

Raportti tutkimuksesta

Mustasupanharjun kesätuuletuksen mittaus

<http://www.mv.helsinki.fi/home/skasi/Mustasuppa-04.pdf>



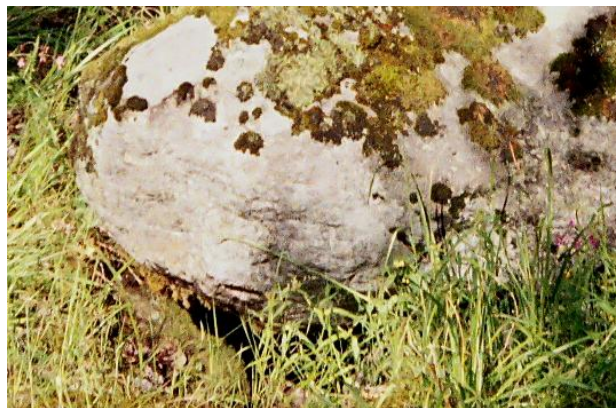
Mustasupan pohja

rinne

Leiriharjun kivi

1:10 000

©Lammin Säkiä ry



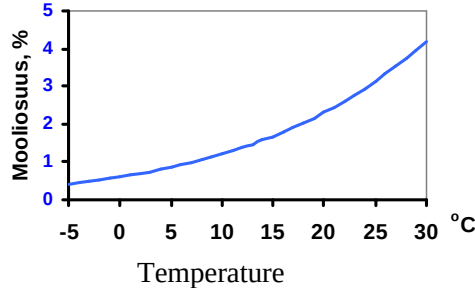
ONKO ILMA VAJOVEDEN TIELLÄ?

Servo KASI

1. Johdanto

Maahan imeytynyt vesi painovoiman vaikutuksesta pyrkii suotautumaan kohti pohjavettä. Kasvisto käyttää sitä ravinnokseen. Osa vedestä sitoutuu maahan, mutta kun maan kenttäkapasiteetti ylittyy, veden suotovirta kasvaa pelkästään painovoiman vaikutuksen alaiseksi vajovedeksi. Pohjaveden yläpuolella huokostiloissa on suotautuvan veden lisäksi kaasuaainesta, ilmaa. Ilmassa on varsin runsaasti vesihöyryä. Maanilma on yleensä vesihöyryn kyllästämä (kuva 1). Maanilma noudattaa varsin hyvin yksinkertaista ideaalikaasun tilanyhtälöä. Sitä voidaan käyttää myös vesihöyryn osalta, tosin heikommin kuin typen, hapen ja argonin osalta.

Water vapor in soil air, mole %
Vesihöyryä maan ilmassa



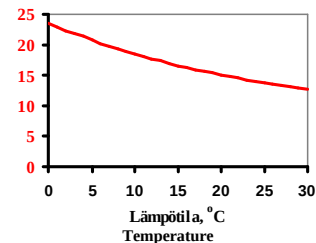
Kuva 1

Kevätsulannassa ja vahvan sadannan jälkeen maassa suotautuu huokosten täydeltä paksu vesikerros. Sillä ja sen ja pohjaveden välisellä ilmalla on varmasti vuoro-vaikutusta. Vesikerros nostaa alla olevan ilman painetta. Vesi myös liuottaa hieman ilman molekyylejä (kuva 2). Tämä liukeneminen on suoraan verrannollinen ilmanpaineeseen (Henryn laki). Liukeneminen on kuitenkin varsin hidas prosessi. Kun lämpötila 12 cm paksussa maavesikerroksessa tasoittuu vuorokaudessa, ilman liukenemiseen kuluu kuukausi (Kasi 2002).

Olin tutustunut Mustasupan alueeseen talvella ja siellä supan sisältävällä Leiriharjulla lähes harjun laella todennut lunta sulattavan lämpimän virtauksen ylös maasta tapahtuvan ison kiven alla (kuva 3) olevasta aukosta (Kasi 2003). Samassa ja vastaavan kaltaisissa muissa paikoissa oli Okko (1957) todennut kesällä tapahtuvan ilman virtaamista sisään maahan. Kesän ilmiöistä olin aikaisemmin todennut Lammilla Untulan harjun juuressa vesitornin pohjoispuolella kivikon aukoista kylmän ilman purkautumista kesällä (Kasi 2002).

Leiriharjun Mustasupan rinteen hydrologista regimiä muistuttavien regimien tutkimuksista Japanissa ja Etelä-Koreassa Takana, et al. (2000) ovat kehittäneet parametrisoituja matemaattisia malleja, jotka vaikuttavat toimivan aika hyvin. Ilman keskimääräinen viipymäaika on todettu olevan 2 d. Sadannan vaikutusta heidän mallissaan ei ole.

