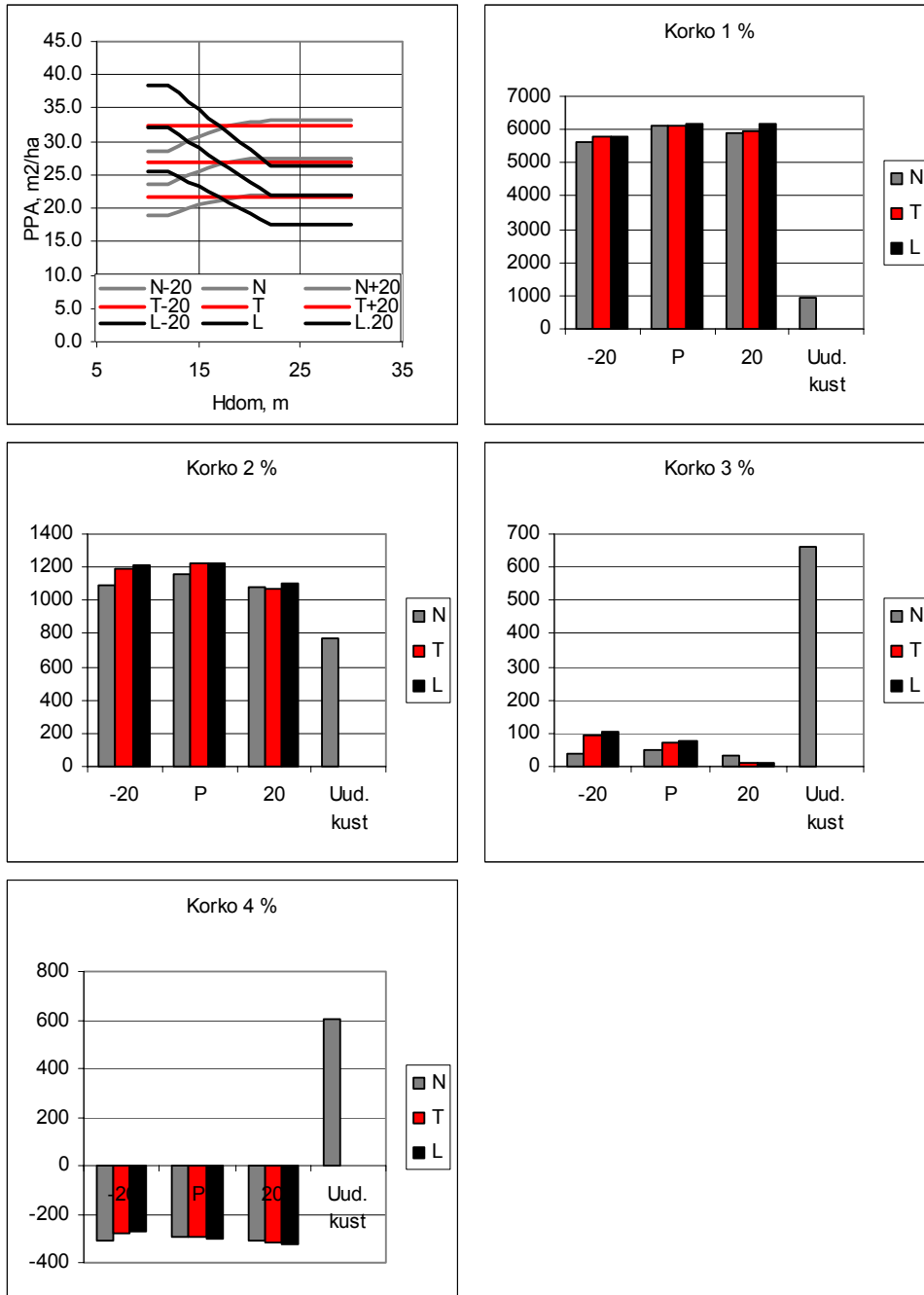
Kuva 7. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1100 °C vrk, tuore kangas. Tukilla vakio hinta.



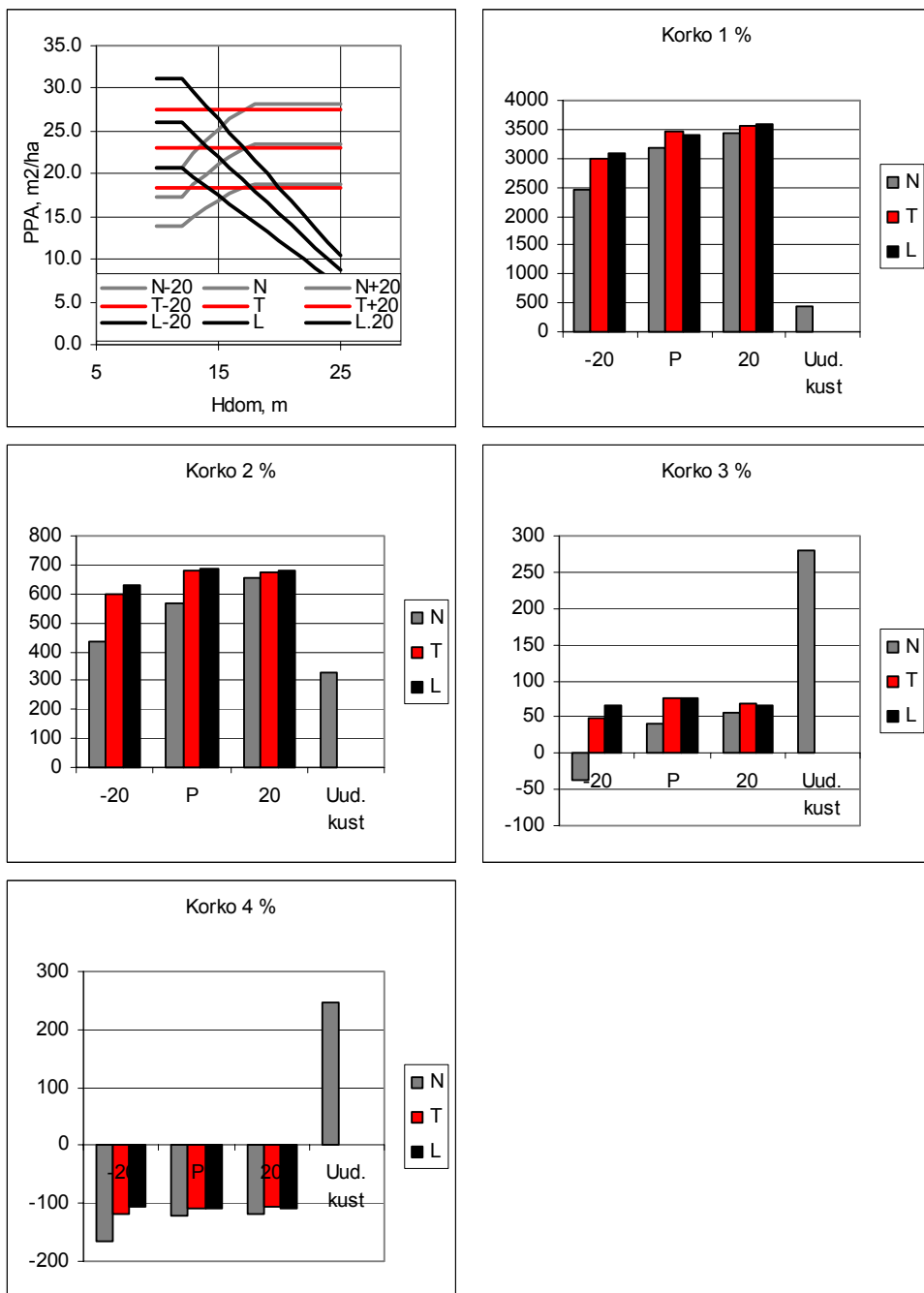
Kuva 8. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1100 °C vrk, tuore kangas. Tukilla järeysporrastettu hinta.



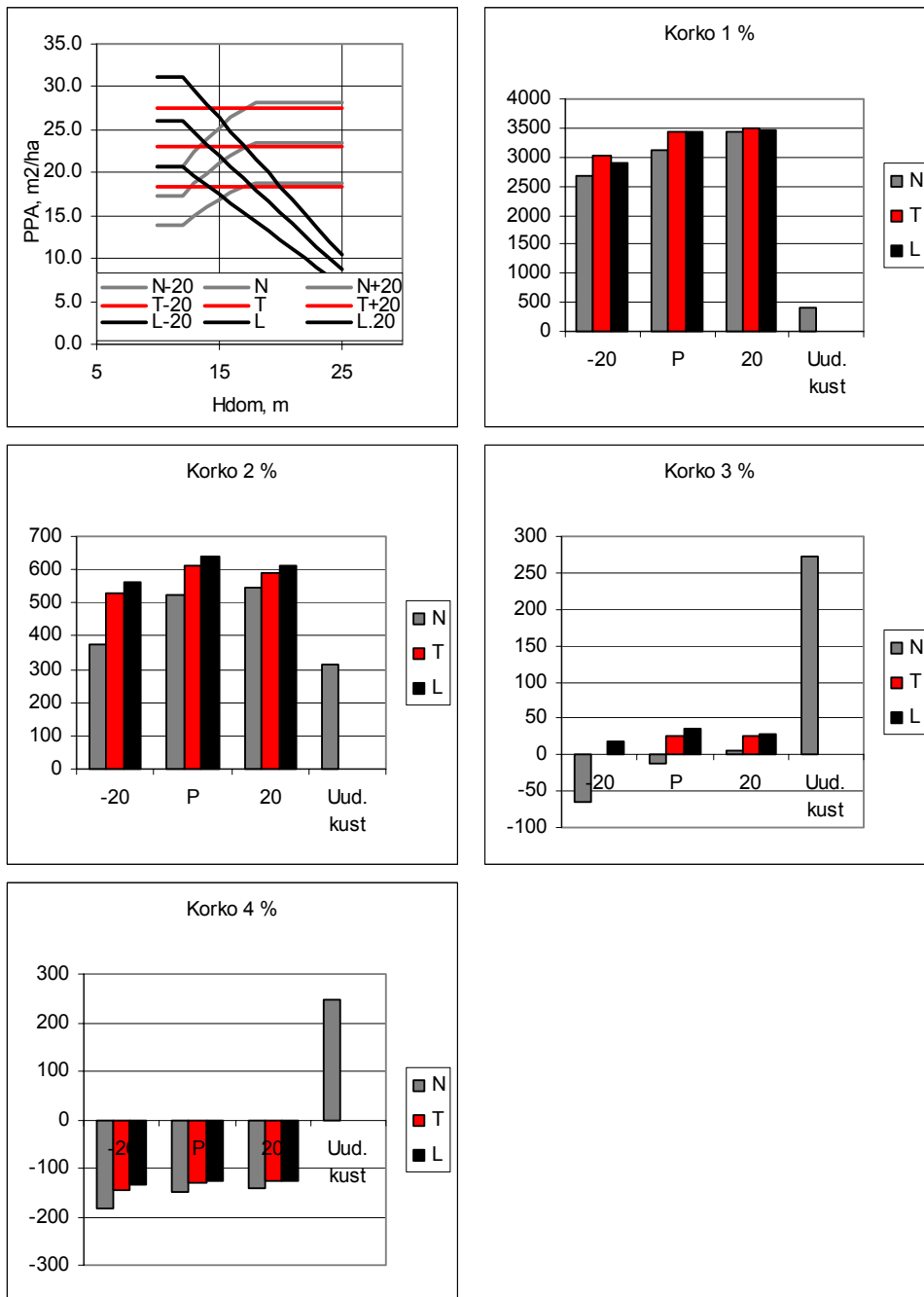
Kuva 9. Männikön vaihtoehdotiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1100 °C vrk, kuivahko kangas. Tukilla vakio hinta.



