

Tavoitteista

Metsikkökoealajarjoituksen ensisijainen tavoite on oppia käyttämään erilaisia koealoja, puumittauksia, koepuuotantaa ja puumalleja puustotunnusten määrittämiseen – kohteena metsikkö. Puuanalysiharjoitus edeltää metsikkökoealajarjoitusta, koska siten on haluttu osoittaa, kuinka puumallit (esim. tilavuusyhtälöt, runkökayrät, biomassayhtälöt, puutason kasvumallit) laaditaan kaatokoepuista tehdyin runkoanalyysimittauksin.

Maastoharjoituksen tavoitteet ovat:

- tutustua mitattaviin puu- ja kasvupaikkatunnuksiin sekä mittauksiin käytettävissä oleviin mittavälineisiin
- tutustua ja valmistautua edessä olevaan harjoitukseen ja sen eri vaiheisiin

Välineet

Mukaan otetaan henkilö- ja ryhmäkohtaiset välineet erikseen jaettavan listan mukaan. Osa välineistä on kohteilla.

Toteutus

5 kohdetta, 40 + 5 min (siirtyminen) per kohde.

1) Kohde - Pihapiiri / Instituutin alue

Aiheet: Puustotunnusten (määrä ja arvo) määrittämisen vaiheet erilaisia koealoja, mittauksia ja malleja käytettäessä eli vaihtoehdot. MARV1-toteutus: Toimet metsikkökoealalla, yleistunnusten määrittäminen, koealan rajaaminen bussolin avulla ja KKJ/Kartta-atsimuutin suuntaan liikuminen bussolin avulla (bussolikorjaus). LiDAR karttoihin tutustuminen; korkeus- ja intensiteettikartat.

Välineet:

- assistentilla LiDAR-karttoja
- ryhmällä kaikki bussolit

Bussoli = tarkkuuskompassi, mittaa suuntaa maan magneettikentässä (anomaliat: mukana kulkevat, rakennettu ympäristö, kallioperä). Hyytiälän bussoleissa asteasteikko 0°–360° ja positiivinen kiertosuunta on myötäpäivään.

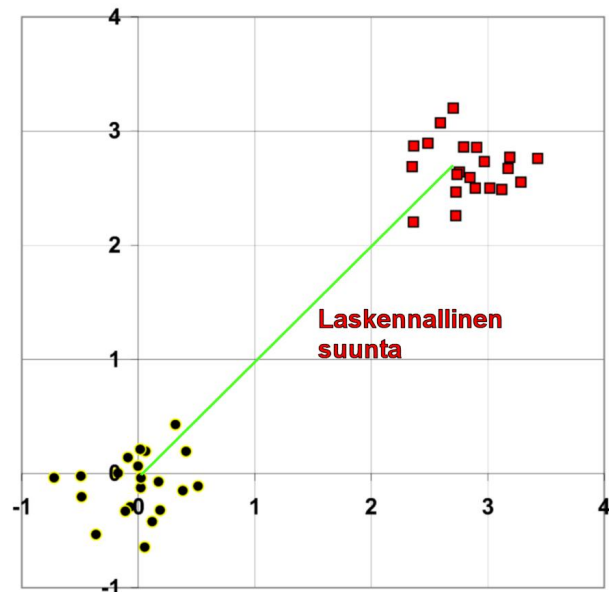
KKJ on Gauss-Kruger karttakoordinaatisto, jossa Y-akseli suunnattu 24 pituuspiirin suuntaiseksi. Puut, ilmakuvat ja laser on määritetty tässä XY järjestelmässä.

Bussolin pohjoisen (0°/360°) ja KKJ:n Y-akselin välinen suuntaero on paikan funktio, ja on Hyytiälässä noin 6°, vaihdellen mittaajittain ja bussoleiden välillä. Jokainen mittaaja ja bussoli on siksi kalibroitava ennen tutkimusmittauksiin ryhtymistä.

