

RAVINTEIDEN KIERTO ERÄÄSSÄ MÄNNIKÖSSÄ: IV FYTOMASSAN JA RAVINTEIDEN MÄÄRÄ

IRJA LEHTONEN

SUMMARY:

NUTRIENT CYCLE IN A SCOTS PINE STAND: IV THE AMOUNT OF PHYTOMASS AND NUTRIENTS

Saapunut toimitukselle 1978-01-18

Tutkimuksessa selvitettiin erään riukuasteen puolukkatyyppin männikön kuiva-aine- ja ravinejakautumaa. Tuloksista voidaan mainita seuraavaa. Valtaosan puun kuiva-aineesta muodosti runkopuu, jonka määrä oli noin puolet puun kuiva-aineen määrästä. Seuraavana olivat elävät oksat, kanto ja juuret, kuori, neulaset ja kuolleet oksat. Puuston osuus metsikön kuiva-ainemäärästä oli yli 90 %. Kenttä- ja pohjakerroksen osuus metsikön kuiva-aineesta oli 5 %.

Puuston osuus metsikön kuiva-aineen ravinnemäärästä vaihteli 86 %:sta 95 %:iin. Kenttäkerroksen osuus ravinteista oli yleensä pienempi kuin pohjakerroksen. Vain tyypeä oli molemmissa lähes saman verran. Kasvukauden aikana maaperään tuli karikkeen mukana ravinteita 2...6 % puustoon sisältyvistä ravinnemääristä.

1. JOHDANTO

Teollisuuden — puuntarve, uusiutuvien luonnonvarojen käyttö ja metsien moninaiskäyttökysymykset ovat tehneet ajan-kohtaiseksi metsikön kuiva-aine- ja ravinnemäärän sekä tuotoksen arvioimisen. Teollisuuden puuntarpeen tyydyttäminen on tuonut perinteisen ainespuun korjuun rinnalle yhtenä vaihtoehtona kokopuun korjuun. Aikaisempaan verrattuna metsiköstä poistuu tällöin entistä enemmän kuiva-ainetta ja ravinteita. Myös metsähukkapuu pyritään ottamaan talteen entistä tarkemmin (esim. MIKKOLA 1969, MÄKELÄ 1977). Näiden runsaasti ravinteita sisältävien kasvinosien poistaminen köyhdyttää kuitenkin ajan mittaan metsikön maaperää.

Kokopuun korjuun aiheuttamia ravintetappioita on tutkittu runsaasti viime vuosina (BOYLE ja EK 1972, MÄLKÖNEN 1974, KUBIN 1977). Hakkuutähteiden talteenotto voi tutkimusten mukaan nostaa typen poistuman männikössä jopa 2,5-kertaiseksi ja fosforin poistuman 3-kertaiseksi pelkän ainespuun korjuun aiheuttamaan ravintetappioon verrattuna (Hakkuutähteiden talteenoton... 1974, s. 17). Tämä johtuu siitä, että runkopuu ei sisällä kuin vajaan puolet puun ravinnemäärästä, vaikka sen osuus biomassasta on runsaasti puolet (esim. OVERTON 1957, KUBIN 1977).

Metsikön kuiva-aine- ja ravinnevarat ovat sitoutuneet paitsi puustoon myös kenttä-

ja pohjakerroksen kasvillisuuteen (esim. TAMM 1953, SWITZER ja NELSON 1972). Ravinnekiertoa tutkittaessa (BORMANN ja LIKENS 1967, ABEE ja LAVENDER 1972, FOSTER ja MORRISON 1976) on todettu, että biomassan tuotanto metsäekosysteemissä on suhteellisen suuri muihin vastaavanlaisella maaperällä kasvaviin kasviyhdyksuntiin verrattuna (OVINGTON 1959, MÄLKÖNEN 1974).

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimusaineisto kerättiin vuoden 1975 syksyllä Helsingin yliopiston metsäaseman läheisyydessä olevasta koemetsästä (60°47' N; 24°18' E). Ravinnekoealan puista mitattiin pituus ja rinnankorkeusläpimita. Läpimitan perusteella puut jaettiin neljään ryhmään ($d_{1,3} < 8$ cm, 8–10 cm, 10–12 cm, > 12 cm). Samalla laskettiin koealalla olevien kuhunkin ryhmään kuuluvien puiden määrä. Jokaisesta läpimitaluokasta valittiin näytepuu, jonka läpimitan ja pituuden perusteella otettiin viereiseltä koealalta vastaavankokoinen puu biomassan mittaamiseksi. Kanto- ja juuripuu otettiin mukaan 5 mm:n paksuisiin juuriin asti.