Air gas in water
Ilmaa vedessä, ppm X



when pressure $p = 1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$

Henry's law: $p = K \times$

Kuva 2



Kuva 3. Leiriharjun kivellä 5.8.2004

2. Alustavat havainnot

Vuonna 2004 kesäkuussa en saanut lainattua mittaria maan ilmapvirtausten nopeuden mittaamiseen. Siitä huolimatta kävin juhannuksen jälkeisellä viikolla Lammilla toteamassa ilmiöt ja mittaamassa ilmapvirtausten lämpötiloja ja suhteellisia kosteuksia, liite A.

Leiriharju on lähellä II Salpausselkää oleva pitkittäisharju, myös Pyynikin ja Kangasalan harjut synnyttäneen glasiaalisien jäätikköjoen kerrostumia. Leiriharjun kiveltä kymmenisen metriä pohjoiseen alkaa jyrkähkö Mustasupan rinne. Supan syvin kohta on 47 m alempana 125 metrin päässä. Rinteen jyrkkyys vaihtelee. Rinteen alaosa on isokivinen, paljon lohkareita. Osin kivet tukevat heikosti toisiinsa. Muusta maasta havaitsee kiviä peittävän sammalen, mustikkavarvut ja harvan puuston. Varvikko puuttuu syvimmältä kohdalta. Mustasuppa on ilmeisesti muodostunut siinä kuolleesta jäätä, ja kulmikkaat lohkareet ovat olleet mannerjään harjuun jääneen supankokoisen jääkappaleen pinnalla. Toisaalta ei ole vielä varmuutta, kuinka pitkälti Leiriharjun ydinpohja on isokivinen vettäjohtava.

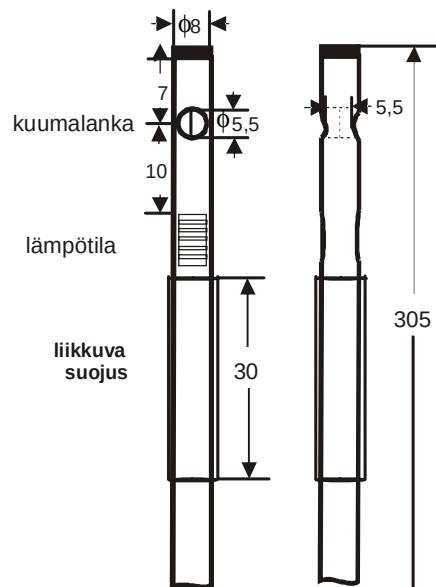
Leiriharjun ulkoilman lämpötila oli 18 °C 28.6., ja ilma oli kuivahko. Mustasupan syvimässä kohdassa kivien välissä oli vielä jäätä. Siellä maasta virtasi ulos ilmaa lämpötilanaan 3,0 °C ja seuraavana päivänä 3,2 °C.

Paitsi Leiriharjulla ja Mustasupalla kävin Untulanharjulla vesitornin lounaispuolella olevan Mustasupan kaltaisen supan pohjalla. Totesin siellä samaan tapaan kuin vesitornin harjanteen pohjoispuolisella kivikolla harjusta virtaavan ulos kylmää ilmaa. Myös Untulanharjun supan pohja on isolohkareinen ja muuten lähes ainoastaan sammaleinen.



Kuva 4 Mustasupan syvin kohta.

3. Ilmapvirtauksen nopeuden mittausta



Kuva 5 Mittari

Ilmanopeuden mittausta varten oli heinäkuussa ostettava mittari. Tässä vaiheessa kuumalankamittari oli riittävän tarkka. Kuvan 5 mittarissa on hyvin ohut lanka (yleensä halkaisija n. 1 µm), jota lämmitetään sähkövirralla. Lanka on negatiivisen lämpötilakertoimen termistori. Ilmapirta aiheuttaa langan lämpötilan laskun. Ilmapirran nopeuden kasvaessa langan jäähtymä kasvaa.

Kuumalanka-anturi asetetaan virtaukseen niin, että virtaus on anturin pyöreän aukon suuntainen. Aukon keskellä lankaan osuva ja sen kiertävä osa virtausta ei paljon deformoidu. Anturitangosta aukon ulkopuolelle jäävä metalliosa hieman tihentää tankoa sivuavaa virtausta. Aukon sylinterimäisen pinnan mahdollisesti merkittävä ja langan jarrutus tulee otetuksi kalibroinnissa huomioon.