Kulku bussolin ohjaamana:

$$1^\circ = 0.0175 \text{ radiaania}$$

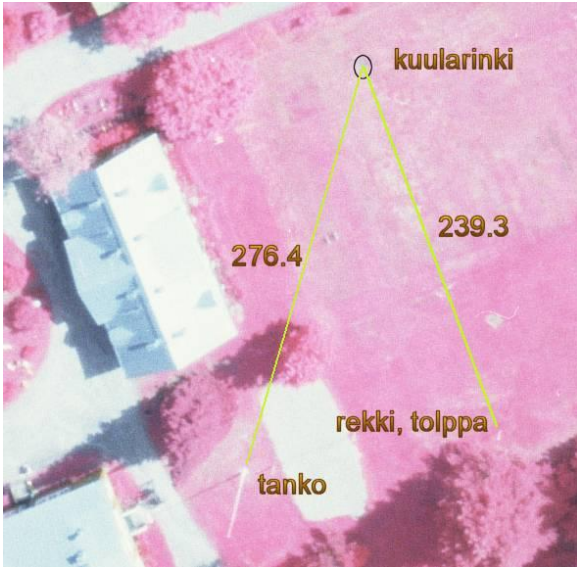
- 1° sivuun 10 metrillä = 0.17 m siirtymä.
- 1° sivuun 50 metrillä = 0.85 m "
- 10° sivuun 2 metrillä = 0.35 m



Kuva 1. Jos ilmakuvapuiden paikannustarkkuus (X, Y) on noin 30 cm ja puiden välinen keskietäisyys on 4 m, aiheutuu puiden sijaintien epävarmuudesta 6° hajonta puiden välisen laskennallisen suunnan yli. Tätä hajontaa ei pidä hämmästellä ilmakuvapuita laputettaessa.



Kuva 2. Kalibrointisuoria I: Viemärikansi – lipputanko 304.2°, Viemäri – tallin räystä 327.6°, Ruokalan seinä 327.5°.



Kuva 3. Kalibrointisuoria II: Kuularinki – lipputanko 276.4°, Kuularinki – rekkitolppa 239.3°.

LiDAR- ja ilmakuva-aineistot

Koalojen ilmakuvapuut on mitattu yhdistäen kesien 2006, 2007, 2008 ja 2010 laserkeilaukset. Puiden pituudet on määritetty 2010 laserilta, joten ne ovat tarkkoja lukuun ottamatta 2010–2011 pituuskasvua. Puiden havaitsemiseen on käytetty 2006, 2008 ja 2010 ilmakuvia, joten mukana saattaa olla puita, jotka eivät enää ole pystyssä 2011 (esim. talvella 2010 tapahtui paljon lumituhoja).

Laserkeilain lähettää lyhytkestoisen laserpulssin (4–10 ns = 1.2–3 m). Vastaanotin havaitsee kohteesta takaisinheijastunutta säteilyä. Metsikkökoalojen mittauksissa käytetyt laserkeilaukset on tehty ns. kaikulaserilla (engl. *discrete return LiDAR*), joka rekisteröi (0-) 1–4 kaikua (engl. *return, echo*) jokaista lähetettyä pulssia kohden. Keilaimet ovat kaikki toimineet $\lambda = 1064$ nm eli lähi-infra-alueella. Vuoden 2010 keilauksessa käytössä oli ns. aaltomuotolaser (engl. *full waveform LiDAR*), joka tallentaa vastaanotetun signaalin aaltomuodon eli signaalin voimakkuuden ajan funktiona. Aaltomuotodataa ei kuitenkaan käytetty koalojen mittaukseen.

Intensiteetikartoilla esitetään laitteiston rekisteröimä paluupulssin amplitudi (intensiteetti) digitaalisena numerona. Latvukseen osuneista kaiuista kerättyjen intensiteettiarvojen jakaumapiirteet selittävät puulajia. Tarkastelkaa intensiteetikarttoja ja tehkää havaintoja puulajeittain ja maanpinnan peitteen suhteen.