Koepuista mitattiin pituus, rinnankorkeusläpimita, kapeneminen, elävien oksakiehkuroiden määrä, elävän latvuksen pituus ja 5 vuoden pituuskasvu. Puiden

Tämä tutkimus on osa työstä, jossa selvitetään puolukkatyyppin männikön ravinnetaloutta. Tässä julkaisussa tarkastellaan männikön kuiva-aineen määrää ja jakaantumista sekä typen, fosforin, kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin esiintymistä ko. metsäekosysteemissä.

yleiset ominaisuudet on esitetty taulukossa 1. Lisäksi mitattiin elävien ja kuolleiden oksien paino, kannon ja rungon paino sekä kuoren ja juurten paino. Kuivapainojen määrittämisen jälkeen mitattiin puun eri osien ravinnepitoisuudet. Menetelmät on kuvattu tutkimussarjan ensimmäisessä osassa (LEHTONEN ym. 1976). Tulokset muutettiin pinta-alakohtaisiksi kertomalla läpimitaluokkaa edustavasta koepuusta saadut tulokset läpimitaluokan puiden määrällä.

Pohja- ja kenttakerroksen sekä humuksen kuiva-aineen määrän ja ravinnepitoisuuden määrittämiseksi otettiin näytteet eri puolille ravinnekoeruutua sijoitetuilta näytealoilta. Näiden yhteispinta-alat olivat: kenttakerros 4 218 cm², pohjakerros ja humus 956 cm².

Taulukko 1. Koepuiden tunnuksia.

Table 1. Description of the sample trees.

Tunnus Characteristic	Puu 1 Tree 1	Puu 2 Tree 2	Puu 3 Tree 3	Puu 4 Tree 4
Pituus m Height m	6,0	8,2	8,3	8,8
Rinnankorkeusläpimita cm Breast height diameter cm	5,5	9,2	10,2	11,7
Kapeneminen cm Taper figure cm	2,1	5,2	5,2	6,1
5:n vuoden pituuskasvu m Height increment during 5 years m	1,6	2,5	2,1	2,6
Eläviä oksakiehkuroita kpl Number of living whorls	12	11	10	13
Elävän latvuksen pituus m Length of the living crown m	5,2	4,2	4,3	5,8

3. TULOKSET

31. Kuiva-aineen jakaantuminen männikössä

311. Puusto

Valtaosan puuston kuiva-aineesta muodosti runkopuu (kuva 1). Sen määrä oli 36...47 % puun kuiva-aineesta. Puusta riippuen rungon paino vaihteli 5,45 kg:sta 36,01 kg:aan. Vastaavanlaisia arvoja runkopuun painosta ja prosenttiosuuksista ovat esittäneet esim. OVINGTON (1957) sekä OVINGTON ja MADGWICK (1959). Vaikka rungon paino kasvoi puun pituuden ja läpimitan kasvaessa, ei sen osuus puun kuivapainosta juuri muuttunut.

Kuoren osuus vaihtelee puun läpimitan mukaan (esim. HEISKANEN ja RIKKONEN 1976, SAIKKU ja RIKKONEN 1976). Koepuiden kuoren osuus rungon ja kuoren määrästä olikin puun koosta riippuen 10,2 %...20,6 %. Rungon tyvellä ja aivan latvassa kuoren osuus oli suurempi kuin keskirungon alueella. Absoluuttinen kuoren määrä kasvoi puun kasvaessa vähemmän kuin runkopuun määrä. Kuoren paino vaihteli 1,14 kg:sta 4,91 kg:aan.