Kun pyrkimyksenä on määrittää vertikaalisuuntaista alas maahan tai ylös maasta tapahtuvaa virtausta, niin maanpinnan suuntainen tuuli saattaa paljon häiritä mittausta. Anemometrini metallilangan aukon seinämän pituus on 5,5...8 mm. Kun mittarin aukko asetetaan pystysuoraan, aukon seinämät ovat tuulen suuntaa vastaa, ja ilmapirran nopeuden pystysuora komponentti saadaan mitattua. Kohti-suora vaakasuuntainen tuuli saattaa kuitenkin aiheuttaa

merkittävää pyörrettä mittarin aukkoon.

Kuvan 5 anemometrin lämpötilan anturi on platinalanka. Sen vastus riippuu lämpötilasta. Mittapään suuri lämpökapasiteetti aiheuttaa, että lämpötila-osoitus vakioituu kovin hitaasti.

Ilmavirtausnopeus-vektorin kolme komponenttia on määritettävissä ultraäänimittarilla (UV-anemometri). Mittarissa on yleisesti kolme lähetin/vastaanotin-kärkeä, ja signaalit kulkevat kärkien välisen ilman poikki. Ilmannopeus saadaan viipymäajoista dopplerinilmiön perusteella. Mittaus ei häiritse kohdealuettaan kärkien välissä, mutta kylläkin ilmatilaa kärkien ja niiden varsien kohdalla. Kärkien välit useimmissa mittareissa ovat yli 10 cm. UV-laite on noin 10 kertaa tavallista kuumalanka-mittaria kalliimpi. Tuulella pienen vertikaalikomponentin määrittelyyn saattaa tulla iso systemaattinen virhe.

4. Mitattu ilmavirta

Liitteen A mukaan Leiriharjun kiven aukkoon virrannut ilmamäärä mitattiin kuumalankamittarilla 30.7., 5.8., 24. ja 25.8.

Mielestäni mittaustuloksissa näkyy heinäkuun lopun sadantapiikin (n. 180 mm) vaikutus. Sade alkoi 27.7. ja 30.-31.7. oli selvästi heikompä kuin edeltävänä päivänä. 30.7. ainoaan lämpimän ilmavirran aukkoon kiven juuresta meni ilmavirta $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$. Seuraavalla viikolla 5.8. se oli kasvanut voimakkuuteen $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$. Keskipäivällä virtauksen maahan pitääkin olla suurimmillaan, mutta nyt se kasvoi muutamassa päivässä nopeasti ja kesä oli syyspuolella. 24.8. ja 25.8. ilmavirran lukemat olivat arvoissa $0,040$, $0,031$ ja taas keskipäivällä päivää $0,044 \text{ m}^3/\text{s}$. Mustasupan pohjalla ulos harjusta virtasi 30.7. kylmää ilmaa vain yhdestä kohdasta. 5.8. ulosvirtaus tapahtui useasta aukosta. Ylempänä rinteessä olevissa aukoissa ulosvirtaus oli lämpimämpää kuin supan pohjalla. Vielä 24.-25.8. ulosvirtaus oli suurempi kuin 30.7. Kokonaisarviota ilmavirralla ulos harjusta en uskalla tehdä, sillä virtausaukkoja lienee ollut enemmän kuin havaitsin. Muualta mitattavaa ulosvirtausta ei löytynyt kuin Mustasupalta.

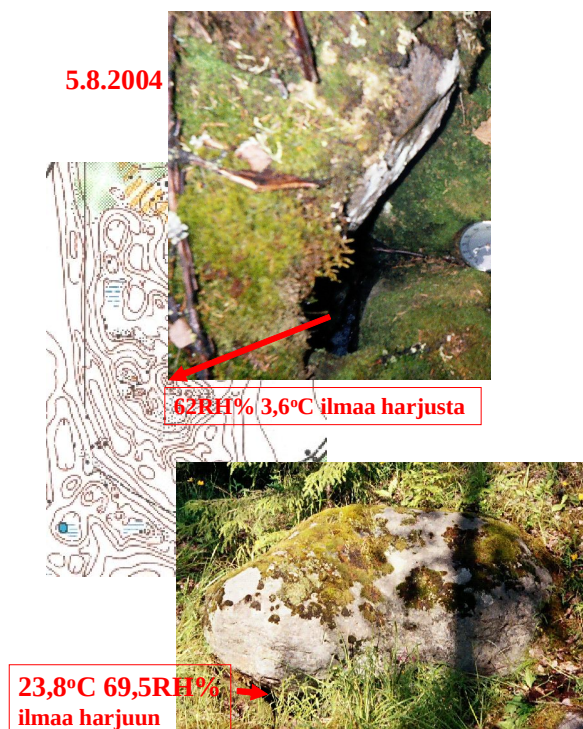
$0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ sisäänvirtaus kesti siis kuukauden. Eli sinä aikana harjuun virtasi ilmaa $130\,000 \text{ m}^3$. Jos huokoisuudeksi voidaan olettaa $0,2$, kyseinen ilma tarvitsee tilaa $650\,000 \text{ m}^3$.