2) Muistokuusikko eteläpää

Aiheet: Ilmakuvapuiden identifiointi ja omissiopuiden kartoitus kolmioimalla

Välineet:

- assistentilla numerolaput
- muistokuusikon puukartat
- nastoja
- 1.3-m keppejä
- lomakkeita.

Ilmakuvapuukartan paikka-, pituus-, puulaji- tarkkuudet.

Paikat = latvojen XY-projektio pisteet ilmakuvalla, vinot rungot ongelmallisia, latvan paikka \neq rungon sijainti.

Pituus = korkein laserosuma, 2010 LiDAR, 0.5 m täsmällisyys, ~ 0.5 m harha (aliarvioita).

Puulaji = visuaalinen ilmakuvatulkinta. Tarkkuus 90–95%, ei 100%!

Komissiovirhe eli valepuu.

Ilmakuvalta mitattaessa on tehty selkeä virhe, väitetyn pituista puuta ei ole väitetyssä paikassa. Yleensä syy selviää ylös katsomalla (esim. monilatvaiset koivut, isot oksat). Puu voi olla myös hakattu tai kaatunut, jolloin puuluokka merkitään sen mukaan (hakattu/kaatunut tms.). Huom! Puu ei ole omissiopuu, jos puulaji on väärin tai jos puu on vino, mutta latva on oikeassa paikassa.

Ilmakuvapuiden laputus kolmioimalla

$$1^\circ = 0.0175 \text{ radiaania}$$

- 1° sivuun 10 metrillä = 0.17 m siirtymä.
- 1° sivuun 50 metrillä = 0.85 m "
- 10° sivuun 2 metrillä = 0.35 m

Koska puiden paikannustarkkuus on luokkaa 30 cm, voi numerolappuun merkitty bussolisuunta naapuriin poiketa useita asteita, varsinkin jos puiden välinen etäisyys on lyhyt. Kolmiointi on sitä, että lappu kiinnitetään uuteen puuhun, kun vähintään kaksi suuntaa naapureihin ilmentää oikeaa laputusta (identifiointia).

Omissiopuiden eli kartalta puuttuvien puiden paikantamisen kolmioimalla

- Millaisia ovat hyvät kiintopisteet?
- 4 suuntaa antaa neljä puolisuoraa, joiden PNS-leikkauksessa tuntematon kohde sijaitsee
- Karkeita virheitä: Väärin laputettu / kirjattu kiintopisteen numero tai karkea virhe bussolisunnassa.
- Lomakkeelle kirjataan ja tietokoneelle syötetään aina niitä suuntia, joita saadaan bussolin asteikolta (tasoituskenttäohjelma RESECTION laskee bussolikorjauksen)

Lopuksi suunnitaan pari laputettua puuta ja kirjataan tulokset atk-laskentaja varten (Kohde 5).

3) Muistokuusikko pohjoispää

Aiheet: Puidenluku, koealatyyppit, paikannuksen vaihtoehdot pysyvillä koealoilla

Välineet:

-ryhmäkohtaiset välineet

MARV1-metsikkökoealaharjoituksessa puidenluku aloitetaan, kun kaikki minimiläpimittarajaa suuremmat puut on laputettu (identifioitu) ja paikannettu.

MARV1-metsikkökoeala on pysyvä koeala. Mittauksia voidaan jatkossa kohdentaa samoihin puihin / koealan pinta-alaan. Tilapäisillä koealoilla puita tai koealan sijaintia ei kartoiteta.