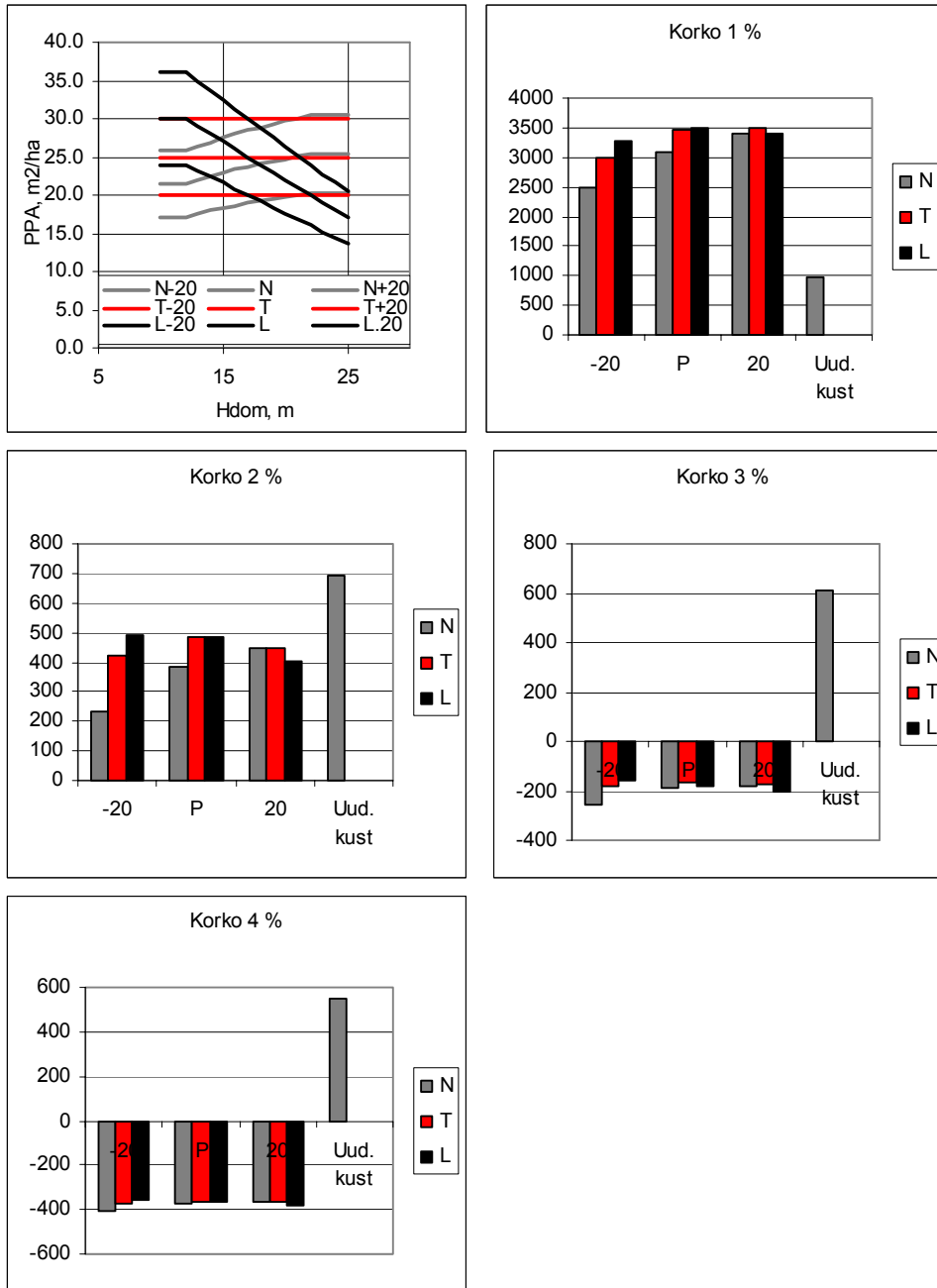
Kuva 10. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1100 °C vrk, kuivahko kangas. Tukilla järeysporrastettu hinta.



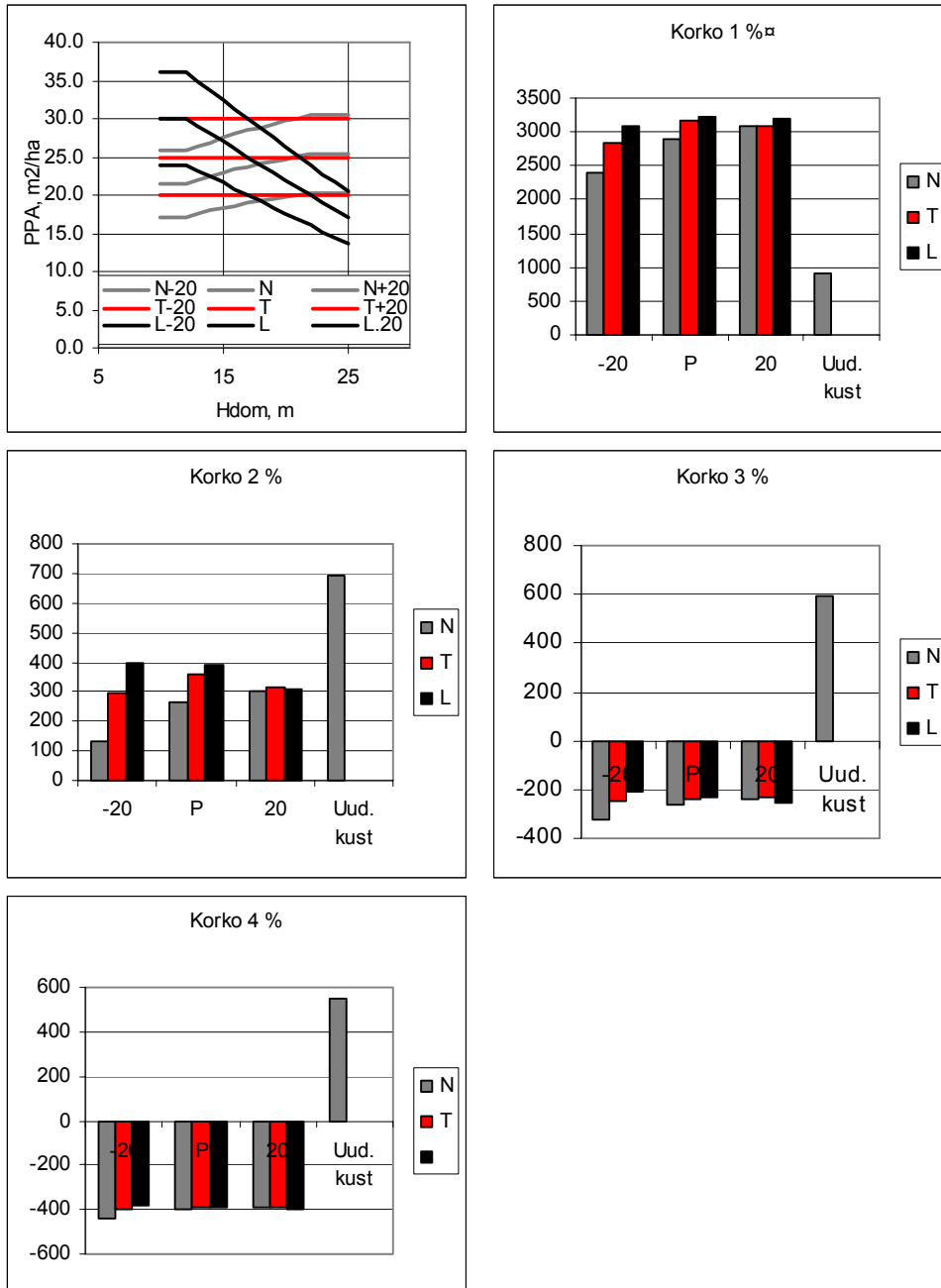
Kuva 11. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1100 °C vrk, kuiva kangas. Tukilla vakio hinta.



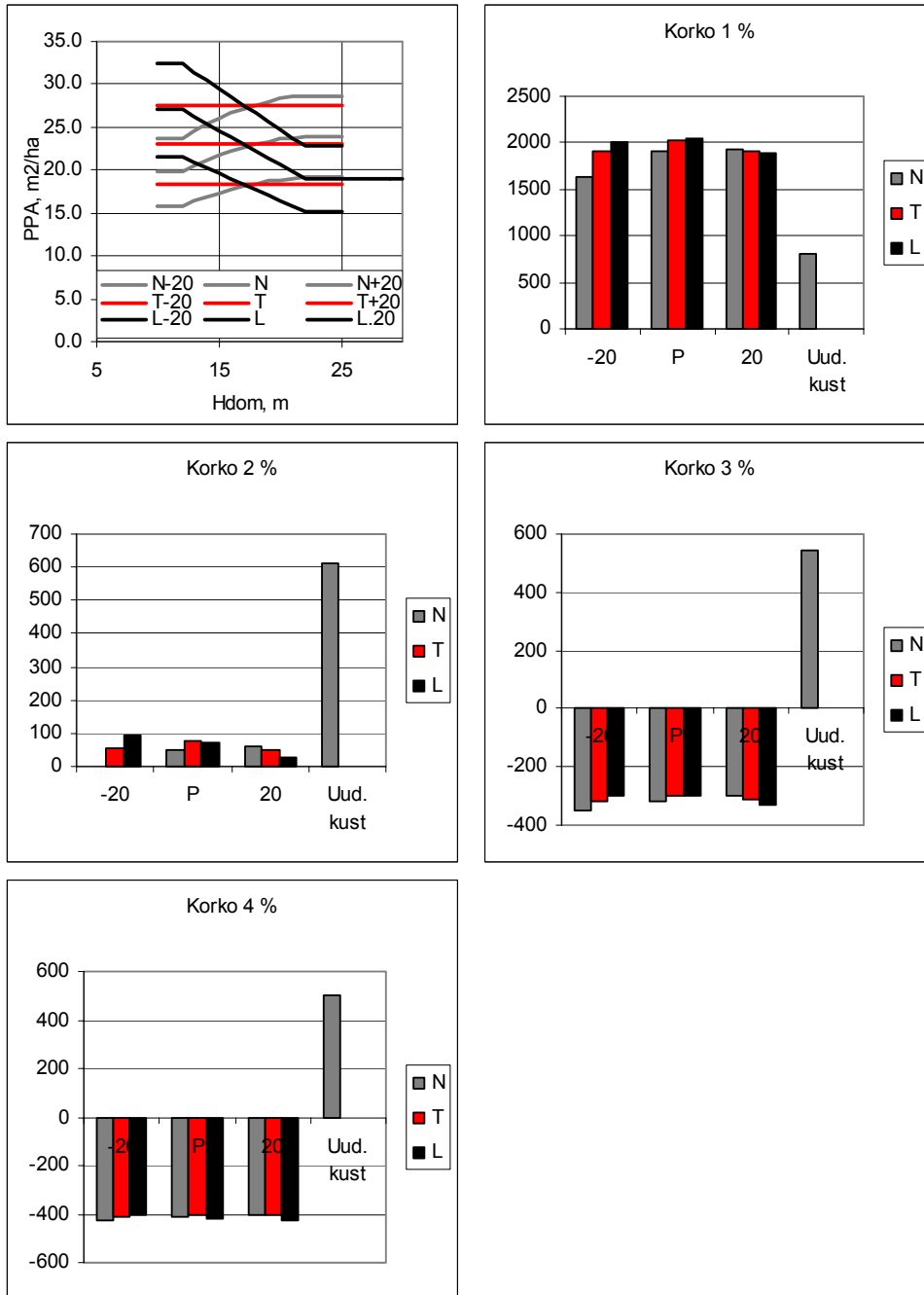
Kuva 12. Männikön vaihtoehdot leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1100 °C vrk, kuiva kangas. Tukilla järeysporrastettu hinta



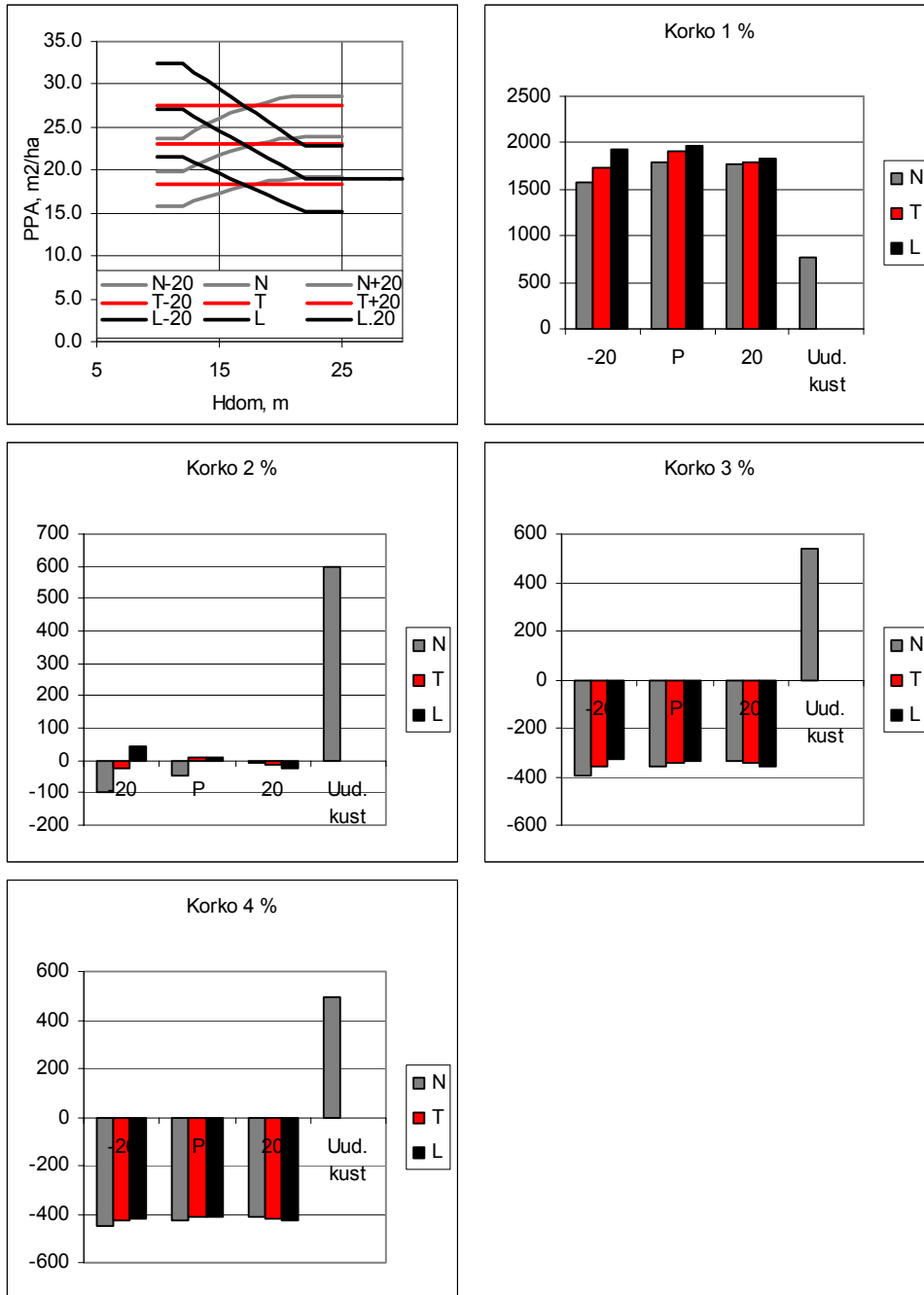
Kuva13. Mäntikön vaihteoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 900 °C vrk, tuore kangas. Tukilla vakio hinta.