Harjun kyllästymättömän osan korkeus ei ole yli 50 m, joten ilmamäärä maassa ollakseen tarvitsee pinta-alan vähintään $13\,000 \text{ m}^2$, 260 m pitkä ja 50 m leveä.

Kun oletamme huokoisuudeksi 20% , niin maahan imeytyvä 180 mm sadanta muodostaa 90 cm paksun suotautuvan veden kerroksen. Kerroksen pohjalla ja alla olevassa ilmassa on ylipainetta 9% . Isojen huokosten harjusta tämä ylipaine pääsee helposti pois vaakasuunnassa.

Tanaka'n et al. (2000) perustelevat $0,2$ -huokoisen isokivisen rinnemuodostuman ilmankierron muodostumassa olevien eri lämpöisten ilmamassojen aiheuttamalla vaakasuuntaisella painegradientilla.

Tanaka'n et al. (2000) tutkimien rinteiden ilmiö poikkesi sikäli Mustasupan rinteestä, että Japanissa ja Etelä-Koreassa lohkarerinteet ovat korkeampia ja niillä juuresta keskikiesän helteellä kehittyä jäätä.



Kuva 6

Mustasupan pohjan kivien välissä 28.6. havaitsemani jää on jäätynyt lumesta ja kivien välistä purkautuu maasta 3,0 °C ilmaa.

Suotautuvan veden tilalle tulee ulkoilmasta uutta ilmaa. Koska tämä ilma on lämmintä, kesällä olkoon 290 K, ja se jäähtyy maassa vähitellen jopa lämpötilaan 275 K, niin ilman tihenemisen vuoksi tämän ilman määrä kasvaa jopa 5 %:lla. Lisäksi vaikuttaa ilman liukeneminen jäähtyvään suotoveteen. Toisin kuin Kasi (2003a) on laskenut sadepisarat ovat maahan ehtiessään ennättäneet kyllästyä ilmasta (Pruppacher and Klett, 1997) pisarassa tapahtuvan konvektion ansiosta. Kun vesi jäähtyy se alkaa liuottaa lisää ilmaa, vrt. Kuva 2. Tämä on hidas prosessi ja ylläpitää jatkuvasti pientä alipainetta.

Vajovesikerroksen pohjalla on ylipaine. Alapuolelta veteen liukenee ilmaa myös Henry'n lain perusteella (kuva 2) elokuussa 9 % enemmän kuin normaalipaineessa. Tästä ilmanpaine ei ennäätä laskea, vaan ylipaine purkautuu siviulle, jos vain on mahdollista. Mielenkiintoinen on myös Ronen et al. (1989) havainto, että aina 1 m syvyydessä pohjaveden pinnasta on ilmakuplia.

5. Vastaus

Kyllä ihan selvästi vajovesi nostaa sen ja pohjaveden välissä olevan ilman painetta ja työntää sitä pois tieltään. Vajoveden ylipainesignaali siirtyy alempana oleviin vesikerroksiin ja myös pohjaveden päällä olevaan kapillaariveteen lähes välittömästi, vaikka veden vajoaminen kestää kuukausia (Grip ja Rodhe, 1988). Ilmiö vertikaalisuuntaisena on myös mallinnettu (Morel-Seytoux, 1973).

Harjuissa ulosvirtaava ilma on selvästi havaittavissa. Tämä ilma saattaa myös olla hyvin kylmää, aivan lähellä veden jäätymislämpötilaa 0 °C. Kun ulos virtaa ilmaa lämpötilassa 3 °C, jäänmuodostus harjun sisällä vaikuttaa mahdolliselta. Ulosvirtaavan ilman suhteellinen kosteus oli aina selvästi alle 100 %, jopa RH% alle 50 mittasin kylmimmistä ilmasta. Kuiva ilma maassa ottaa maan vedestä vesihöyryä, ehkä pohjavedestä. Isojen esiintymien lämpötila varmaan harvoin laskee alle 4 °C, mutta kun se pääsee tapahtumaan, alkaa veden kierto, jossa pinta voi jäähtyä jäätymispisteeseen. Kierron nopeus riippuu maan vedenjohtavuudesta. Erityisen nopeasti jäätyminen voi alkaa orsivesissä. Vesigramman haihduttamisen lämpöenergia aiheuttaa 7 vesigramman jäätymisen. Syynä Japanin ja Etelä-Korean kivirinteiden juuriosissa havaittuihin (Tanaka et al., 2000) kesäjäihin voi olla orsivesimäisyys.