Perinteisiä lukupuutunnuksia ovat (arvioitaessa puuston määrää ja arvoa)

- (numero)
- puulaji
- runkolaji
- jakso
- rinnankorkeus- tai kantoläpimitta (pituus)

Kantojen luku tehdään arvioitaessa jälkikäteen hakkuupoistuma. Tällöin tarvitaan kantoläpimittoja myös pystypuista tai rinnankorkeusläpimitat johdetaan runkokäyrillä ja pituudet yleisiltä pituuskäyriltä (jos ollut avohakkuu).

Runkolaji (~puuluokka, ~puun tila) ilmentää rungon käyttöä ja puutavaralajipotentiaalia. Siinä voi olla myös luokkia, joilla ilmenetään rungon vikoja, tai puun poikkeavuutta suhteessa muihin puihin, jolloin näille erikoispuille tulee mitata omat koepuutunnuksset (ja mallit) tilavuuden ja puutavaralajirakenteen johtamiseksi.

Rinnankorkeusläpimitta ($d_{1,3}$) on ensisijainen puun kokoa mittaava lukupuutunnuks, mutta erikoistapauksissa, lähinnä

puunpuustoissa, voi olla tarkoituksenmukaisempaa käyttää pituutta. Puuston määrää ja arvoa arvioitaessa asetetaan yleensä jokin alaraja kokotunnukselle, joka rajaa mielenkiinnon kohteena olevan puujoukon.

Puidenluvun tavoitteena on puulajikohtaisten runkolukusarjojen mittaaminen ('d13-histogrammit'), joille koepuiden mittauksen jälkeen laaditaan mallit (tilavuus-, kasvu-, jne.) ja johdetaan koepuutunnuksset. Puulajin lisäksi (koepuujoukon) ositusperusteena voi olla puujakso, millä yleensä tarkoitetaan selkeästi eri-ikäisiä ositteita (ylempi / alempi jakso).

Koealan koko / muoto / puiden valintaperusteet

Suuri koeala näytteistää metsikön puustoa paremmin – pieni koeala johtaa suureen koealojen väliseen hajontaan.

Ympyrä minimoi rajan pituuden, mutta hankala mitata.

Yhdet rajat ja kaikilla puilla sama todennäköisyys päästä lukupuuksi = kiinteäalainen koeala

Eri puille eri todennäköisyys tulla lukupuuksi = muuttuvaalainen koeala. Puujoukko, jolle koeala on isompi, saa suuremman painon. Yleensä esim. eri läpimittaluokan puille eri koeala, ja tiettyä rajaa pienemmille annetaan nolla-paino (ei koealaa lainkaan). Relaskooppi painottaa todennäköisyyttä tulla lukupuuksi puun pohjapinta-alan suhteen siltä korkeudelta, jolle tähdätään. Relaskooppikerroin määrää absoluuttiset painot.

Vaihtoehtoja kartoittaa puusto koealalla

1. Ruudutus (esim. 10 × 10 m) kulmaprismalla ja mittanauhalla. Paikannus yhden ruudun sisällä napakoordinaatistossa.

- vaatii näkyvyyden ruutujen linjoilla ja tarkan kulmien (90°) sekä vaakaetäisyyden mittauksen, jotta ruudutus onnistuu. Vaatii paljon tarkistus (risti-) mittauksia.
- ei redundanssia, vain yksi etäisyys ja suunta per puu. Ei tietoa tarkkuudesta.
- yksinkertainen, onnistuu työparilta ja pienillä koealoilla lienee ylivoimainen menetelmä. (ei tarvita ilmakuvia tms.)

2. Takymetrikartoitus. Takymetri mittaa vaaka- ja pystykulman (=teodoliitti) sekä vinomatkan laserilla (etäisyysmittari).