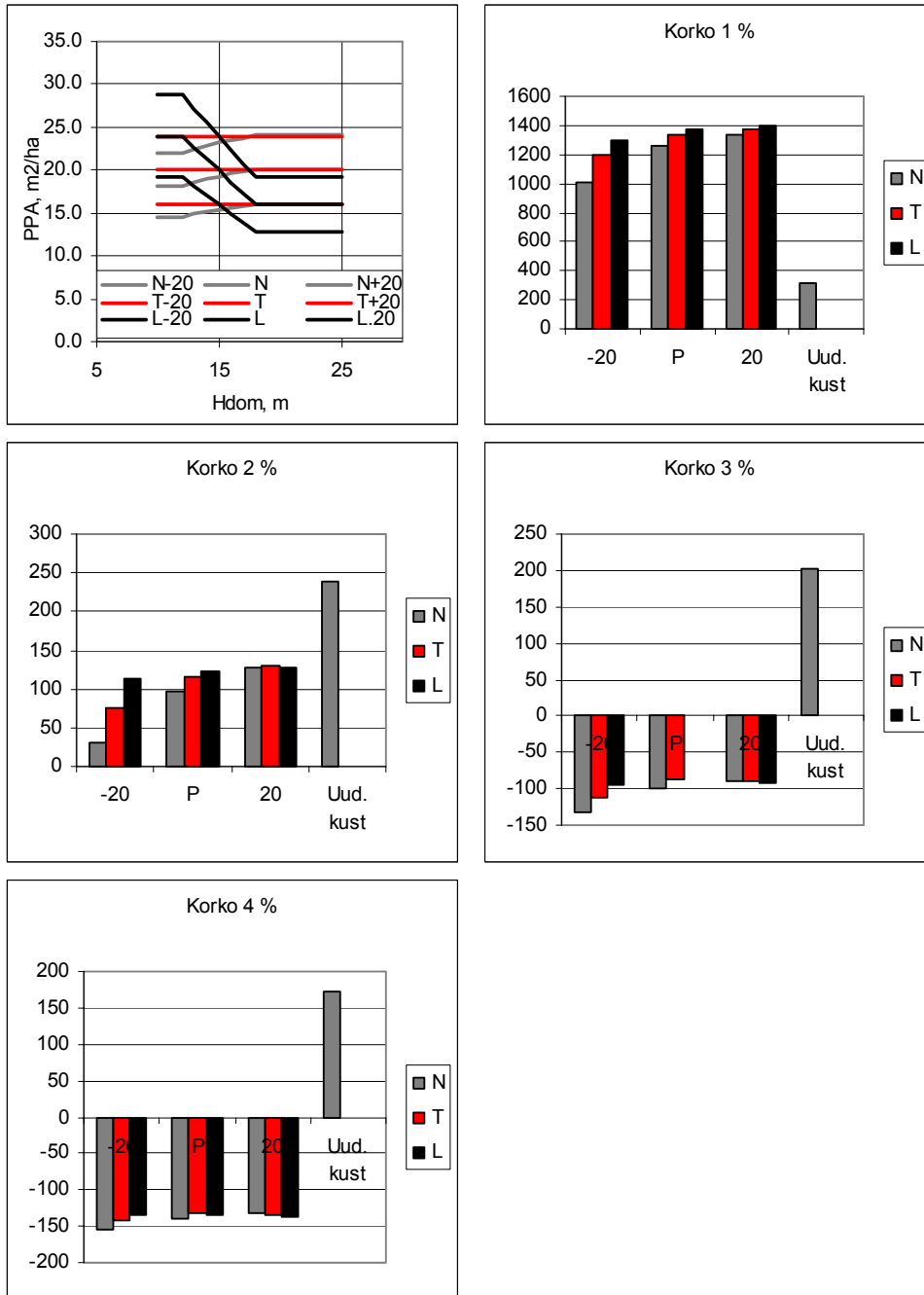
Kuva 14. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 900 °C vrk, tuore kangas. Tukilla järeysporrastettu hinta



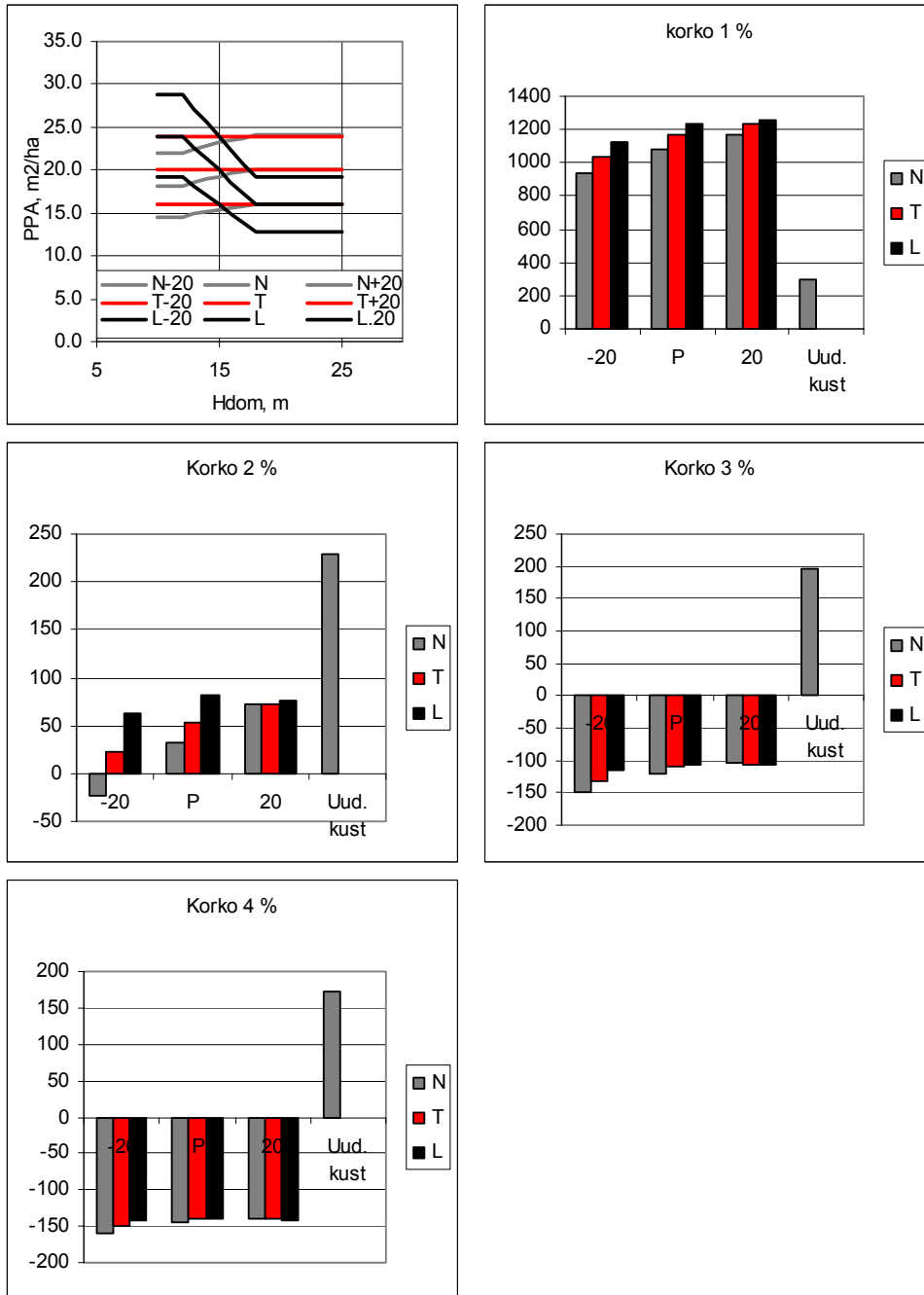
Kuva 15. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 900 °C vrk, kuivahko kangas. Tukilla vakio hinta



Kuva 16. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 900 °C vrk, kuivahko kangas. Tukilla järeyspörrästetty hinta

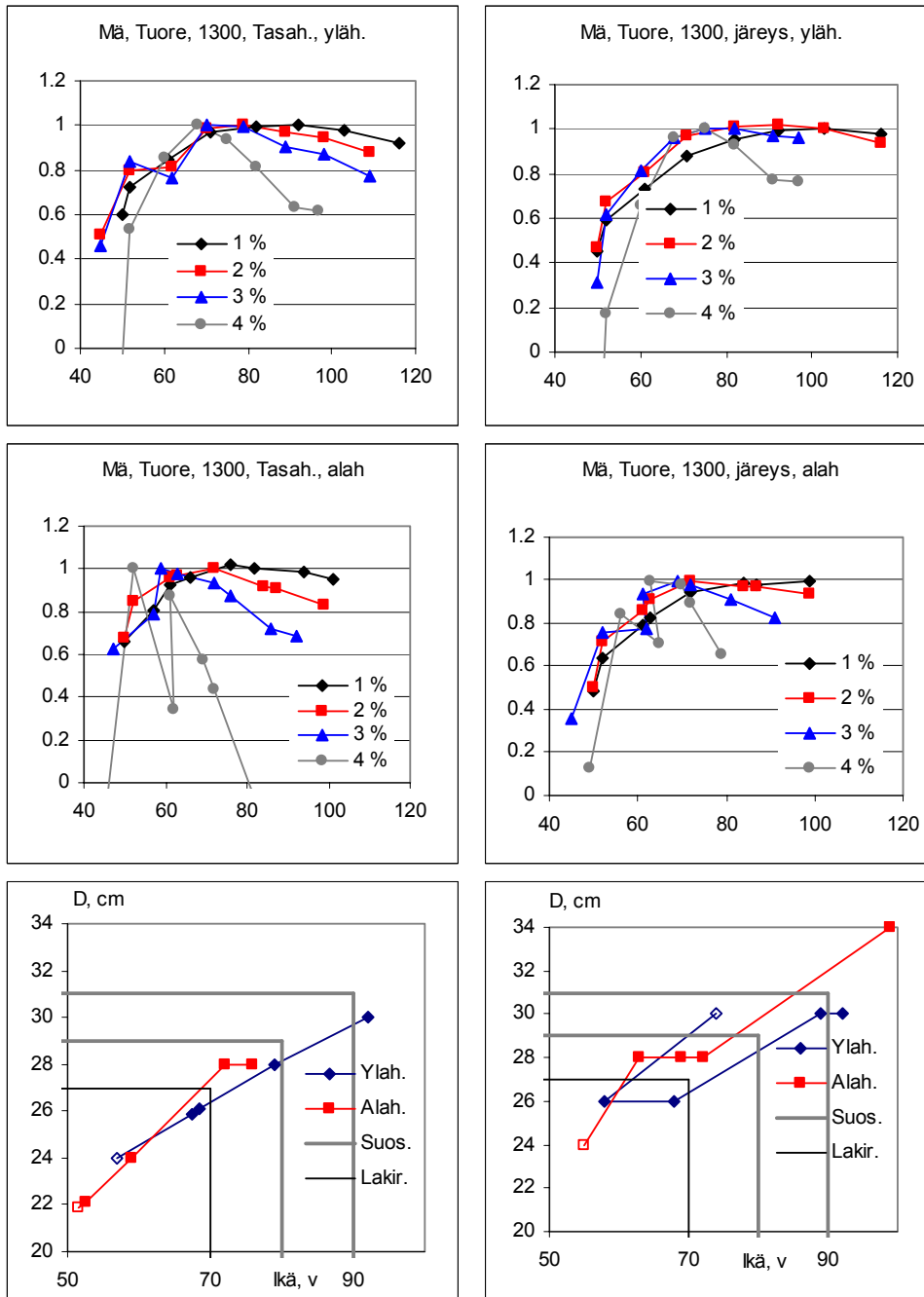


Kuva 17. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 900 °C vrk, kuiva kangas. Tukilla vakio hinta