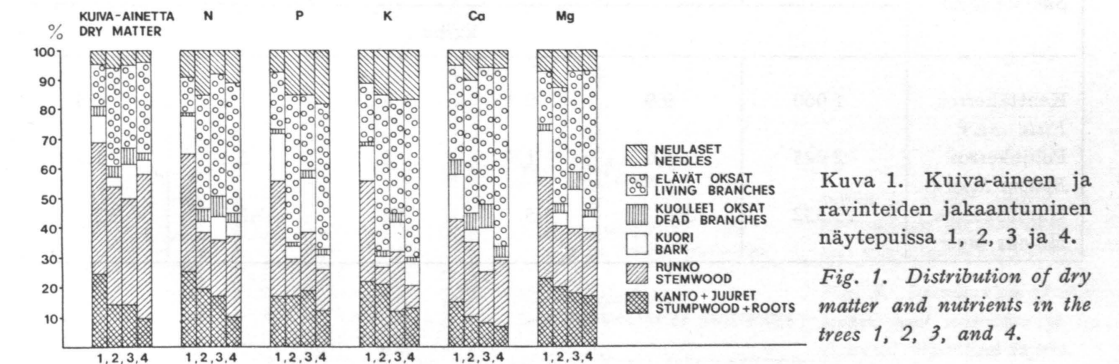
Elävästä latvuksesta punnittiin oksat ja neulaset. Sen sijaan oksapuun kuorta ei mitattu erikseen. Kirjallisuuden perusteella voidaan kuitenkin todeta, että oksaläpimitan kasvaessa kuoren osuus vähenee (esim. HAKKILA 1971). Oksien osuus puun kuiva-ainemäärästä oli 14,9...33,3 % (1,80–21,89 kg). Elävien oksien kuivapaino korreloi tutkimusten mukaan hyvin rinnankorkeusläpimitan, oksaisuusluokan ja latvussuhteen kanssa (MÄLKÖNEN 1972).

Kuivien oksien määrä oli huomattavasti pienempi kuin elävien oksien: 2,7...5,7 % puun kuiva-ainemäärästä (0,39...2,37 kg). Määrä riippuu puun karsiutumistasesta (esim. LEMKE 1973).

Oksakiehkuravali oli näytepuissa melko tasainen (38...44 cm). Elävien oksakiehkuroiden määrä näytti hieman pienenevän puun pituuden ja rinnankorkeusläpimitan kasvaessa. Neulasten osuus puun kuiva-ainemäärästä oli 2,7...5,7 %. Neulasten ja puun maanpäällisten osien suhde oli 0,04...0,06 ja sen on todettu pienenevän puun kasvaessa (esim. MADGWICK ym. 1977). Vanhojen neulasten osuus kasvoi puun koon kasvaessa (myös MÄLKÖNEN 1974, MADGWICK ym. 1977). Neulasten kuivapaino saattaa neulasta kohti kasvoi neulasten vanhetessa seuraavan asetelman mukaan:

Neulasten ikä	Suhteellinen paino	
	3. oksakiehkura	7. oksakiehkura
1 vuosi	100	100
2 vuotta	122	131
3 vuotta	142	185
4 vuotta	211	193

Alempana latvuksessa kuivapainon lisäys oli voimakkaampi kuin ylempänä latvuksessa (samoin esim. SJAJSJAEV 1970), vaikka kasvainten ja neulasten pituus PIETARISEN (1977) mukaan pienienkin tutkitun metsikön puissa puun alaosassa. Neulasten määrä



Kuva 1. Kuiva-aineen ja ravinteiden jakaantuminen näytepuissa 1, 2, 3 ja 4.

Fig. 1. Distribution of dry matter and nutrients in the trees 1, 2, 3, and 4.

Taulukko 2. Puuston biomassa eri kokoluokan puissa, kg/ha.

Table 2. Biomass distribution in different size of trees, kg/ha.

Puun osa Part of tree	Luokka 1 d 1,3 < 8 cm Group 1	Luokka 2 d 1,3 : 8-10 cm Group 2	Luokka 3 d 1,3 : 10-12 cm Group 3	Luokka 4 d 1,3 .> 12 cm Group 4	Yhteensä Total
Runkopuu Stemwood	2 180	4 329	10 560	14 402	31 471
Kuori Bark	456	385	3 438	1 441	5 720
Oksat Living branches	721	3 664	8 049	8 754	21 188
Kuolleet oksat Dead branches	157	378	1 660	719	2 914
1-vuotiset neulaset First year needles	48	160	332	334	874
2-vuotiset neulaset Second year needles	46	225	342	394	1 007
3-vuotiset neulaset Third year needles	37	231	433	319	1 020
Silmut Buds	2	11	18	20	51
Kanto Stumpwood	1 007	715	1 763	1 068	4 553
Juuret Roots	1 198	862	2 496	1 716	6 272
Yhteensä Total	5 852	11 050	29 091	29 167	75 070

Taulukko 3. Aluskasvillisuuden ja humuksen kuivapaino sekä ravinteiden määrä, kg/ha.