- vaatii näkyvyyden raivausta, jotta takymetrillä voidaan ensivaiheessa perustaa tukipisteiden verkko koealan alueelle, jota käytetään takymetriä uudelleen asemointaessa.
- saadaan suoraan 3D koordinaatteja
- kallis laite ja vaihkeahko käyttää (metsässä)
- peitteisyys hidastaa työtä

3. Ultraäänipaikannus. Koelalle asennetaan ultraääni-transpondereita (vrt. Vertex pituusmittalaitteen etäisyysmittaus), joiden tarkat paikat mitataan. Paikannus perustuu ultraäänellä tehtyihin etäisyysmittauksiin ja avaruuskolmionteoriin samaan tapaan kuin satelliittipaikannuksessa.

- 2D tai 3D koordinaatteja ja tarkkuusarvio
- kaupalliset sovellukset sopivat vain pienille koelaloille (lähettämiä vain 3 kpl pienellä kehällä = geometria heikko).
- tarkkuus rajallinen (äänen kulkeutuminen)

Puulaji: Mä, Ku (korostetaan näre-sanana käyttöä, "kuusi-kuusi-kuusikymmentäkuusi", vs. "näre, kutonen, läpimitta kuusikuusi") Koivut (tuntomerkit lehdet, versot, isojen puiden tyvi), Harmaaleppä, Raita, Haapa, Pihlaja.

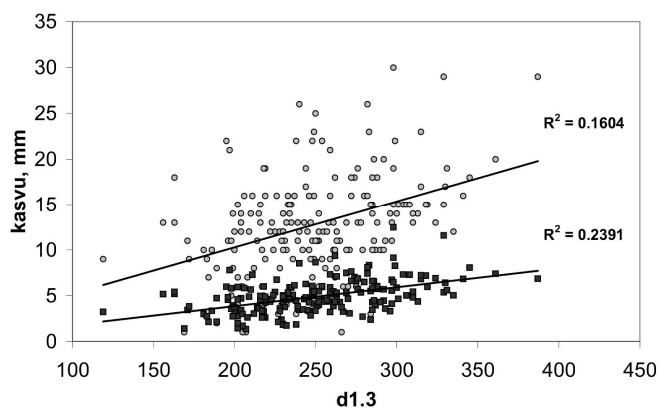
Puidenluvussa ja aina kirjurin kanssa toistot, koska tehdään tarkkaa työtä. Tarkoituksena saada käyttökelpoinen referenssi kaukokartoitustulkinnalle.

Puun tila = latvuksen tila, tällä kertaa, tutkimuksen takia, huomio voisi olla rungossa (tukkirunko, kuitu, jne.) puidenluvun yhteydessä poimitaan erikseen poikkeavat puut (puutavaralajisaanto), jos tavoitteena arvonmääritys (esim. leimikon ennakkomittaus).

Latvuksen tilaa arvioitaessa ajatellaan latvuksen muodon mallittajaa (ilmakuvalta/laserilta), suuret epäsymmetrisyydet tai puun vinoudet kirjataan. Vinous: suunta tyveltä latvan projektiopisteeseen ja etäisyys sinne, kirjataan huomautuksiin, jos rungon vinous on huomattavaa.

Läpimitan mittaus

Harjoituksessa mitataan rinnankorkeusläpimitta yhdestä suunnasta mittasaksilla. Tämä mahdollistaa sädekasvun (i_d) määrittämisen seuraavan mittauskerran yhteydessä erotusmenetelmällä (Kuva 4). Läpimitan mittaussuunta sopimuksen mukaan, mutta tärkeää että tehdään aina samasta suunnasta.



Kuva 4. Lapinkankaan 90-vuotiaan CT-männikön 5-vuoden (2004–2008) kairatut sädekasvut ja peräkkäisistä läpimittamittauksista johdetut id-kasvut (2002–2009).

Mittauskorkeus syntypisteestä, koska nykyiset mallit oletavat tämän origon. Huom! Nyssösen laatimat muotokorkeusmallit (=relaskooppitaulukot) lähtevät vielä juurenniskasta!

Vaihtoehtoisia lpm:n mittaustapoja

Tallmeter vs. Ristiinmittaus.
Elektroniset mittasakset.
Moto-mittauksessa kulma-anturit.