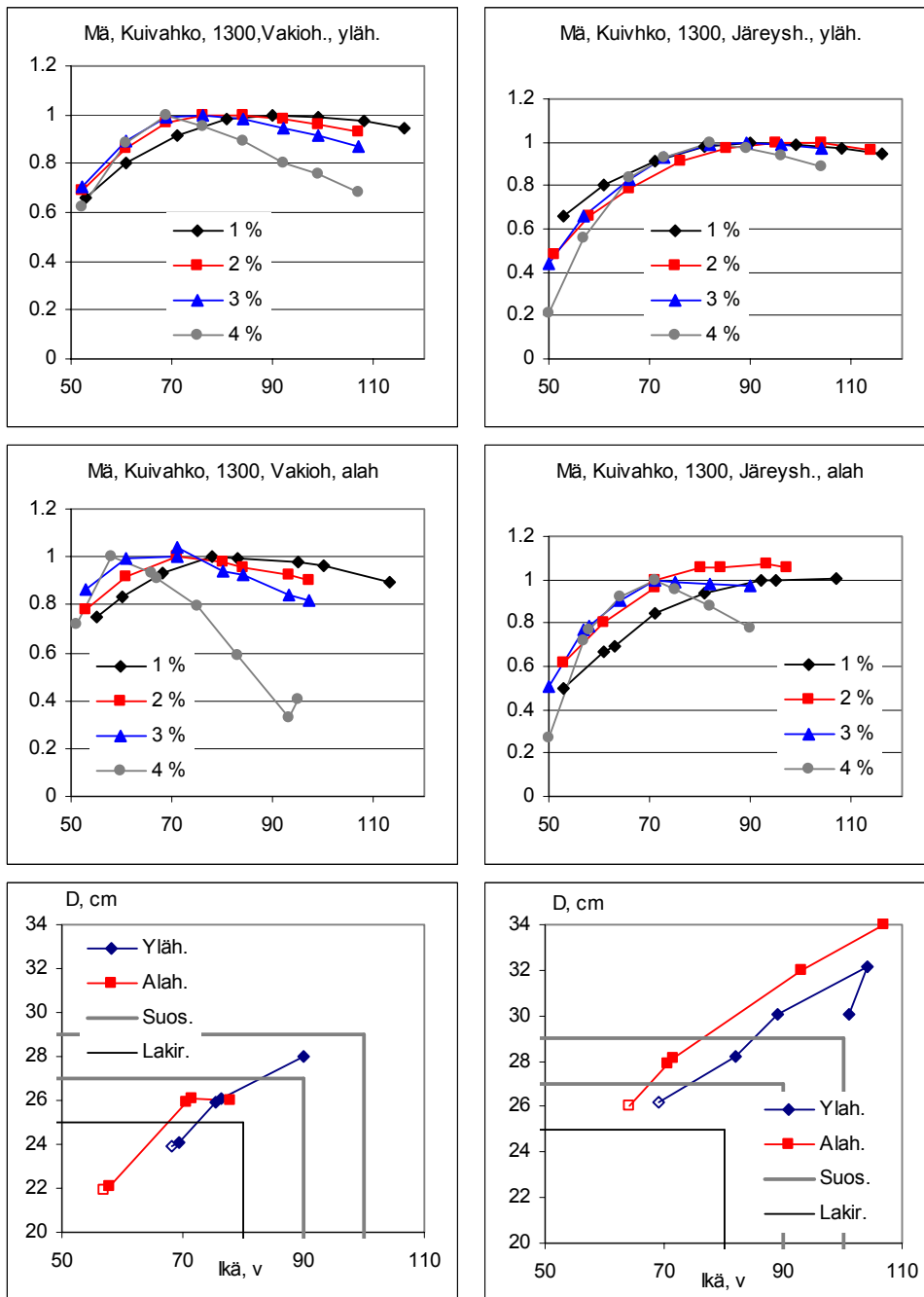


Kuva 18. Männikön vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoaajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 900 °C vrk, kuiva kangas. Tukilla järeysporrastettu hinta

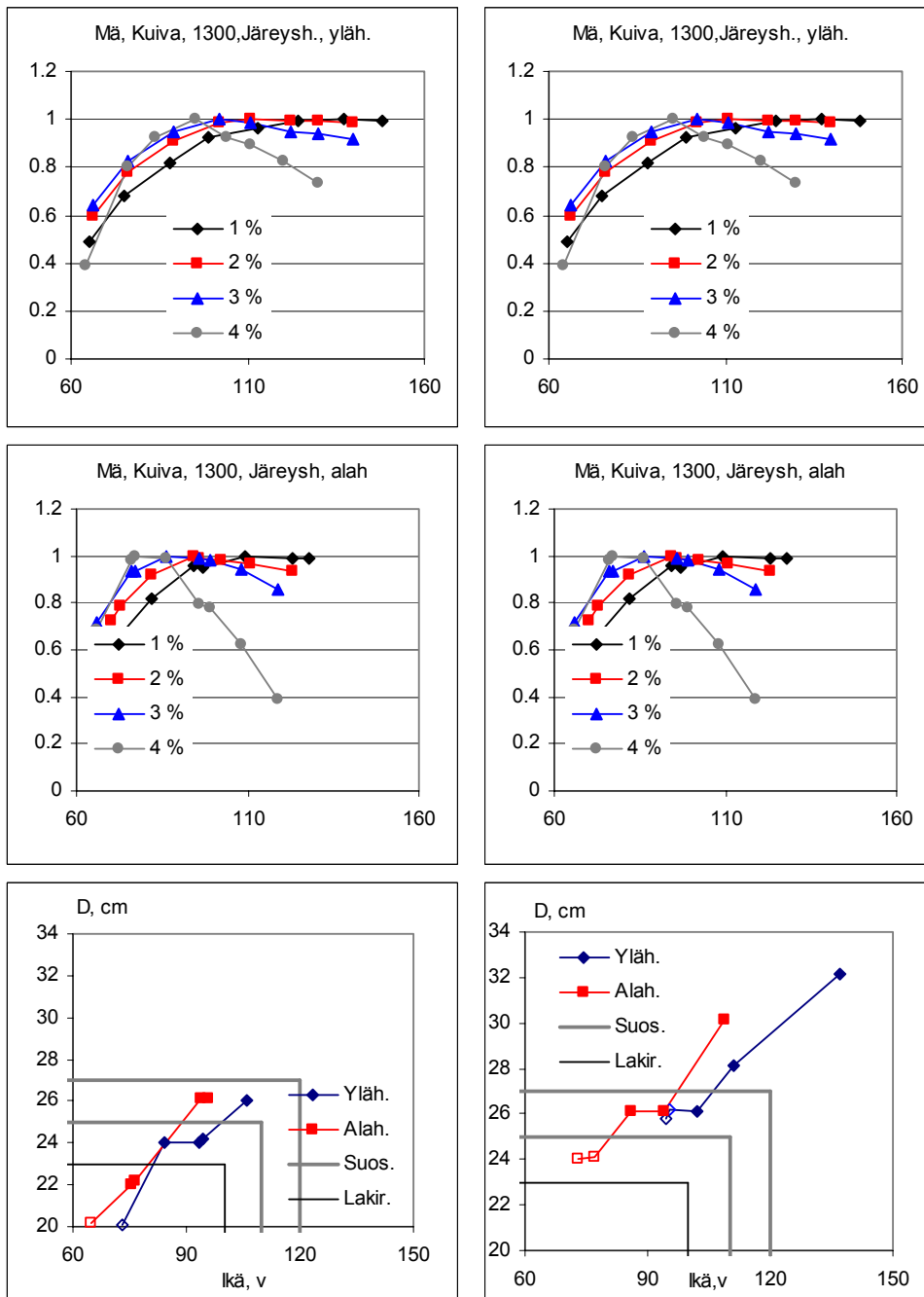
LIITE II Korkokannan vaikutus kiertoaikaan, mänty



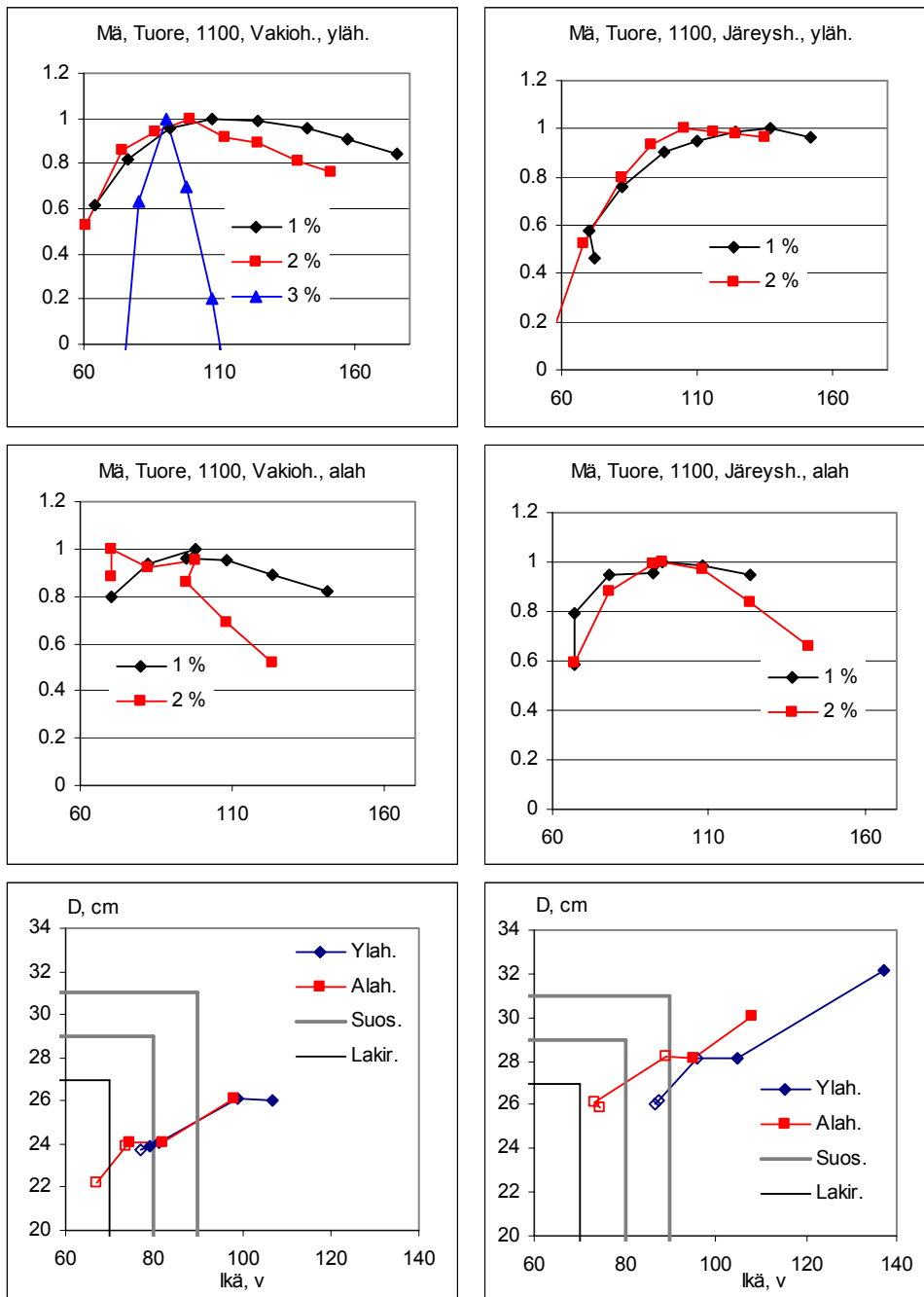
Kuva 1. . Mäntikönnön nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennusohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoajat korkokannan vaihdelta yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Vasemmalla on tukin tasahinta, oikealla järeysporrastettu hinta.. Lämpösomma 1300, tuore kangas.