Jos ulkoilma ei ole niin lähellä kuin mäkisessä ja harjuisessa maastossa useinkin, ylipaineisen ilman on vaikeampi päästä ulos, ja vajovettä jarruttava vaikutus on sen vuoksi suurempi. Vajoveden dispersio maaperässä vähitellen suo ylipaineelle mahdollisuuden löytää ilmatien vaakasuunnan lisäksi myös ylös vajoveden läpi. Maaperän hydraulinen johtavuus useinkin on hyvin pieni ja siksi vajoprosessi on hidas. Perkolaatio pohjaveteen kestää hienojen maalajien (myös hienoja maalajeja sisältävien moreenien) läpi vuosia (Grip ja Rodhe, 1988). Harjuissakin voi olla hienoja lajittuneita kerroksia, jotka voivat pidättää vajovettä orsivesiksi. Leiriharju Mustasupan eteläpuolella on karkeata moreenia, jonka lohkarivyöhykkeet ja -kerrokset saattavat olla Suomessa muuallakin yleisiä.

Kirjallisuutta

- Grip, H. ja Rodhe, A. (1988) Vattnets väg från regn till bäck. Hallgren & Fallgren Studieförlag AB, Uppsala
- Kasi, S. S. H. (2002) Air movements in soil hydrology; effect of air solubility in water. Proceedings of the XXXVI Annual Conference of the Finnish Physical Society, University of Joensuu, Department of Physics, Selected papers 7, p. 276
- Kasi, S. (2003a) Air-solubility and thermal time constants in water precipitation. Proceedings of the XXXVII Annual Conference of the Finnish Physical Society, University of Helsinki, Report series in physics HU-P-265, s. 398
- Kasi, S. S. H. (2003) Maan ilma ja vajovesi. XXI Geofysiikan Päivät, Oulu, p. 53-55.
- Morel-Seytoux, H. J. (1973) Two-phase flow s in porous media. Advances in hydroscience **9**, 119-202
- Okko, V. (1957) On the thermal behaviour of some Finnish eskers. Fennia **81**(5) 1-38.
- Pruppacher, H. R., ja Klett, J. D. (1997) Microphysics of clouds and precipitation. Dordrecht : Kluwer Academic Publ.

Ronen, D., Berkowitz, B., ja Magaritz, M. (1989) The development and influence of gas bubbles in phreatic aquifers under natural flow conditions. *Transport in Porous Media* **4**, 295-306.

Tanaka, H. L., Nohara, D., ja Yokoi, M. (2000) Numerical simulation of wind hole circulation and summertime ice formation at ice valley in Korea and Nakayama in Fukushima, Japan. *J. of the Meteorological Society of Japan* **78**, 611-630.

Abstrakti

Above groundwater there are infiltrated water and soil air influencing each others. Water layer increases air pressure below. Circumstances for dissolving air in water change. Water vapor saturation in air is important.

After the big rain event in the last july days the air movements have been examined in southern Finland. In the top of a Lammi esker Leiriharju to the south from the big Mustasuppa glasifluvial pit there is a very clear place for the warm air outflow in winter and the air inflow in summer. For this inflow in the summer 2004 it was measured 30.7. the value $0.07 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. In 5.8. the inflow was increased to the value $0.10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, but later the inflow decreased so that in 24.-25.8. it was $0.04 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Also there was measured the outflow of cold air ($3 - 9 ^\circ\text{C}$) at the lowest points nearby at the bottom of Mustasuppa (natural pit).

Liite A

Maan ilmvirtausten mittauksia Lammin Leiriharjun Mustasupan etelärinteellä ja Untulanharjulla vuoden 2004 kesällä

Leiriharju

1:20 000

Untulanharju

Lammi

©mml

Mittaukset Lammilla kesällä 2004

Ma 28.6.2004 Leiriharjun kivi

klo 16.50 ilman lämpötila 17,0 °C sisälle maahan kiven alle painuvassa ilmassa ja varjossa.



klo 17.00 Kuva kivistä ja kartasta.
Kartan alla suht. kosteus 98 %.



klo 17.45 Mustasupan pohjalla kivien välistä nousee maasta kylmä ilmavirta. Kivien välissä äätä.

klo 18.10 Leiriharjulla ilma 18,0 °C ja suht. kosteus 73.5 %.

klo 18.40 supan pohjalla ulos tuleva ilma 3,0 °C, vaihteleva kosteus, esim. 80 % (kuva). 2 m supan pohjasta ilman lämpötila 11 °C.