Mikä on Pöckelö?

Kelo?

Yli 1.3-metriset pöckelöt luetaan.

Minimiläpimitta(koko)raja, vaihtelee koelaloittain!

Relaskoopin käyttö: Rajaetäisyyden kaava $(50 \cdot d) / \sqrt{q}$
Rajapuiden tarkastaminen / satunnaistaminen.

4) Pilvilinnan / Tapiolan ympäristö

Aiheet: Koepuuotanta, koepuutietojen yleistäminen runkolukusarjalle puumalleilla, koepuumittaukset, mittaus ja mallivirheet.

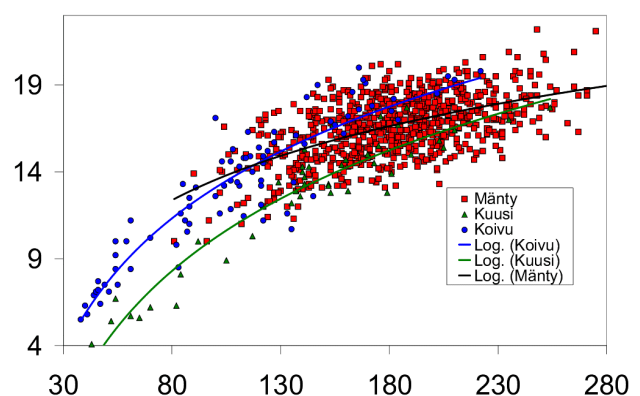
Välineet:

-ryhmäkohtaiset välineet

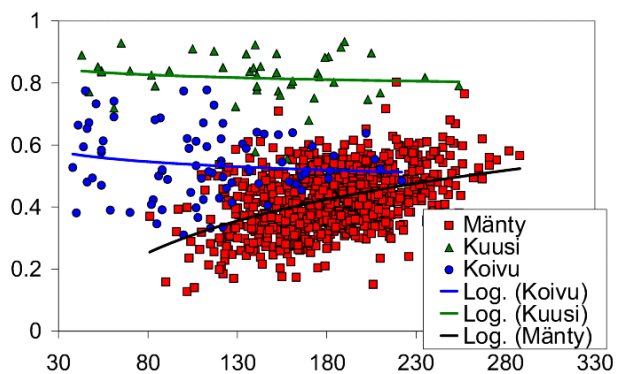
Puutunnusten välillä on riippuvuuksia (esim.)

- $d_{1.3} \times h$, (kuva 5a)
- $d_{1.3} \times d_6$,
- $d_{1.3} \times i_d$ (Kuva 4., kuva 5c)
- $d_{1.3} \times d_{(kanto)}$

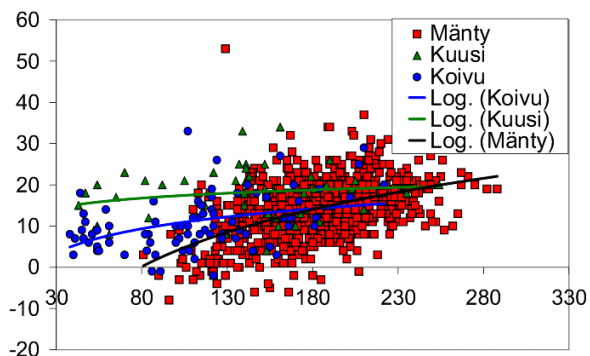
Usein riippuvuudet pätevät puulajeittain ja jaksoittain yhdessä metsikössä (Kuvat 5a-5c).



Kuva 5a. Pituus-läpimitta jakauma puulajeittain 50-vuotiaassa VT-MT -männikössä, jossa on myös kuusta ja koivua sekapuuna.



Kuva 5b. latvussuhde-läpimita jakauma puulajeittain 50-vuotiaassa VT-MT -männikössä.