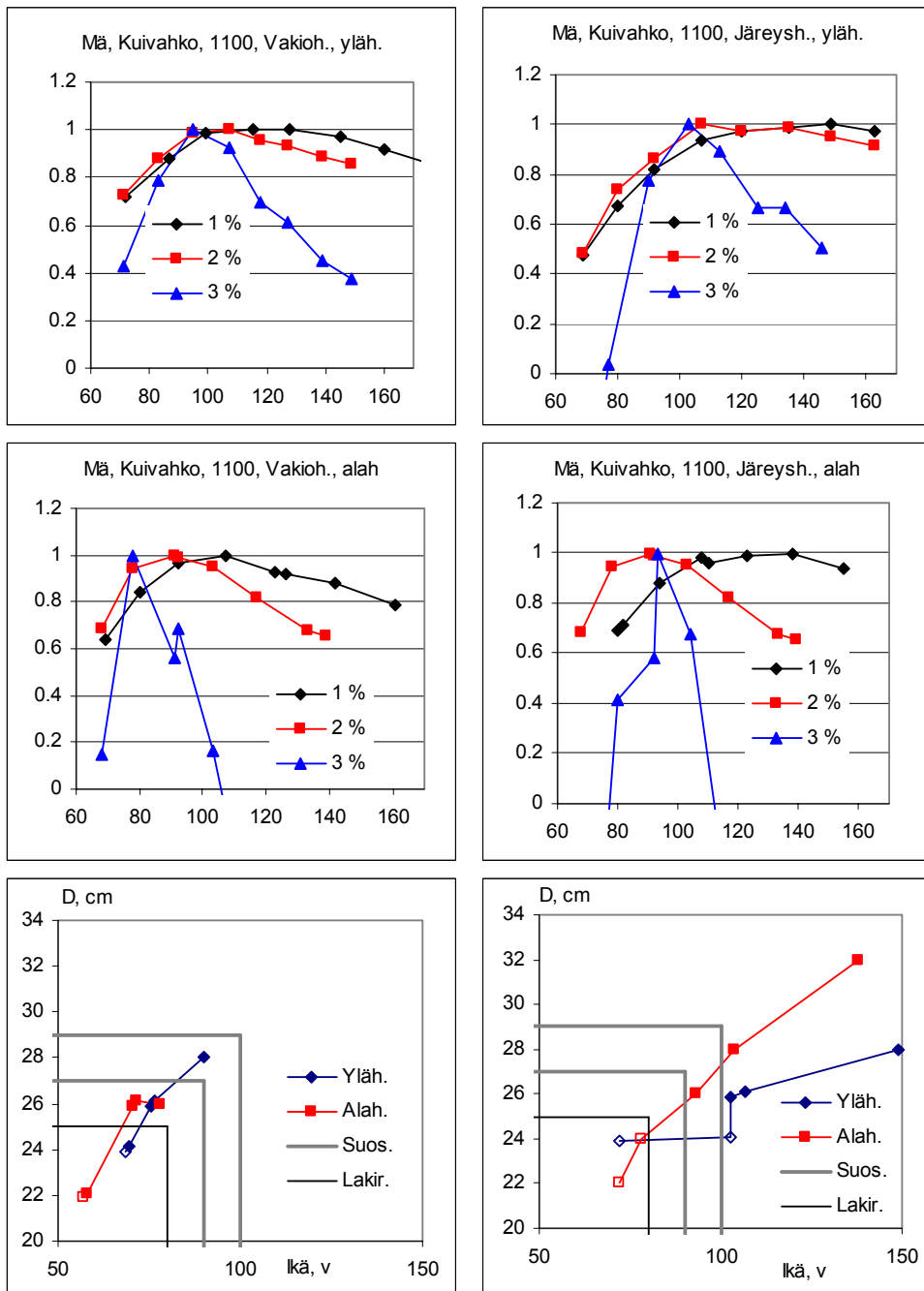
Kuva 2. . Männikön nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoaajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennusohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoaajat korkokannan vaihdelta yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Vasemmalla on tukin tasahinta, oikealla järeysporrastettu hinta. Lämpösomma 1300, kuivahko kangas.



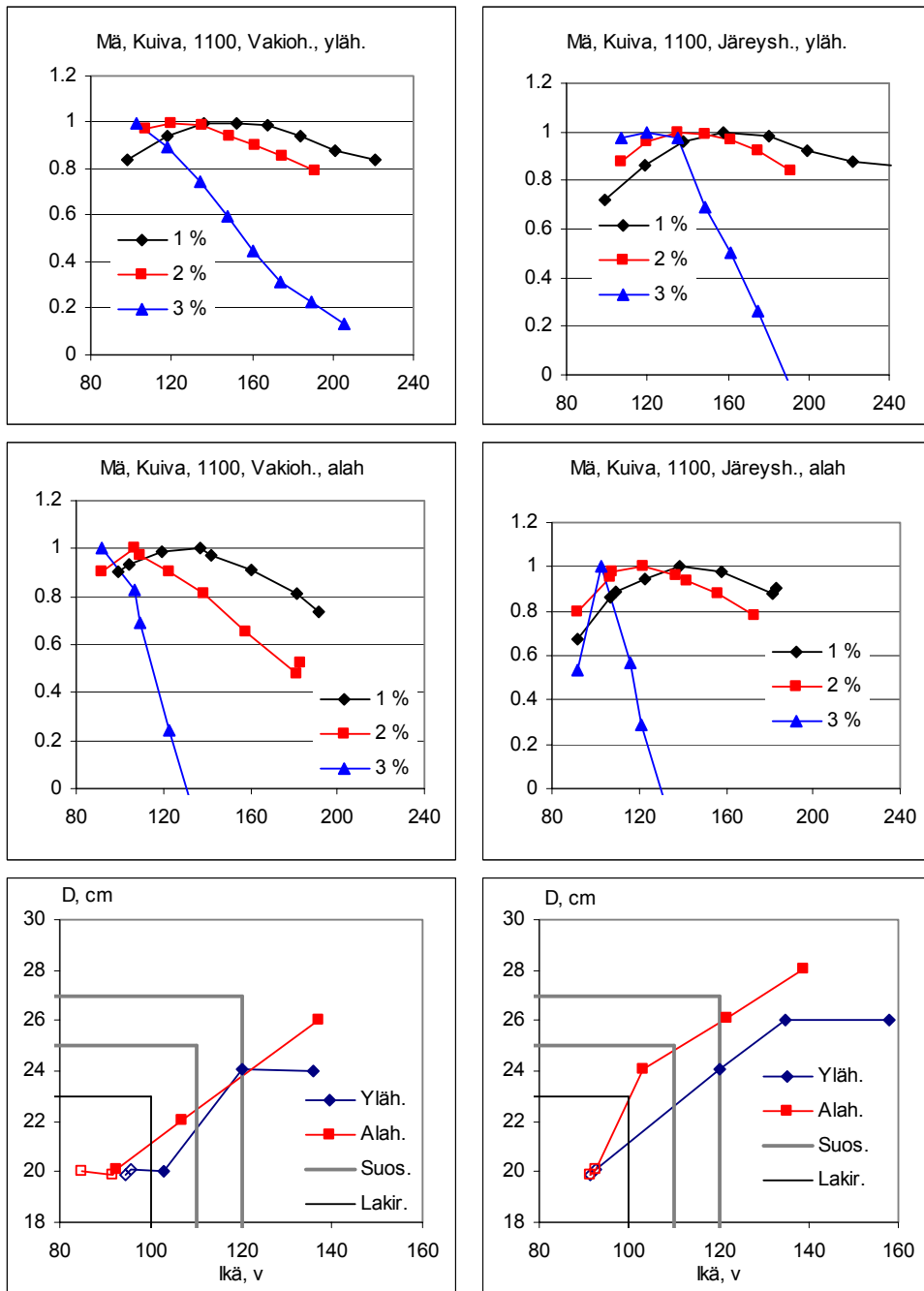
Kuva 3. . Männikön nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoaajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennussuohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoaajat korkokannan vaihdelta yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Vasemmalla on tukin tasahinta, oikealla järeysporrastettu hinta. Lämpösumma 1300, kuiva kangas.



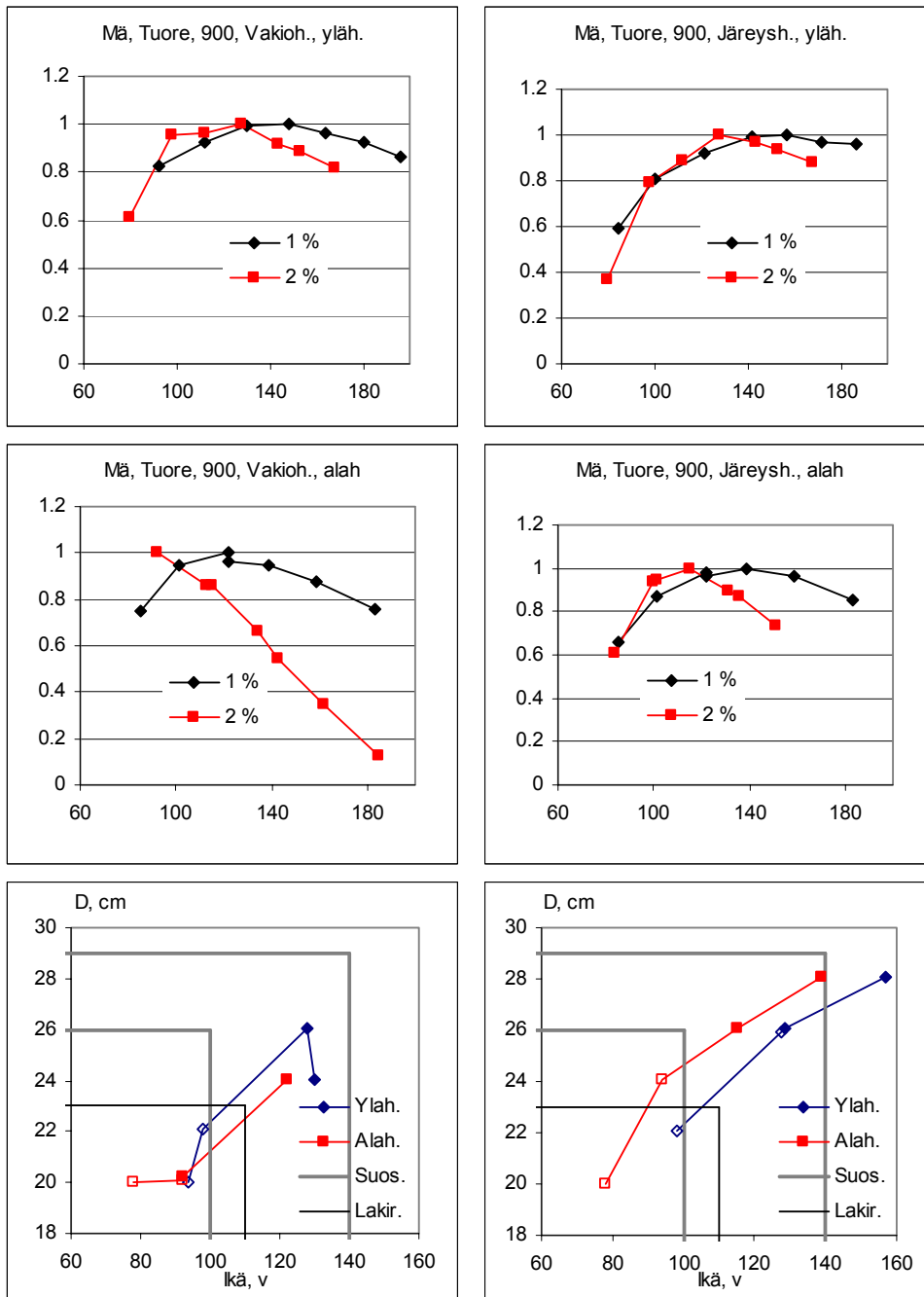
Kuva 4. . Mäntikön nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennussuohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoajat korkokannan vaihdelta yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Vasemmalla on tukin tasahinta, oikealla järeysporrastettu hinta. Lämpösumma 1100, tuore kangas.



Kuva 5. . Männikön nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennusohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoaajat korkokannan vaihdellessa yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Vasemmalla on tukin tasahinta, oikealla järeysporrastettu hinta. Lämpösumma 1100, kuivahko kangas.