Ti 29.6. Mustasupan pohja

klo 13.30 maasta virtaa ulos ilmaa 3,2 °C.

klo 14.40 Untulan harjulla vesitornin juurella oleva suppa kuin Mustasuppa. Sielläkin kivien välistä tulee ulos maasta kylmää ilmaa.

To 29.7. Matka Lammille pyöräillen.

Mukana oli ilmavirtauksen nopeuden mittaukseen **kuumalanka-anemometri**. Siinä ohueen metallilankaan, jonka vastus riippuu lämpötilasta, syötetään sähkövirta, joka mitataan. Ilmavirran nopeus suurentaa mittarin langan jäähtymää. Lämpötilan mittaukseen käytin pääasiassa tässä anturissa erikseen olevaa lämpötilamittausta. Tässä lämpömittarissa oli valitettavasti ajoittain pitkän aikavakion asteen kymmenyksien hidasta ryömimistä.

Pe 30.7.2004

Lammilla yöllä sadekuuroja.

9.00-9.40 Untulan harjun kivikolla vesitornin alla koillisrinteessä. Ison kiven alla olevasta aukosta purkautuu 5,5 °C

ilmaa nopeudella 0,28,

0,49 ja jopa 1,00 m/s,

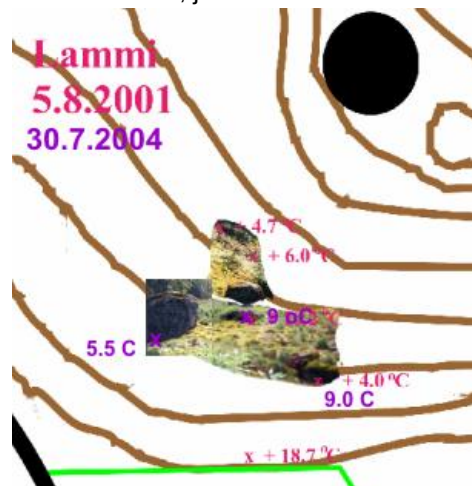
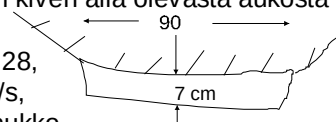
Lämpötilan 9,0 °C aukko

on 30 cm tasasivuinen kolmio ja siitä tuli

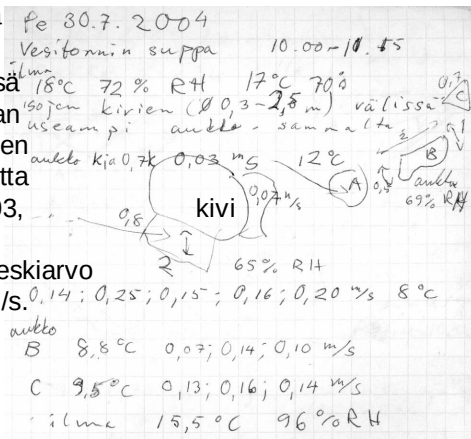
64 %RH ilmaa nopeuksin 23, 20, 16, 18 cm/s.

Ylempänä 9 °C ilmaa purkavan aukon ilmavirran nopeus oli n. 18 cm/s.

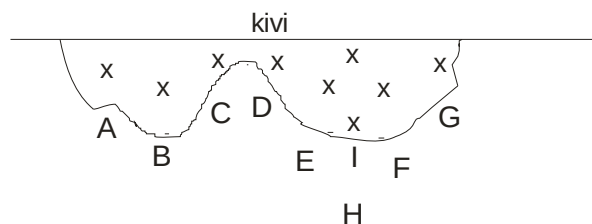
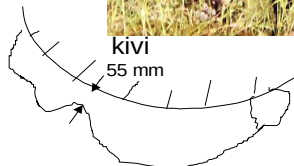
Lähtien alhaalta mitaten ulkoilman suhteellista kosteutta sain arvot 86, 75, 92 ja 94 %.