Table 3. Amount of dry matter and nutrients in the bottom and field layer vegetation and humus layer, kg/ha.

Näytekerros Sample layer	Kuiva-ainetta Dry matter	N	P	K	Ca	Mg
	kg/ha					
Kenttäkerros Field layer	1 060	9,9	0,4	4,5	1,5	0,3
Pohjakerros Bottom layer	2 025	9,6	1,9	8,1	5,1	1,5
Humuskerros Humus layer	79 532	650	25	22	45	15

sen sijaan kasvoi latvuksen yläosasta aina latvuksen keskivaiheille asti.

Kantopuun ja juurten osuus puun kuiva-ainemäärästä oli 12,4 %...24,7 % (myös OVERTON ja MADGWICK 1959, MÄKINEN 1965, MÄLKÖNEN 1972, 1974). Tutkimukseen mukaan otetut yli 5 mm paksut juuret muodostavat kuitenkin vain osan juuristosta (esim. KALELA 1949). Puun pituuden ja rinnankorkeusläpimitan kasvaessa juurten osuus puun kuiva-ainemäärästä näytti pienenevän (kuva 1, myös LAITAKARI 1927).

Puuston kuiva-ainemäärä hehtaarilla (taulukko 2) on likimain yhtä suuri kuin esim. OVERTONIN ja MADGWICKIN (1959) ja LEMKEN (1973) kuvaamien vastaavanlaisten männiköiden kuiva-ainemäärä.

312. Kenttä- ja pohjakerros

Taulukossa 3 esitetään pohja- ja kenttäkerroksen kuiva-ainemäärä. Yleisin kenttäkerroksen laji oli metsälauha (LEHTONEN ym. 1976). Valtaosan sen biomassasta ja kuiva-ainetuotannosta muodostivat kuitenkin mustikka, puolukka ja kanerva. Pohjakerroksessa yksilömäärä oli huomattavasti suurempi kuin kenttäkerroksessa. Pohja- ja kenttäkerros muodostivat n. 5% metsikön kuiva-aineesta (kuva 2).

313. Humus ja karike

Humuksen määrä maaperässä vaihtelee maan viljavuudesta ja humuskerroksen pak-

suudesta riippuen. Humuskerroksen paksaus oli keskimäärin 5,9 cm. Sen kuiva-ainemäärää (taulukko 3) täydentää karike, jonka määrä vaihtelee metsiköittäin ja vuosittain (esim. SYKES ja BUNCE 1970, WIEGERT ja MONK 1972). Tutkimuskohteen männikössä karikesato oli suurimmillaan elo-, syyskuun aikana.

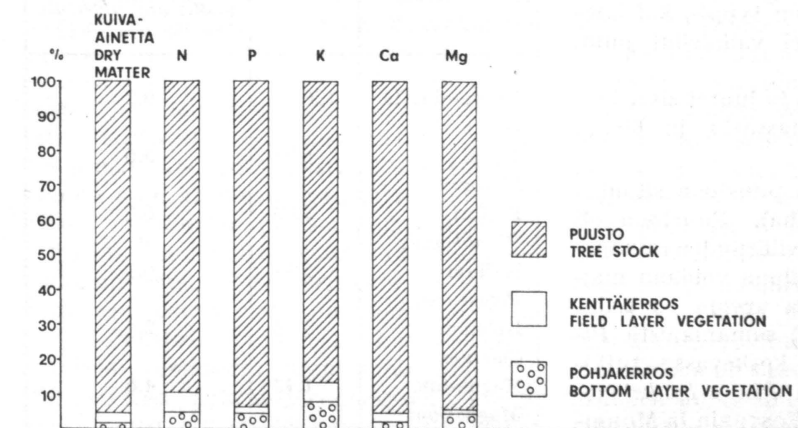
32. Ravinteiden jakaantuminen männikössä

321. Puusto

Puun eri osien ravinnepitoisuudet vaihtelevat huomattavasti. Esim. runkopuu oli melko vähäravinteista muihin puunosiin verrattuna. Latvus ja kuori sen sijaan olivat runsasravinteisia (myös OVERTON 1959).