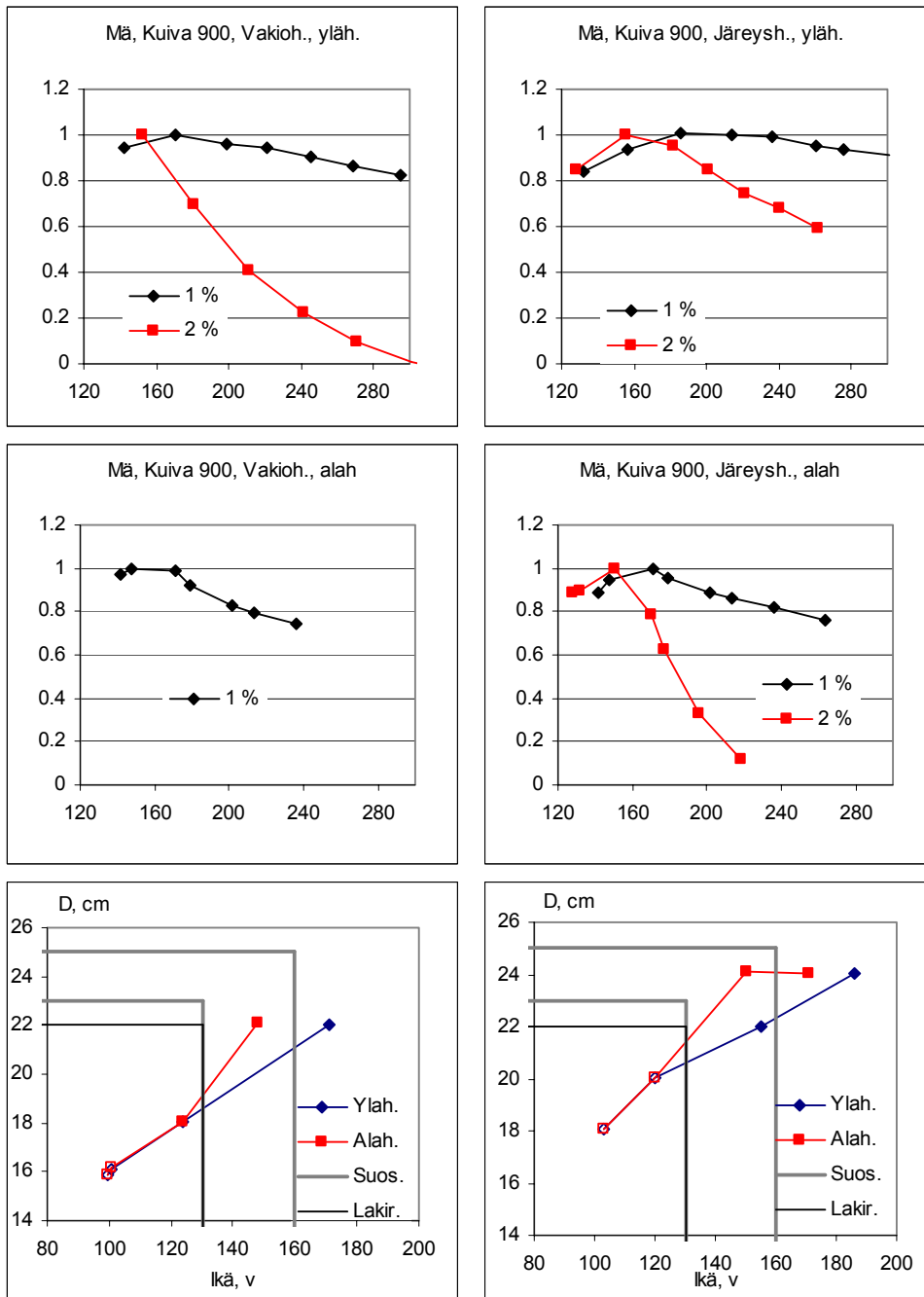
Kuva 6. . Männikön nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoaajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennusohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoaajat korkokannan vaihdellessa yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Vasemmalla on tukin tasahinta, oikealla järeysporrastettu hinta. Lämpösumma 1100, kuiva kangas.



Kuva 7. . Männikön nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennusohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoajat korkokannan vaihdelta yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Vasemmalla on tukin tasahinta, oikealla järeysporrastettu hinta. Lämpösomma 900, tuore kangas.

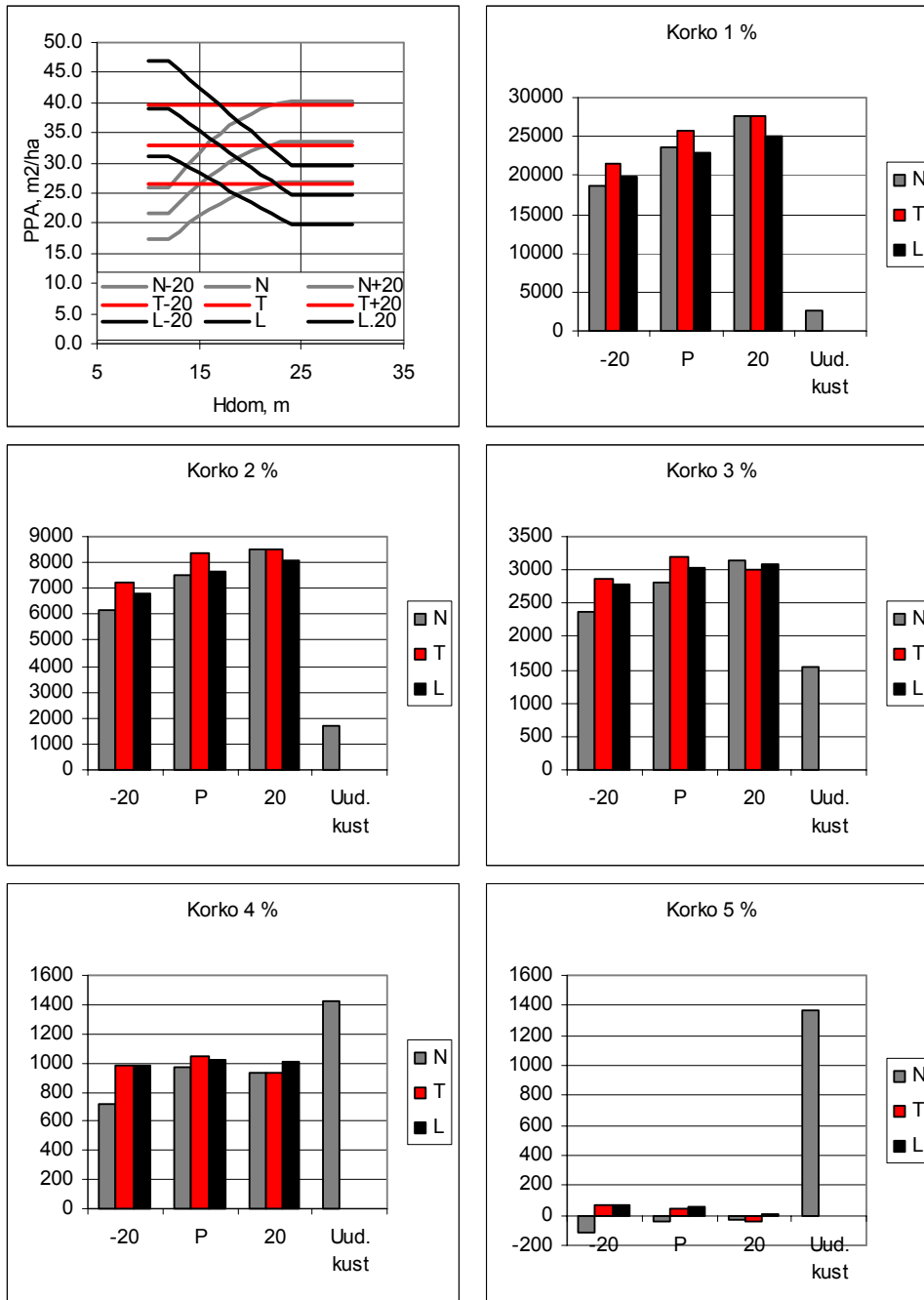


Kuva 8. . Männikön nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoaajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennusohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoaajat korkokannan vaihdellessa yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Vasemmalla on tukin tasahinta, oikealla järeysporrastettu hinta. Lämpösomma 900, kuivahko kangas.

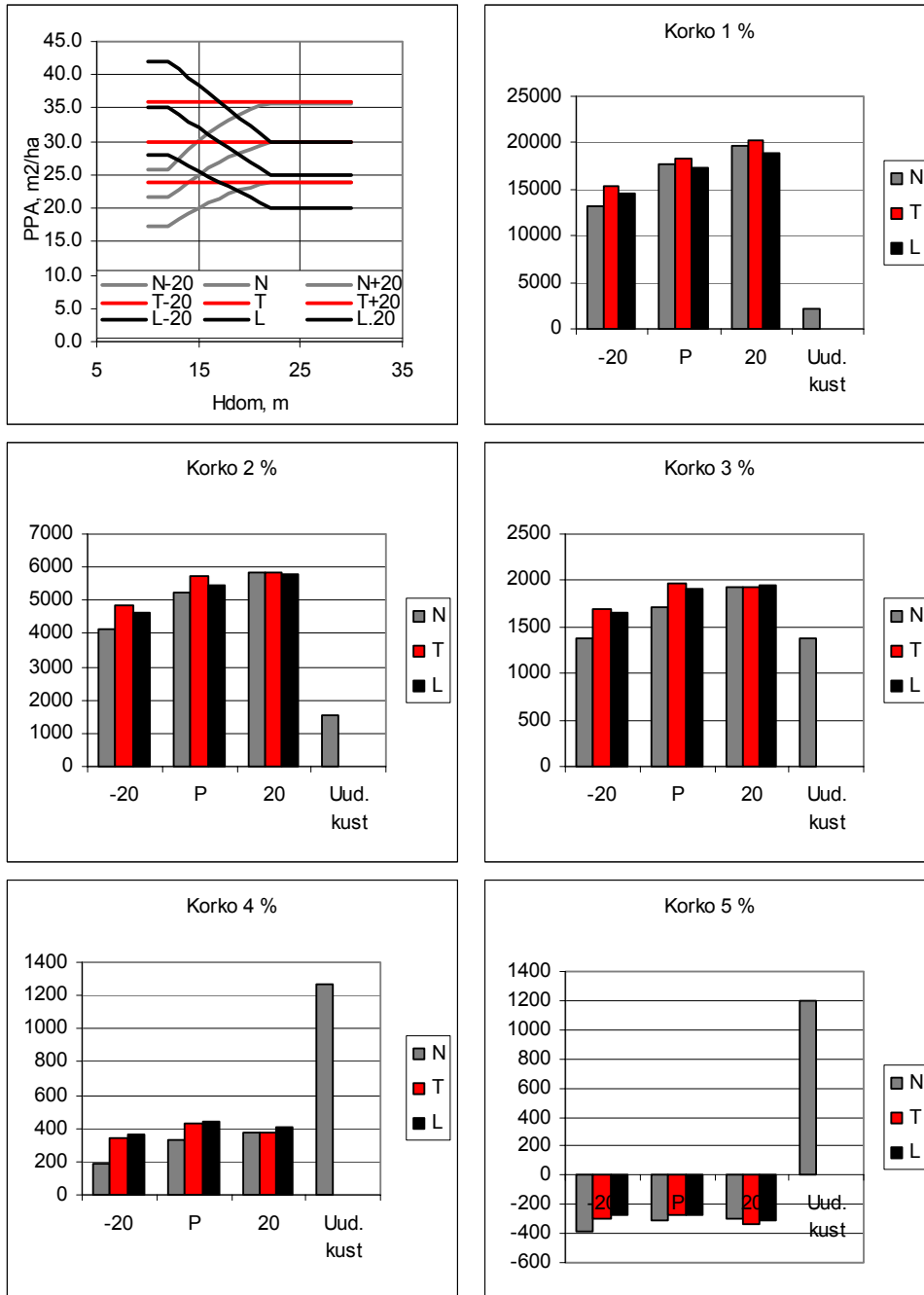


Kuva 9. . Männikön nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennusohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoajat korkokannan vaihdellessa yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Vasemmalla on tukin tasahinta, oikealla järeysporrastettu hinta. Lämpösomma 900, kuiva kangas.

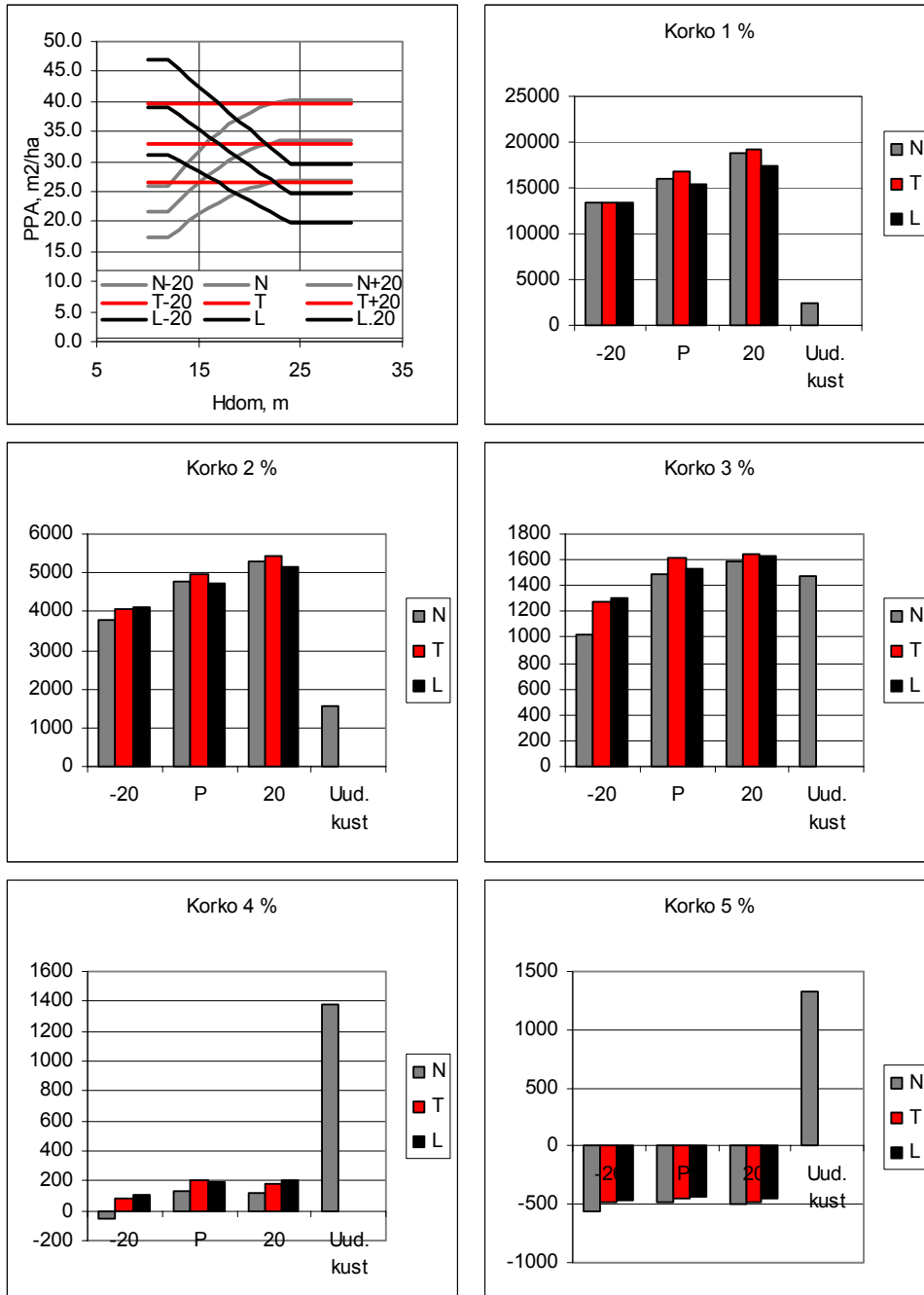
LIITE III Leimausrajan vaikutus nettotulojen nykyarvoon, kuusi



