

Harjujen Tuuletus Johtuu Ilman Liukoisuudesta Veteen

Servo KASI

Kajavankatu 6 B 45, 04230 Kerava

09-2428550

servo.kasi@helsinki.fi

kotisivu: <http://www.helsinki.fi/people/servo.kasi>

~~www.elisanet.fi/skasi~~

Abstract

VENTILATION OF ESKERS IS DUE TO AIR SOLUBILITY IN WATER. The solubilities in water of the main gases of air (nitrogen, oxygen, argon), i.e. their Henry 'constants', depend considerably on temperature. As Okko (1957) has reported there is the penetration of warm gases up from certain eskers in the middle of winter though air temperature above were negative in the tens degrees. The upstream of air decreases gradually in spring. In summer the air flux goes into the esker. Relatively cold water of autumn precipitation and snow melting thereafter in winter percolates below the snow cover. Concentration of in it soluted air is relatively high. In winter percolating water warms in soil and evaporates a part of its air gases. Then the increase of air pressure is the dynamo that causes air flux upwards. The air movement in soil and the air solubility in water are important to be included in the soil parts of the hydrological models.

1. JOHDANTO

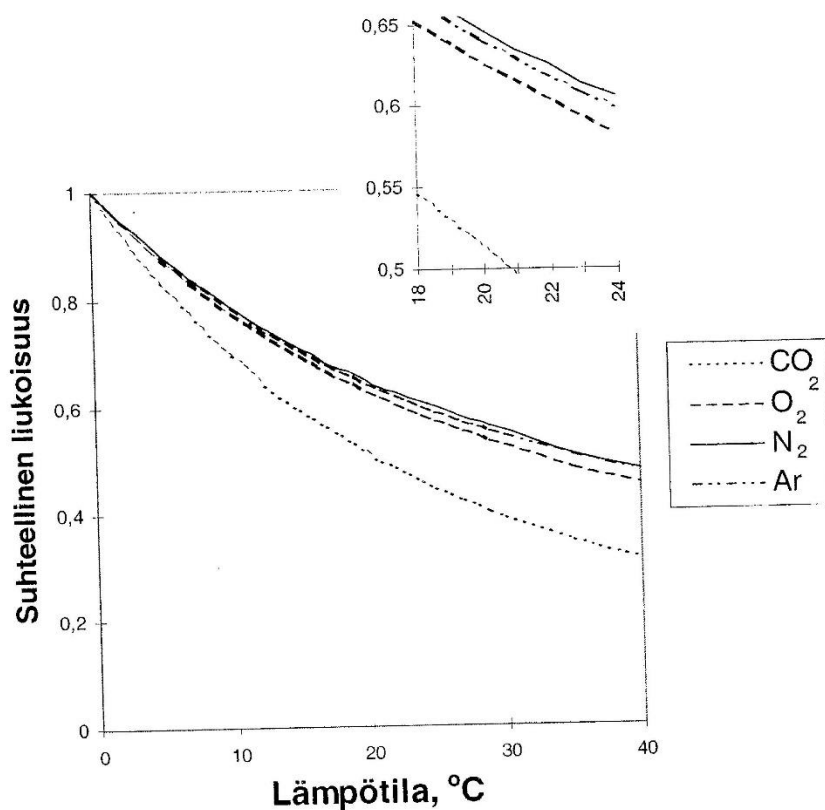
Okko (1957) raportoi 28 harjasta lähinnä etelä-Suomessa, joissa harjun laella tai rinteiden yläosassa on keskitalvella pälvipaikkoja. Suurin osa niistä on etelä-Hämeessä. Pälvikohtaan sataneen lumen on sulattanut harjasta nouseva lämmin ilma. Mäntsälän Levännolla pälveen harjasta nousevan ilman lämpötila oli $+3...8^{\circ}\text{C}$. Kuitenkin ulkoilman lämpötila oli ajoittain alle -20°C . Harjujen laella pälvikohtia saattoi olla useita ja niiden pinta-alat vaihtelivat aina muutamaan neliömetriin asti. Lumi ei kaikin kohdin ole sulanut kokonaan, vaan hangen alla voi olla jäähilekatteinen holvi kohdassa, jossa ilmaa virtaa ylös. Lämpimän ilman virtaus alkaa syksyllä ennen lumentuloa, ja keväällä se vähitellen heikkenee. Kesällä samoin kohdin ilman virtaus tapahtuu harjuun päin. Harjun juuresta löytyy kohtia joissa kesällä virtaa ilmaa ulos harjasta.

Kasi on yrittänyt vuodesta 1986 alkaen saada aikaan tutkimustoimintaa jossa hyödynnettäisiin kyseisenä vuonna tullutta Suomessakin aika isoa radioaktiivista laskeumaa. Hydrologiassa, paitsi radioaktiivisia, on merkkiaineina mitattu veden stabiileja isotooppeja ja veteen liuenneita jalokaasuja. Kasi (1990) esitti veden perkolaatiota tutkittavaksi siihen ilmasta liuenneen argonin avulla. Pohjaveteen liuenneet jalokaasut voivat kertoa pohjavesiesiintymän syntyajan maanpintailman lämpötiloista jopa yli 10000 vuotta sitten.