Klo 10.00 – 10.15 Vesitornin lounaispuolella oleva syvä suppa. Ilman (2 m) lämpötila 17-18 °C ja RH 70-72 % (auringonpaisteessa). Isojen kivien (Ø 0,3-2,5 m) välissä useampia aukkoja, kivillä sammalta. Ulosvirtaavan ilman nopeus mitattiin useammasta aukosta, joiden keskinäinen sijainti selviää oikealta muistiinpanolehtiön kopiosta. Mitta k oli 30 cm. Aukkojen koot: (I) $0,6 \times 0,24 = 0,144$, (A) 0,03, (B) 0,0011 ja (tasasivuinen kolmio C) $0,019 \text{ m}^2$. Ilman ulosvirtaustennopeuksista ensimmäisen (8 °C) sarjan keskiarvo on 0,18, toisen (B, 8,8 °C) 0,1, sarjan C (9,5 °C) 0,14 m/s. Sitten mittasin ilman (n. 2m) lämpötilan 15,5 °C ja suhteellisen kosteuden 78 % ja ja totesin virtausten (6,2 °C ja 78 %RH) aukosta I vaihtelevan paljon ja keskiarvon olevan 0,17m/s.



30.7.2004 Leiriharjun kivi



Yllä aukko (0,10...0,11 m²) kiven alla ja ilmapirtauksen mittausten kohdat A...I.

klo 13,30 varjossa ja sisäänvirtauksessa ilman lämpötila 18,2 °C.

Aukon eri kohdissa (A,...,G, kuvat) lukemia: 0,65 m/s; 0,75 m/s; 0,50 m/s; 0,37 m/s; 0,60 m/s; 0,70 m/s; 0,80 m/s.

Kiven alla oleva aukon poikkipinta $0,102 \text{ m}^2$.

Sadekuuroja.

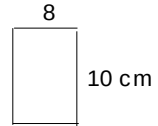
Sisäänvirtauksen keskiarvo mitattiin asettamalla mittari aukon eri kohtiin. Koko aukon tasaisesti kattavassa mittauksessa keskiarvonäyttö oli 0,70 m/s. Sisäänvirtaus aukosta siis oli **0,0714 m³/s**. Tuulensuoja ei ollut riittävä, mutta selvää haittaa tuulesta ei huomannut. Muualla kuin aukossa sisäänvirtaukset pieniä. Sisäänvirtausten lukemat paljon vakaammat kuin ulosvirtausten.

Mustasupan pohja

Tämä on suunnistuskartan mukaan 47 m alempana ja vaakasuoraan 125 m Leiriharjun kivistä.

Kivien välisistä aukoista vain yhdestä (aukko A) löytyi selvä ulosvirtaus. Sen lämpötila oli $4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja nopeus $0,15\text{ m/s}$ ja suht. kosteus 62 %. Koska aukko oli 100 cm^2 , ilmavirtaus oli vain $0,0015\text{ m}^3/\text{s}$.

Aukko A



Harjun muissa supikoissa ja reunarinteiden kivikoissa on muita mahdollisia ilman ulosvirtauskohtia.

Palasin seuraavaksi yöksi Lammin biologiselle asemalle.

To 5.8.2004 Leiriharjun kivi

klo 10.00

Ilma $23,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $71,5\text{ \%RH}$, tuuli (2 m) $0,2\ldots 0,4\text{ m/s}$.

Sisäänvirtauksen kiven aukkoon nopeus kohdissa A,...I (kuva edellisellä sivulla): $1,07; 0,87; 0,85; 0,70; 0,80; 0,78; 1,00; 0,58; 0,85\text{ m/s}$. Ilman suht. kosteus 69 %.

Mittauksen toisto kohdassa A: $1,30\text{ m/s}$.

Laskin nopeuksien suhteet 30.7.-arvoihin ja sain keskinopeuden kasvuksi $1,47 \pm 0,33$, joten keskinopeudeksi tulee $1,03\text{ m/s}$ ja virtaukseksi sisään harjuun $0,1\text{ m}^3/\text{s}$.

Mustasupan pohja

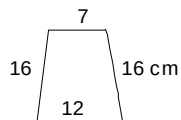
Sama aukko (aukko A) kuin 30.7. Ulos tulevan virtauksen ($3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ RH 61-62 %) lukema vaihteli $0,07\ldots 0,22\text{ m/s}$ ka $0,15\text{ m/s}$.

Aukko A on $10 \times 8\text{ cm}^2$. →

Aukko B on $0,5\text{ m}$ ylempänä siinä virtaus vaihteli $0\ldots 0,3\text{ m/s}$, RH 79 %

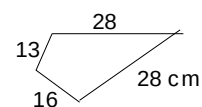
Aukko B

ja sen viereisestä aukosta jopa $0,35\ldots 0,45\text{ m/s}$ arvoissa. Myös useita muita aukkoja, joista ulosvirtausta.



Kymmeniä metrejä kivelle päin mentäessä ja ylempänä aukosta C virtaus ($8,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ RH 89%) vaihteli $0,10\ldots 0,55\text{ m/s}$.