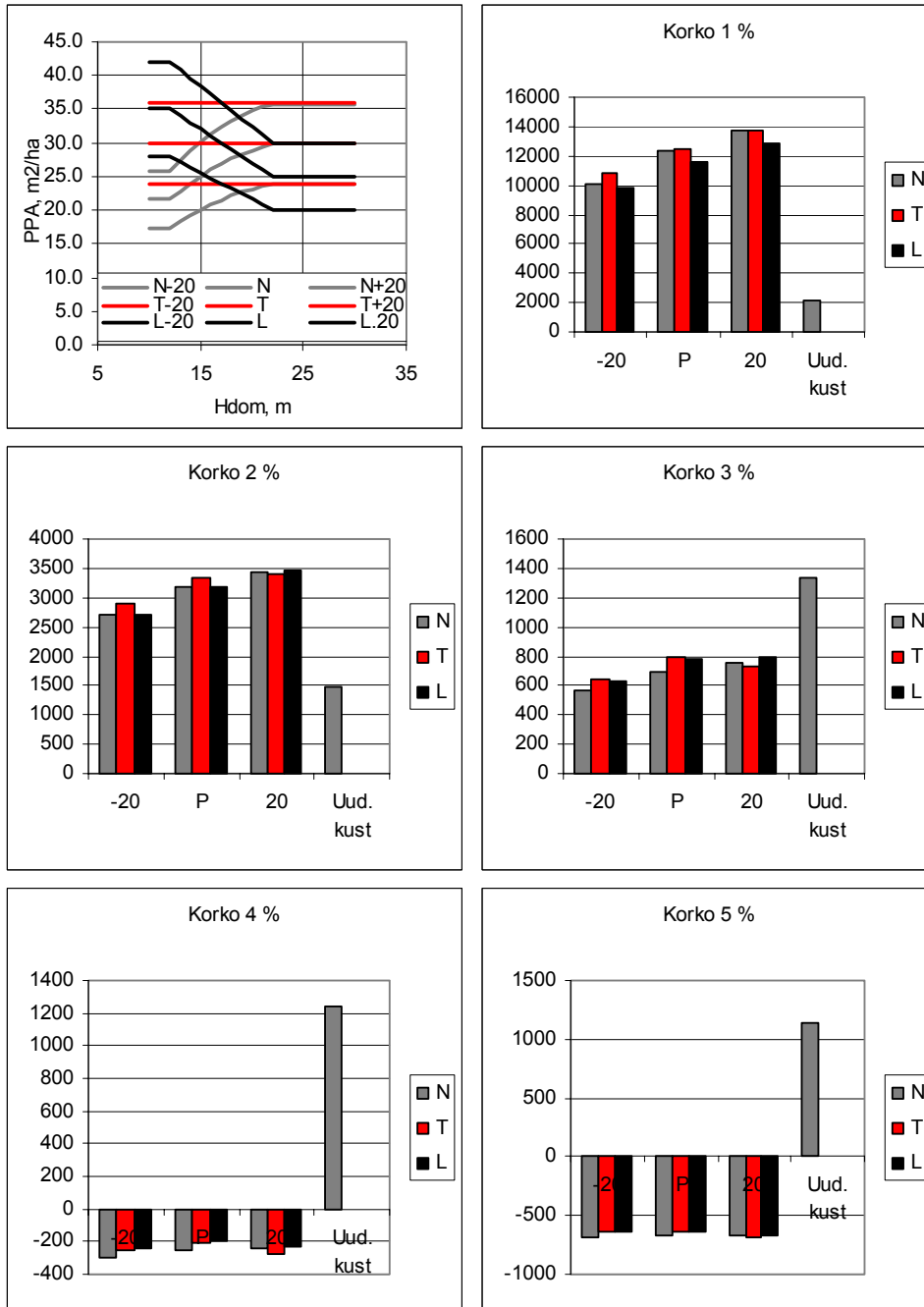
Kuva 1. Kuusiko vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösomma 1300 °C vrk, lehtomainen kangas



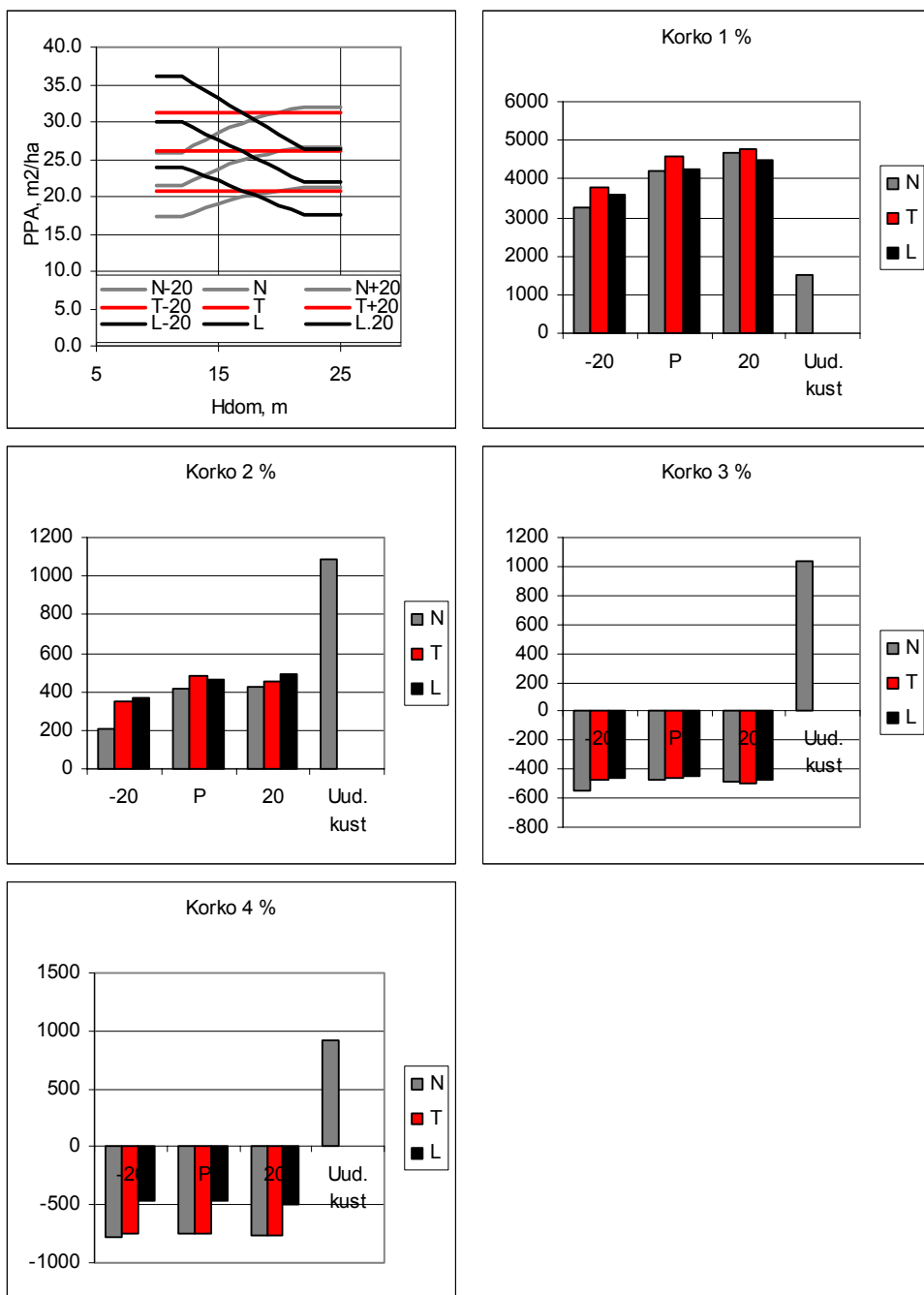
Kuva 2. Kuusiko vaihteoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1300 °C vrk, tuore kangas



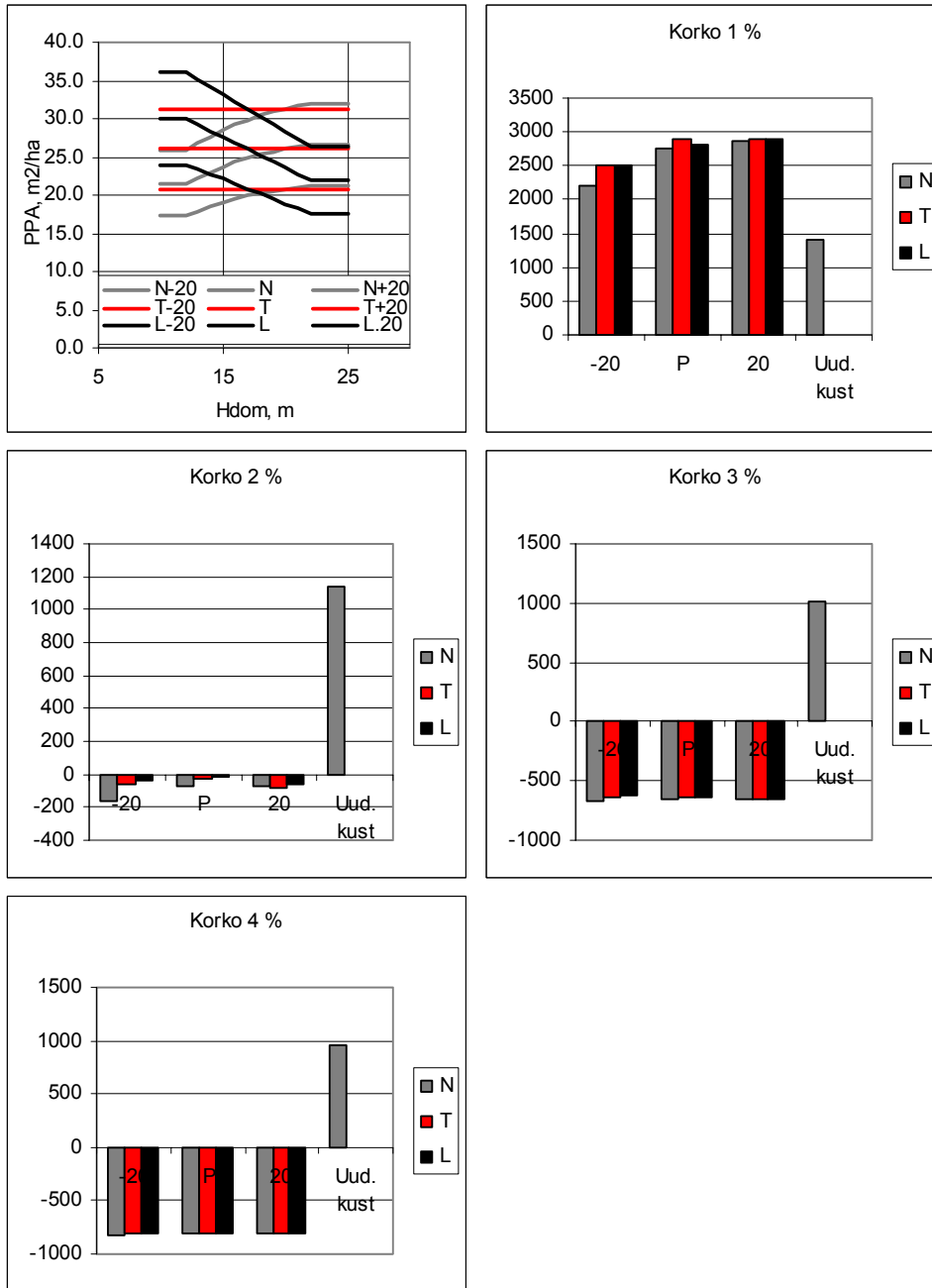
Kuva 3. Kuusiko vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1100 °C vrk, lehtomainen kangas



Kuva 4. Kuusiko vaihteoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösumma 1100 °C vrk, tuore kangas