Argon ja ilma kokonaisuudessaan, siis sen typpi ja happi, liukenevat veteen hyvin samankaltaisesti lämpötilasta riippuen, kuva 1 ja taulukko I, lähteinä IUPAC (1980-82), Jotuni ja Ryti (1969) ja Heinänen (1969).

Taulukko I. Ilman kaasujen liukoisuus veteen paineessa 101,325 kPa ja Henryn 'vakio' H lämpötilassa 0 °C. x on kaasun mooliosuus vedestä.

	$10^3 x$	H/MPa
N ₂	1,908	5311
O ₂	3,949	2566
Ar	4,177	2426
CO ₂	137,5	73,69



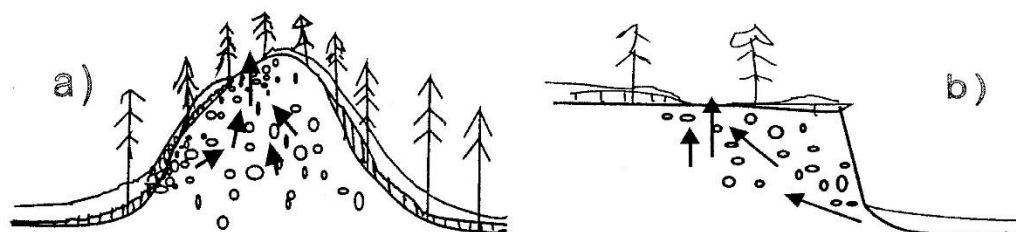
Kuva 1. Typen, hapen, argonin ja hiilidioksidin liukoisuuden veteen riippuvuus lämpötilasta normaali-ilman paineessa 101325 Pa.

2. PÄLVIHARJUIJEN RAKENNE

Kohdassa jossa lämmin ilma virtaa talvella ylös harjasta, maa on huokoinen, yleensä kivinen ja hienompi maa-aines puuttuu. Pälvisiintymät Okolla (1957) ovat lähinnä kahta tyyppiä, kuva 2. Suhteellisen jyrkkä rinne paikan lähellä alapuolella näyttää esiintymille tyypilliseltä.

Okon (1957) ja hra Huugo ("Otto") Vainen havainnoimasta Mäntsälän Levannon mäestä suurin osa on viety rakennusaineeksi, eikä sen matalasta eteläosasta ole ilmiötä löytänyt,

huipun paikalle tehdyn hiekkakuopan reunasta huolimatta. Okon mainitsemista pohjois-puolisista harjuista kävin 9.3.2001 Myllymäellä. Sen laki on yli 105 m merenpinnan yläpuolella ja länsilounas-itäkoillinen-leikkaukseltaan mäki on kuvan 2a mukainen. Harjun laen itäreunalta löysin 9.3.2001 kaksi noin 1 dm²-alaista jäähilereunaista pälvikoloa kuin Okon (1957) kuva 9. Ulkoilman lämpötila oli -5,5 °C, kolojen maapinnan 0,0 .. +0,2 °C, ja niistä tuli ylös heikko ilmavirta. Harjujen juuresta en ole löytänyt lumettomia paikkoja. Lammilla Untalan harjun juurella kivikolla vesitornista koilliseen, jossa kesällä huokuu harjasta kylmää ilmaa, oli 9.3.2001 yhtenäinen 60 .. 100 cm paksu lumipeite. Harjulla 15 .. 20 m ylempänä matalahkolla selänneosalla taas oli 0,2 m²-kattoaukkoa vaille katetun maakuopan lumettoman pohjan lämpötila + 3 °C.



Kuva 2. Pälviharjut talvella: a) pitkittäisharju, b) pälviä metsässä lähellä sorarinnettä.

3. HARJUIEN TUULETUKSEN SELITYS

Rankat sateet saavat aikaan maanpinnan kastumisen läpikotoisin. Maahan painuva vesi saattaa imeytyä sinne männän tapaisena patjana. Alla maaperän huokosissa on ilmaa. Veden massa nostaa sen painetta. Maan ilma purkaa ylipaineensa ja syntyy ilmanvirtaus ylöspäin. On kuitenkin todettu että maahan imeytyvä ja alaspäin suotautuva vesi käyttää useinkin tiettyjä isojen huokosten kautta kulkevia kanavia. Niissä vesi kulkee nopeimmin. Silloin väistytvä ilma löytää myös suhteellisesti helpommin omat kanavansa, niin että sen paine ei pääse ennen purkautumisia kovin paljon kasvamaan.