Yhtä voimakkaan virtauksen aukkoja myös ympäristössä.



Leiriharjun kivi

klo 11.50 Virtauksen ($23,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ RH 69,5%) lukemat kohdissa A..I: $1,12; 0,80; 0,80; 0,58; 0,82; 1,00; 1,35; 0,83; 0,92\text{ m/s}$. Näistä nopeuksien suhteet 30.7.-arvoihin antavat keskinopeuden kasvavan $1,49 \pm 0,23$ kertaiseksi, joten keskinopeudeksi tulee $1,05\text{ m/s}$ ja virtaus harjuun (kiven alta) $0,1\ldots 0,11\text{ m}^3/\text{s}$.

Yksittäisen mittauksen nopeita isohkoja ajallisia vaihteluja ja virhettä tuli myös siitä, että mittausanturi ei uusittaessa mittausta ollut täsmälleen samassa paikassa.

24-25.8.2004 Leiriharjun kivi

klo 12.40 Vaihtelevaa suht. voimakasta etelänpuoleista tuulta. Virtausnopeudet kohdissa A..I

0,40; 0,33; 0,28; 0,23; 0,30; 0,15; 0,00; 0,30 m/s.
Tuuli painoi virtausta aukon pohjoisreunaan.

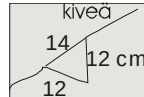
Mustasupan pohja

klo 13.35

aukko A 0,20 m/s 3,9 °C RH 48%

aukko B 0,30..0,15 m/s ja samoin viereisestä aukosta.

Etelämpänä ison kiven alta kolmio-



aukosta virtaus 0,20 m/s (5,3 °C).

Leiriharjun kivi

klo 14.20 kohdassa A 0,2..1,1 m/s jopa 0,0 m/s. Tuulta.

klo 16.00 - " - 0,8 m/s ?

16.50 - " - 15,6 °C

18.30 - " - 12,5 °C RH 62%

klo 19.00 - " - 0,45 m/s 12,5 °C RH 62%

Kohdat A...G: 0,50; 0,30; 0,64; 0,10; 0,38; 0,35; 0,30 m/s. Virtaus oli **0,04±0,02 m³/s**.

klo 19.40 kohdassa D 0,30 m/s. Vaihtelut isoja.

Anturi tuettiin mittaukseen kohtien A ja B väliin. Mittauksessa 1 minuutin keskiarvo ja mittausarvojen vaihtelualue suluissa.

klo	m/s	°C	RH%
19.47	0,49 (0,4 ..0,6)	11,7	66
20.25-.26	0,35 (0,31-0,39)	10,7	71
21.22-.23	0,31 (0,19-0,49)	9,8	72,5
23.13-.14	0,23 (0,21-0,26)	12,7	81,0
01.07-.08	0,48 (0,43-0,51)	13,9	83
03.06-.07	0,52 (0,48-0,59)	13,6	89
05.14-.15	0,72 (0,66-0,79)	13,9	91,5
07.09-.10	0,68 (0,61-0,79)	14,1	90,0
08.51-.52	0,26 (0,22-0,27)	14,1	-
09.40-.41	0,31	9,4	88,5

Yöllä klo 1 ja klo 7 välillä oli ihan tyyntä.

Klo 9.45

kohdat A..I 0,42; 0,37; 0,17; 0,30; 0,20; 0,27; 0,33; 0,21; 0,24 m/s. Näistä **0,031±0,012 m³/s**
Teltan purku.

klo 11.30

kohdat A..I 0,52; 0,28; 0,18; 0,20; 0,51; 0,45; 0,48; 0,38; 0,37 m/s. Nyt taas **0,044±0,02 m³/s**
Tuuli oli lännestä ja sen voimakkuudeksi 2 m korkeudella mittasin 0,4 m/s.

Mustasupan pohja

Aukko A 0,20..0,40 m/s RH 68%

Aukko B 0,35 m/s, lämpötila noin 5 °C tai hieman alempi (aikavakio pitkä).

Vieressä etelämpänä 0,43 m/s.

Aukosta C 0,20..0,50 m/s,

Hieman ylempänä mittauskiven suuntaan ison kiven juuresta 0,3..0,4 m/s.
klo 12.37.

Salmisen talon pohjoisseinustalla ikkunattomassa kohdassa on
lämpömittari, joka näyttää myös minimilämpötilaa. Mittarin näyttö on
talon sisällä ja Mauri Salminen pitää lukemista kirjaa. Yön minimi
lämpötila oli +1 °C.

Salminen