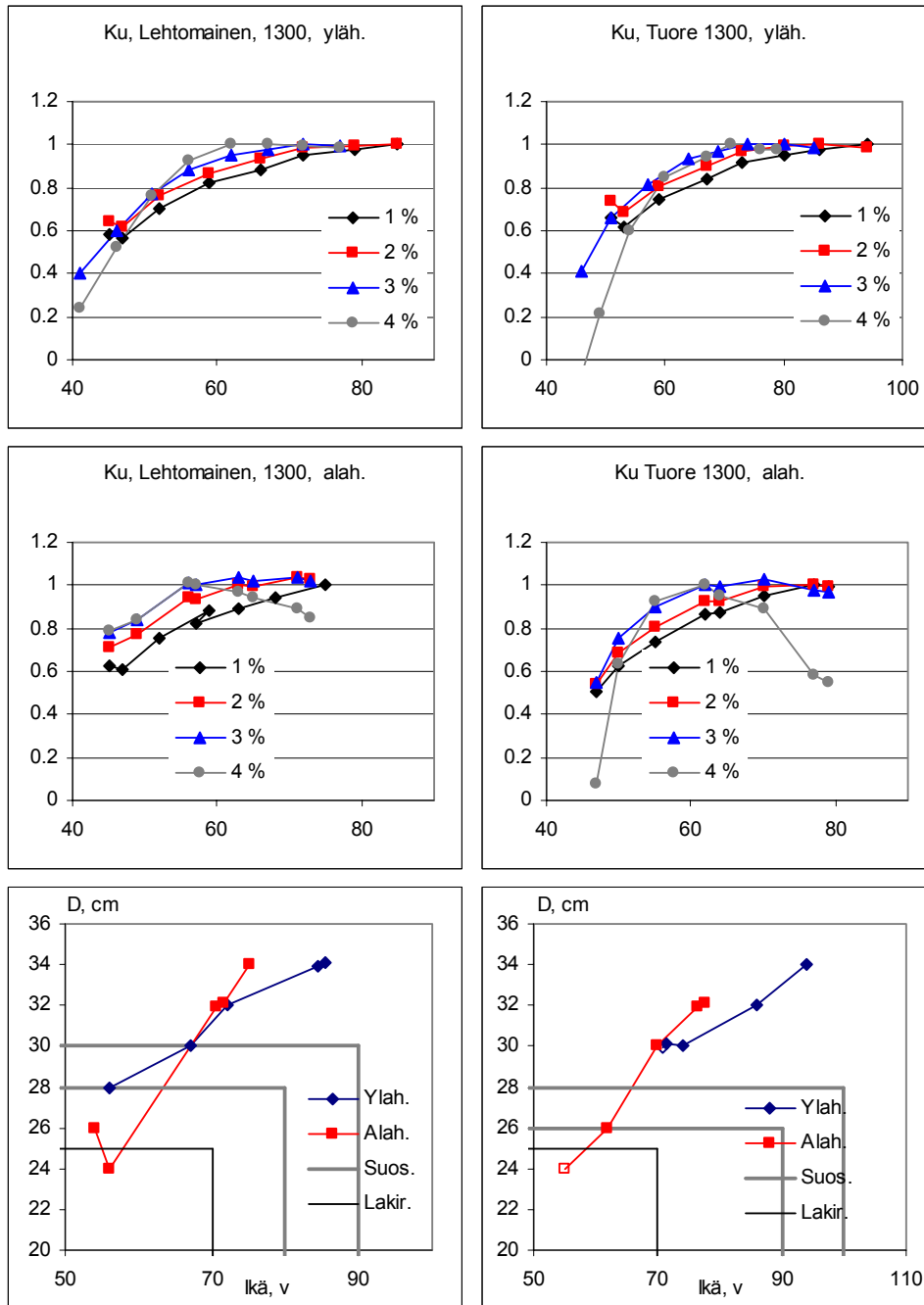


Kuva 5. Kuusiko vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen.
Lämpösumma 900 °C vrk, lehtomainen kangas



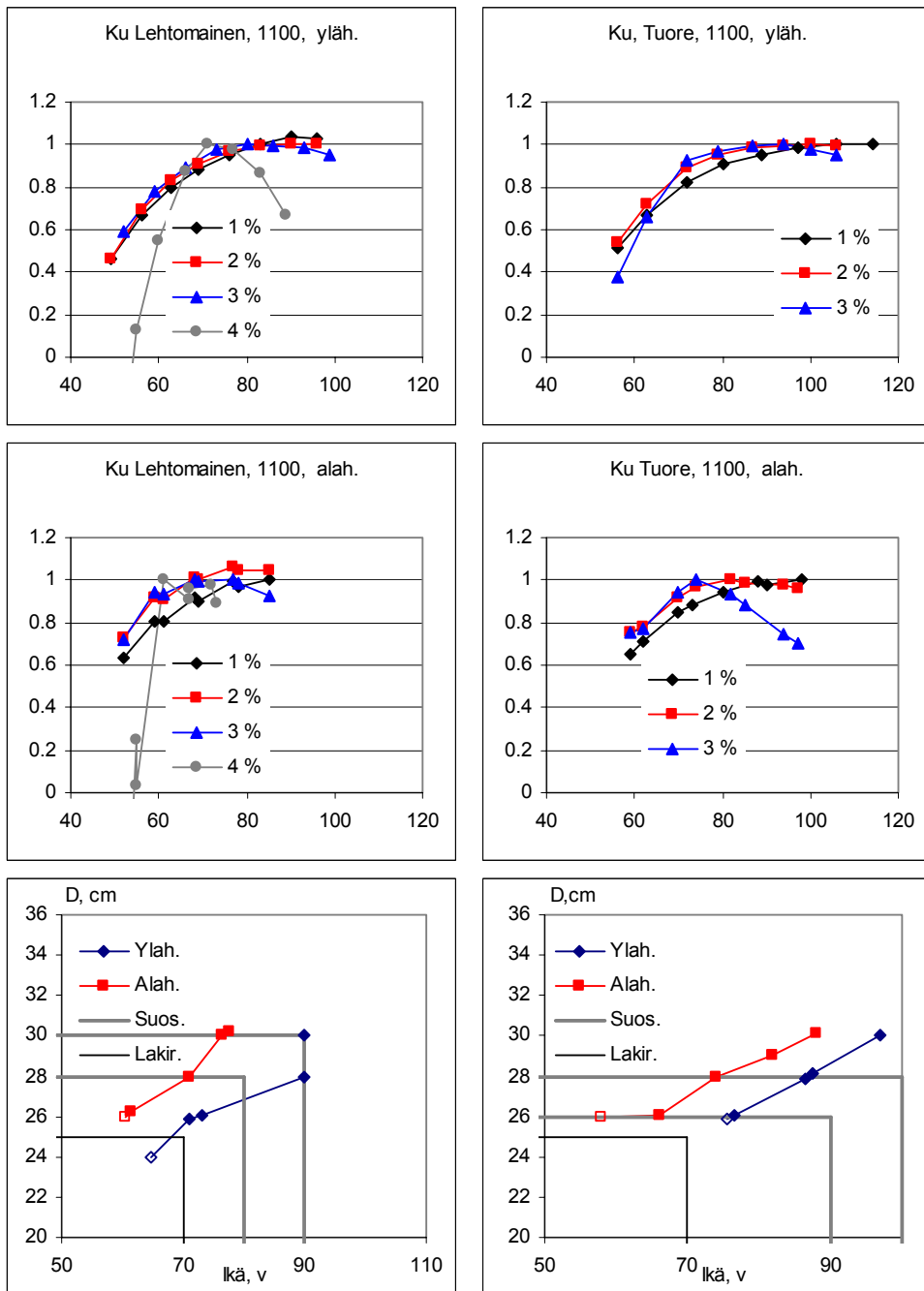
Kuva 6. Kuusiko vaihtoehtoiset leimausrajat ja niitä vastaavat nettotulojen nykyarvot parhaalla kiertoajalla eri korkokannoilla.. Nettotulojen nykyarvokuvissa x-akselilla on leimausrajan taso ja värit tarkoittavat nousevaa (N), tasaista (T) ja laskevaa (L) leimausrajaa. Uudistamiskustannukset tarkoittavat metsikön perustamiskustannuksia ja taimikonhoitoja diskontattuna perustamishetkeen. Lämpösomma 900 °C vrk, tuore kangas.

LIITE IV Korkokannan vaikutus kiertoaikaan, kuusi

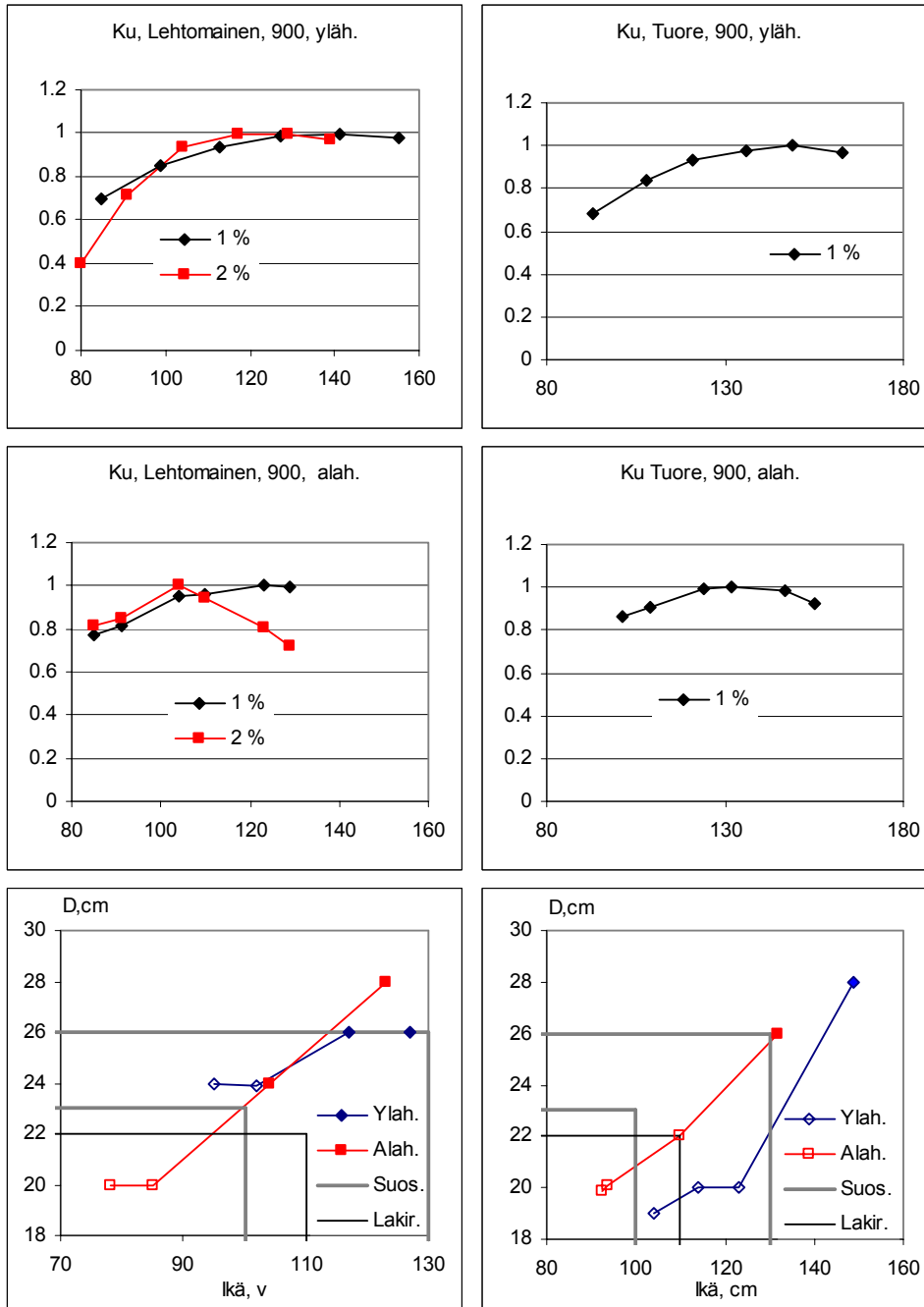


Kuva 1. Kuusikon nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennusohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettu parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoajat korkokannan vaihdelta yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle).

Lämpösomma 1300, lehtomainen (vasen) ja tuore (oikea) kangas.



Kuva 2. Kuusikon nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennusohjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoajat korkokannan vaihdelta yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Lämpösumma 1100, lehtomainen (vasen) ja tuore (oikea) kangas.



Kuva 3. Kuusikon nettotulojen nykyarvon vaihtelu korkokannan ja kiertoajan mukaan. Kahdella ylimmällä kuvarivillä on nettotulojen nykyarvo iän funktiona kunkin korkokannan parhaalla harvennushjelmalla. Suhteellinen arvo on nettotulojen nykyarvo jaettuna parhaan käsittelyohjelman arvolla. Alakuvissa suurimman nettotulojen nykyarvon antavat kiertoajat korkokannan vaihdellesta yhdestä viiteen prosenttia (oikealta vasemmalle). Lämpösumma 900, lehtomainen (vasen) ja tuore (oikea) kangas.