Puun suuretessa sen sisältämä kokonaisravinnemäärä kasvoi. Runkopuun osuus puun ravinnemäärästä vaihteli puun koon mukaan niin, että läpimitaltaan ja pituudeltaan pienimmässä koepuussa (puu no 1) rungon osuus puun kokonaisravinnemäärästä oli selvästi suurempi kuin kookkaammissa näytepuissa (puut 2...4, kuva 1). Onkin todettu, että runkopuun osuus puun ravinnemäärästä ei kasva yhtä nopeasti kuin sen osuus puun kuivapainosta (OVERTON ja MADGWICK 1959, KUBIN 1977). Rungon ja kuoren osuus puun kokonaisravinnemäärästä oli 50...60% (samoin WRIGHT ja WILL 1958).

Elävän oksapuun ja kuoren osuus puun kuivapainosta oli 14...33%, ja osuus ravinnemäärästä 12...60% vaihdellen



Kuva 2. Kuiva-aineen ja ravinteiden jakaantuminen eri kasvillisuuskerroksiin.

Fig. 2. Distribution of dry matter and nutrients in different vegetation layers.

Taulukko 4. Ravinteiden jakaantuminen puustossa, kg/ha.

Table 4. Distribution of the nutrients in the trees, kg/ha.

Puun osa Part of tree	N	P	K	Ca	Mg
	kg/ha				
Runkopuu <i>Stemwood</i>	44,55	6,22	13,82	33,61	7,30
Kuori <i>Bark</i>	12,47	4,23	10,27	12,82	3,07
Elävät oksat <i>Living branches</i>	76,15	14,76	43,69	83,64	13,15
Kuolleet oksat <i>Dead branches</i>	8,57	0,70	1,64	9,84	1,10
1-vuotiset neulaset <i>First year needles</i>	5,41	1,83	4,62	2,31	0,84
2-vuotiset neulaset <i>Second year needles</i>	6,10	1,75	6,06	4,62	0,91
3-vuotiset neulaset <i>Third year needles</i>	7,20	1,30	3,16	3,92	0,77
Silmut <i>Buds</i>	0,29	0,11	0,18	0,11	0,05
Kanto ja juuret <i>Stumpwood and roots</i>	29,31	5,78	18,83	13,73	6,18
Yhteensä <i>Total</i>	190,05	36,48	102,27	164,60	33,37

ravinteiden ja oksamäärän mukaan. Kuolneiden oksien ravinnemäärä oli pieni ja vaihteli jokseenkin sattumanvaraisesti.

Neulaset sisälsivät 5...18 % puun ravinteista. Osuus oli suurempi kuin osuus puun kuivapainosta (samoin esim. Ovington ja Madgwick 1959). Suhteellisesti eniten neulasissa oli fosforia ja kaliumia, joiden osuus kasvoi puun koon kasvaessa. Sen sijaan neulasten osuus puun typpi-, kalsium- ja magnesiummäärästä ei vaihdellut puun koon mukaan.

Kaikkiaan elävä latvus ja juuret sisälsivät noin puolet puun biomassasta ja 60...75 % ravinnemäärästä.

Taulukossa 4 esitetään puustoon sitoutuneet ravinnemäärät (kg/ha). Puustoon oli sitoutuneena yli 90 % kasvillisuuden ravinnearvoista (kuva 2). Vertailuna voidaan mainita, että vastaavanlaisia arvoja on esiintynyt Ovingtonin (1959) samanikäistä *Pinus sylvestris*-metsikköä koskevassa tutkimuksessa. Samanikäistä *Pinus banksiana*-metsiköstä on sen sijaan Fosterin ja Morris-

Taulukko 5. Kasvukauden aikana kertyneen karikkeen määrä ja sen sisältämät ravinteet.

Table 5. Amount of dry matter and nutrients in the litter fall during the growing season.

Karikeriike <i>Litter</i>	kg/ha	% puuston kuiva-aineesta ja ravinteista % of total dry matter and nutrients in the tree stand
Kuiva-ainetta <i>Dry matter</i>	126.49	0.2
Typpi <i>Nitrogen</i>	8.93	5.6
Fosfori <i>Phosphorous</i>	2.03	6.6
Kalium <i>Potassium</i>	5.44	6.1
Kalsium <i>Calcium</i>	3.58	2.4
Magnesium <i>Magnesium</i>	1.47	4.6

sonin (1976) tutkimuksissa saatu pienempiä arvoja.

Puun kuivapainon lisääntyessä myös sen sisältämä ravinnemäärä kasvaa. Voimakasta ravinnemäärän kasvu on puun ollessa 20 vuoden ikäinen. Metsikön ravinnemäärä ei kuitenkaan kasva yhtä nopeasti kuin yksittäisen puun, koska puusto harvenee metsikön vanhetessa (Ovington 1959).