Kuva 5c. Läpimitan kasvu 2002–2009 (mm) erotusmenetelmällä samaisessa männikössä. (Kairaus on tarkempi!)

Koepuut = otos näistä yhteisjakaumista, joilla jakauman muoto arvioidaan ja yleistetään muille puille. Tapa tehostaa mittauksia.

Koepuuotos = tapa valita tietty määrä puita koepuiksi, joihin kohditaan koepuumittaukset. Voidaan painottaa jotakin puiden osajoukkoa ja vaikuttaa tulosten tarkkuuteen otoskoon avulla. Kun tavoitteena on arvonmääritys, annetaan isoille puille suurempi paino. Edustavuus myös merkityksellinen (malleilla ekstrapolointi vs. interpolointi). Koepuuotanta vaikuttaa tuloksiin.

Lisäksi voidaan hyödyntää aiempia muualla tehtyjä koepuumittauksia, joista on johdettu yleisiä puumalleja kuten esim. runkokäyrät tai kasvusadannesyhtälöt. Nämä koepuut ja riippuvuudet on mitattu vuosikymmeniäkin aiemmin. Näiden vanhojen mallien edustavuus ja luotettavuus on hyvä tarvittaessa tarkastaa (Puuanalyysiharjoitus).

- Oksabiomassa = $f(pl, d1.3, h)$
- $v/runkomuoto = f(pl, d1.3, d6, h)$
- $V_{puutavaralaji} = f(pl, d1.3, d6, h) + säännöt$
- $P_{th} = f(selittäjät)$

Mallivirheet

Jos mitataan $(pl, d1.3, d6, h) \Rightarrow$ saadaan tilavuus 6% tarkkuudella, jos mittaukset täysin oikeita ja puut keski-

määräisiä, Laasasenahon (1983) käyttämien puiden suhteen.

Yleensä (runkomuoto, -tilavuus) malliestimaateissa on metsiköiden välisiä eroja ja harhaa, johtuen metsikön käsittelyhistoriasta, siksi metsikön puuston kokonaistilavuudessa on vaikeaa päästä alle 4% kokonaistarkkuuteen, vaikka mittaisi kaikki puut. koska systemaattiset mallivirheet voivat olla tätä luokkaa. (Motomittauksessa mitataan paljon läpimittoja ja interpoloidaan rungon muoto, jolloin alle 4% tarkkuus on mahdollinen).

Mittausvirheet

d6 mittausvirhe "vipuaa" runkokäyrää (herkkä), mittaus on tehtävä huolellisesti tai se on hyödytön (haitallinen) kuvamassa puiden (keskimääräistä) runkomuotoa.

h-mittausvirheellä on samanlainen vaikutus, mutta ei yhtä herkkä.

Käytännön vinkkejä:

Kuinka valitaan suunta johon lähdetään (aurinko, latvusaukot) h:ta mittaamaan

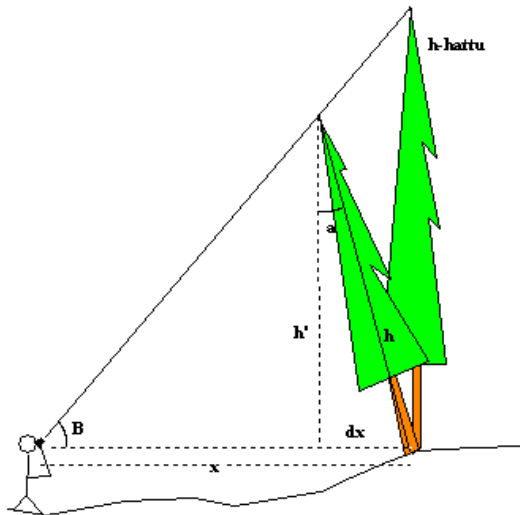
h:n mittaus kun käytetään mittanauhaa:

Mittaus perustuu vaakaetäisyyteen, jota ei saa mitata vinoon edes lattaa käytettäessä (silmän korkeus)

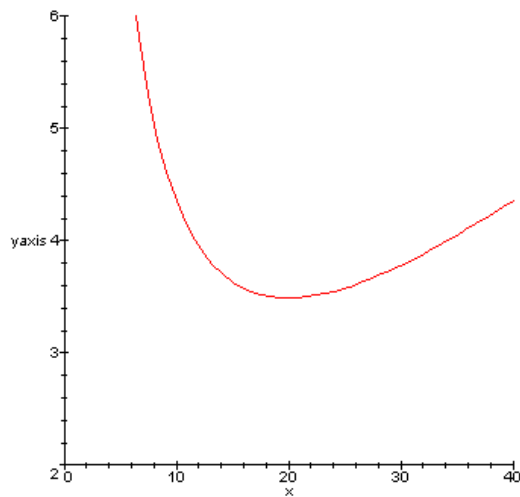
Oletetaan puun olevan pystyssä (kts. kuva)

Mittausetäisyyttä voi vaihtaa, latvan mitata kauempaa kuin latvuksen alarajan (muista kahden elävän oksan sääntö). Tällöin esim. 10 m päästä mitatessa 20 m asteikolta saatu tulos puolitetaan, 7.5 m päästä 15 m asteikolta samoin, 30 m päästä 15 m asteikolta saatu tulos, kerrotaan kahdella, jne. (vrt. 40-45 asteen sääntö)

Alatähtäys aina numerolappuun, joka on 1.3 m korkeudella, koska se näkyy paremmin kuin syntypiste!



Kuva 5. Vino puu aihe. virhettä.



Kuva 6. Pituusmittauksen virhe (hypso vapisee) minimoituu, kun latvaa katsellaan noin 40 asteen kulmassa ja tyvi on hieman silmän alapuolella. Y-akselilla virheen itseisarvo ja X-akselilla etäisyys 20 m pitkään puuhun välillä 0-40 m.

d6: pysyvillä tuotoskoelaoilla kiivetään ja mitataan mittasaksilla.

i_n: On vaikea mitata hypsolla. Kiikarit. Lehtipuilla vain erotusmenetelmä (kaksi ajankohtaa).

id ja ikä: kaira, kuinka käytetään ja tyhjennetään (kuivaa oksaa vasten, ei ikinä kieltä käyttäen)!

Ikälisäykset: puulaji / kasvupaikka. Biologinen ikä, Talousikä ja rinnankorkeusikä (malleihin liittyviä käsitteitä). Haavan ikä? (juuri- tai kantovesa)

Lehtipuiden kairaus, ei tehdä. VMI:ssä käytetään kemikaaleja, joilla lustot näkyvöitetään.

5) ATK-luokka

Aiheet: Havaintotiedoston syöttäminen RESECTION (trilaterointi/kolmiointi tasoituslaskenta) ohjelmalle ja ohjelman käyttö sekä tulostukseen tutustuminen.

Laskennat sisällä, syötetään havainnot kohteelta n:o 2 (=koeala 8) ASCII-tiedostoon. Ohje hikihelmen sivulla 20 ja netissä:

http://www.helsinki.fi/~korpela/MARV1_2011/Resection_ohjeita_2011.pdf

1. zip-tiedosto:

http://www.helsinki.fi/~korpela/MARV1_2011/Resection/Resection_purku_HY-temp.zip

→ puretaan c:\HY-temp\ -hakemistoon.

2. Luodaan oma havaintotiedosto ja tehdään resection.exe -ohjelmalla laskennat.

Vertaa kohteelle saamaasi XY sijaintia, koealan 8 ilmakuvamittaukseen, tiedostossa c:\HY-temp\marv1_2011_trees.txt

Kokeile miten karkeat virheet muuttavat ratkaisua ja tarkkuusestimaattoreita.