Syksyllä suotautuva vesi on suhteellisen kylmää, mutta alempana harju ja pohjavesi ovat lämpimämpiä. Kaasumolekyylien nopeudet lämpötilassa 273 K ovat hyvin suuret (taulukko II. Niiden keskienergia on 0,035 eV). Suhteellisen neutraalit molekyylimme N₂, O₂ ja Ar jatkavat translaatiotaan helposti vesimolekyylien joukkoon (Tosin vetysidoksen energia on 0,3 eV, Kasi 1989). Ilman kaasut nopeasti kyllästävät imeytyvän veden kaasun osapainetta vastaavaan liukenemaan. Osa hapestaa varmaan kuluu orgaanisiin ym reaktioihin. Oletamme tässä kuitenkin että maan ilmalla on normaali-ilman koostumus. Olettakaamme, että syksyllä vettä

Taulukko II. Kaasun liukoisuuden pieneminen Δx paineessa 1 atm, kun lämpötila kasvaa 0 °C:sta lämpötilaan +5 °C, mooliosuus normaali-ilmassa ja molekyylin keskinopeus v_k lämpötilassa 0 °C.

	$10^5 \Delta x$	mooli %	v_k , m/s
N ₂	0,213	78,08	455
O ₂	0,493	20,95	426
Ar	0,470	0,93	381

on suotautumassa $170 \text{ mm/m}^2 = 9440 \text{ mol/m}^2$, ja että se lämpenee $+5^\circ\text{C}$. Taulukon II arvoja käyttäen voimme laskea poistuvien kaasumolekyylien määräksi:

$$(.7808 \cdot .213 + .2095 \cdot .493 + .0093 \cdot .47) \cdot 10^{-5} \cdot 9440 \text{ mol/m}^2 = 0,0415 \text{ mol/m}^2 \quad \text{eli}$$

suotautuvasta vedestä vapautuu kaasua kaikkiaan $0,93 \text{ litraa/m}^2$.

Tämä kaasumäärä ei suinkaan vapaudu kokonaisuudessaan kovin nopeasti vaikka lämpötila sitä edellyttäisi. Paine nousee kaasujen vapautuessa, jolloin liukoisuus kasvaa Henryn lain mukaisesti. Paine taas sitten palautuu hitaasti normaaliksi ylimääräpaineen purkautuessa ylös harjasta. Tämä ilmiö ylläpitää harjun kaasukiertoa.

Talvella lähellä jyrkkää rinnettä suotautuva vesi jäähtyy, kun ilman lämpötila rinteeseen ulkopuolella on matala. Jäähtyvään veteen liukenee silloin ilmaa, ja uutta ilmaa tulee tilalle paineen laskiessa.

Kesällä sadevesi on lämmintä, suotautuessaan harjun kylmempiin sisäosiin se jäähtyy ja liuottaa harjussa olevaa ilmaa. Paine laskee ja ilmaa alkaa virrata kanaviaan pitkin harjun päältä alaspäin. Suotautuva vesi aiheuttaa myös painetta allaan olevaan ilmaan. Siten jyrkkärinteisen harjun pohjalta kylmää ilmaa kulkeutuu huokoisesta maasta kuten kivikosta ulos.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Ilma on herkkäliikkeistä. Sitä kuitenkin pidättyy merkittävässä määrin maaperän vesiin. Ilman ylipaine pyrkii purkautumaan syrjäyttämällä kulkuaukkoja erityisesti veteen.

Useinkin maaveden liikettä matemaattisesti mallinnettaessa tyydytään pelkästään veden hydrologisiin yhtälöihin ja pohjaveden Darcyn yhtälöön myös maavedelle. Mutta lisäksi pitäisi laskea herkkäliikkeisen ilman (ja myös vesihöyryn) liike (Vesihöyryn jäätyminen on myös merkittävä). Kasilla (2000) on joitakin viitteitä.

LÄHTEET

- Heinänen J. 1969. Vesi: Luonnonvedet. *Tekniikan käsikirja* 2:233, K.J. Gummerus Oy.
- IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). *Solubility Data Series*, vol. 4 (1980) Ar, vol. 7 (1981) N₂, vol. 10 (1982) O₂, Pergamon Press.
- Jotuni P. & Ryti H. 1969. Puhtaiden aineiden ja systeemien ominaisuuksia. *Tekniikan käsikirja* 2:204, K.J. Gummerus Oy.
- Kasi S. 1989. Vesi on polymeerinen. *XIV Geofysiikan Päivät*, Helsingissä 3-4.5.1989, toim. J. Forsius, s. 75-80. Geofysiikan Seura, Helsinki.
- Kasi S. 1990. Oanvända spårämnen för studier om mark- och grundvatten. *Vannet i Norden* 23(2):46-53.
- Kasi S. 2000. Improvements of soil hydrology modelling. *XXI Nordic Hydrological Conference*, in Uppsala 26-30.6.2000, ed. T. Nilsson, *NHP Report* No. 46, Vol. 1: 258-263.
- Okko V. 1957. On the thermal behaviour of some Finnish eskers. *Fennia* 81(5):1-38.