Mikäli metsikössä suoritettaisiin kokopuun korjuu, poistuisi siitä pelkän kuorellisen runkopuun korjuuseen verrattuna ravinteita seuraavasti: tyyppiä 2,8, fosforia 2,9, kaliumia 3,5, kalsiumia 3,2 ja magnesiumia 2,7 kertaa enemmän (myös esim. Hakkuutahteiden talteenoton... 1974, s. 17).

322. Kenttä- ja pohjakerros

Aluskasvillisuuden osuus männikön biomassasta oli noin 5 % (kuva 2). Sen osuus metsikön ravinnemäärästä oli lähes yhtä pieni: 5...14 %. Aluskasvillisuudessa oli 11 % metsikön biomassaan sitoutuneesta typpimäärästä ja 14 % vastaavasta kaliummäärästä. Aluskasvillisuuden osuus kalsiummäärästä oli sen sijaan vain 5 %. Kenttä-

kerroksen biomassan määrä oli lähes kaksi kertaa niin suuri kuin pohjakerroksen. Ravinteiden määrä oli kuitenkin pohjakerroksessa suurempi kuin kenttäkerroksessa.

323. Humus ja karikeriike

Humuksessa olevien kokonaisravinteiden määrä (taulukko 3) oli suuri verrattuna kasvillisuuden ravinnemääriin. Orgaanisesta aineesta ja siihen sisältyvistä ravinteista yli 90 % olikin sitoutunut humukseen. Kuitenkin vain osa maaperän ravinteista on välittömästi kasvien käytössä.

Ravinteet palaavat kasvipeitteestä maaperään karikkeeseen mukana (taulukko 5). Puustokarikeriike muodostaa valtaosan metsikön karikemäärästä. Vaikka aluskasvillisuuden tuottama karikeriike on vain osa siitä, on se kuitenkin runsasravinteisena tärkeä tekijä maaperän ravinnetasapainon kannalta (esim. Bonnivie-Svendsen ja Gjems 1957).

Puustokarikkeessa palasi kasvukauden aikana vajaa puoli prosenttia puuston maanpäällisestä kuiva-ainemäärästä maaperään. Sen sijaan ravinteiden määrä kasvukautisessa karikesadossa oli 2,4...6,6 %.

4. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin puolukkatyyppin männikön kuiva-aineen määrää ja ravinteiden jakaantumista eri kasvillisuuskerroksiin ja maaperään. Työ liittyy osana metsikön ravinnekierron ja ravinnetaseen selvittämiseen. Aineisto kerättiin kasvukauden loputtua syksyllä 1975 Helsingin yliopiston metsäseman läheisyydessä olevasta metsiköstä. Tutkimusmetsikköä kuvaamaan valittiin mittausten antamien tietojen perusteella neljä koepuuta, joista saadut tulokset samoin kuin aluskasvillisuudesta saadut tulokset muutettiin pinta-alakohtaisiksi.

Puusto muodosti valtaosan metsikön kuiva-aineesta. Pohjakerroksen ja kenttäkerroksen osuus metsikön biomassasta oli 5 %. Puustossa valtaosan kuiva-aineesta muodosti runkopuu. Muut puun osat voitiin asettaa suuruusjärjestykseen kuiva-aineosuuden perusteella seuraavasti: elävät

oksat, kanto ja juuret, kuori, neulaset ja kuolleet oksat.

Vaikka runkopuun osuus puun kuiva-aineesta oli lähes puolet, oli sen osuus puun maanpäällisen osan ravinnemäärästä tätä pienempi. Runkopuun osuus puun ravinnemäärästä oli suurin tyyppien ja pienin kaliumin kohdalla. Suhteellisesti eniten ravinteita sisälsivät elävät oksat. Eri puun osat voitiin asettaa seuraavaan suuruusjärjestykseen sen mukaan, kuinka suuren osan puun ravinnemäärästä ne sisälsivät; elävät oksat, runkopuu, puun maanlaiset oksat, joihin laskettiin kuuluvaksi kanto ja juuret, kuori, neulaset ja kuolleet oksat. Elävä latvus sisälsi yli puolet puun maanpäällisen osan sisältämistä ravinteista.

Puustoon oli sitoutuneena yli 90 % kasvillisuuden kuiva-aineesta ja 86...95 % kasvillisuuden ravinteista.

