

Hydrologian ja veden kulkeutumisen perusteita

PeltoAI - innovatiiviset seurantamenetelmät ja tekoäly ruoka- ja vesitaloudessa
- hanke

Elisa Mikkilä

Pyhäjärvi-instituutti



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



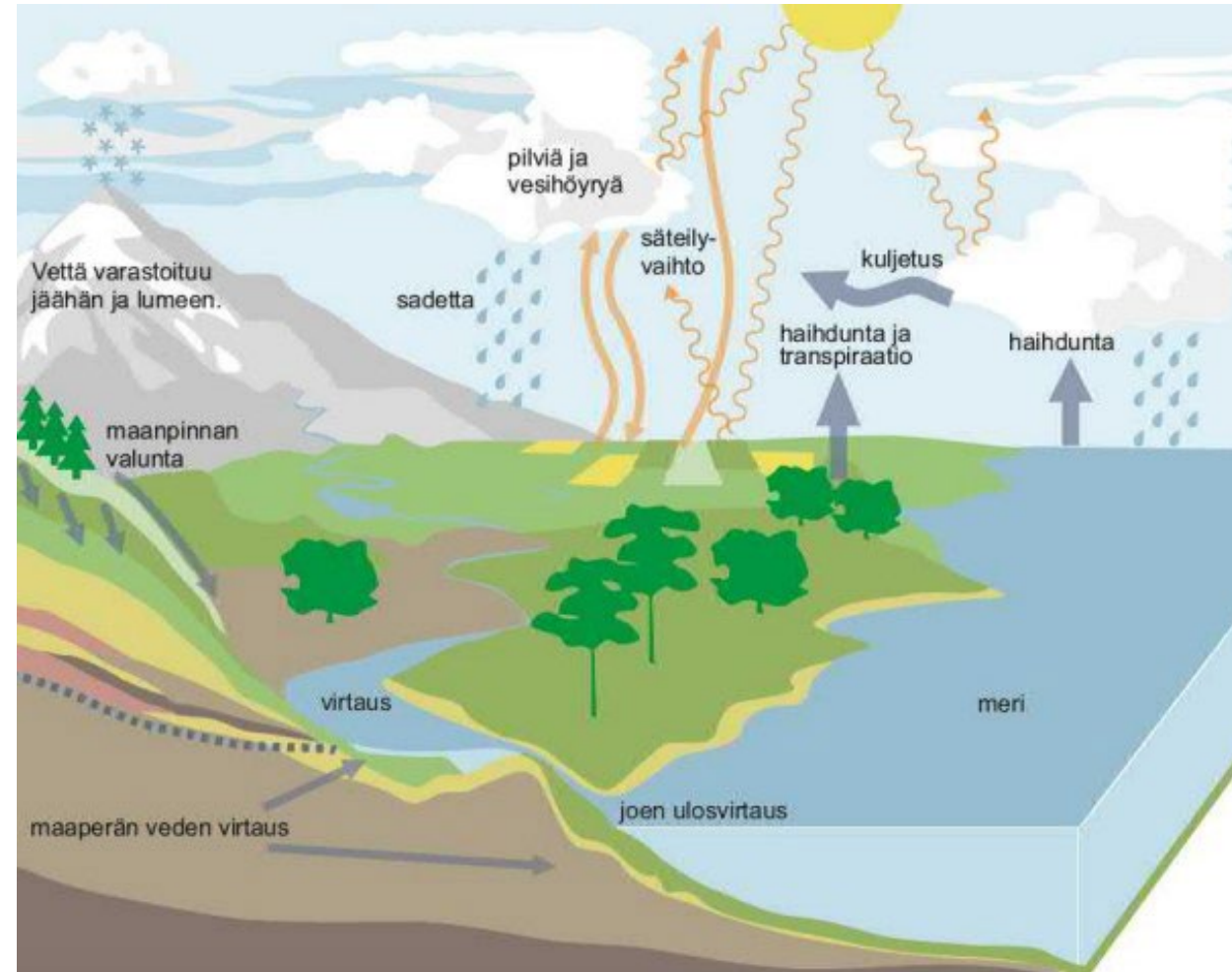
Hydrologia

- ▶ Tutkii vesivaroja ja veden kiertokulkua
 - ▶ Maaperän vesivarojen tutkimus eli geohydrologia
 - ▶ Järvien tutkimus eli limnologia
 - ▶ Jokien tutkimus eli potamologia
 - ▶ Ilmakehän vesitalous eli hydrometeorologia
 - ▶ Glasiaalihydrologia eli jäätikköhydrologia
 - ▶ Veden kiertokulku
- ▶ Tärkeitä tutkimuskohteita
 - ▶ Valunnan muodostuminen veden kiertokulussa
 - ▶ Tulvat
 - ▶ Veden laatu



Veden kiertokulku

- ▶ Vesi kiertää maapallolla varastosta toiseen
 - ▶ Vesi haihtuu maapallon pinnalta ilmakehään ja palautuu takaisin sateena
 - ▶ Sadevesi kulkeutuu valuntana pinta- ja pohjavesiin ja lopulta meriin haihtuen matkalla tai viimeistään merestä takaisin ilmakehään
 - ▶ Makeaa vettä on eniten jäätiköissä, joiden muodostamat varastot muuttuvat hitaasti
 - ▶ Pohjavesistä on makeaa vettä noin puolet, ja tämä käsittää lähes kolmasosan makean veden varastoista
 - ▶ Järvet paikallisesti merkittäviä vesivarastoja
 - ▶ Jokien kautta vesi kulkeutuu meriin
 - ▶ Ilmakehä kuljettaa ja puhdistaa vettä
- ▶ Maapallon vesien kokonaismäärä on vakio
- ▶ Vesitaseyhtälö: sadanta = valunta + haihdunta + varastonmuutos



Veden kiertokulku

- ▶ Vettä haihtuu maapallon pinnalta ja kulkeutuu ilmakehässä vesihöyryinä, joka tiivistyy vesipisaroina, ja sadanta palauttaa veden maanpintaan
- ▶ Vähäisessä määrin vesihöyry tiivistyy kasteeksi tai huurteeksi tai härmistyy kuuraksi maanpintaan
- ▶ Osa sadannasta jää puiden ja kasvien lehvästöön ja haihtuu sieltä pois saavuttamatta koskaan maan pintaa (interseptio)
- ▶ Maahan tullut vesi haihtuu takaisin, imeytyy maaperään tai kulkeutuu pintavesiin
- ▶ Maaperässä on ylimpänä maavesivyöhyke, jossa maahiukkasten välissä on sekä vettä että ilmaa, ja sen alla on kokonaan veden kyllästämä pohjavesivyöhyke
- ▶ Painovoiman ohjaamana maavesivyöhykkeessä vesi painuu suoraan alaspäin
- ▶ Pohjavesi virtaa kohti alemmaa painetta
- ▶ Maaperästä vesi kulkeutuu pintavesiin ja vähitellen meriin
- ▶ Pintavesistä vesi haihtuu takaisin ilmakehään



Veden kiertokulku

- ▶ Vesi kulkee varastosta toiseen vuosuureina eli veden tilavuuden siirtymisinä aikayksikköä kohti tai aika- ja pinta-alayksikköä kohti
- ▶ Vuosuureet kertovat tulevan ja lähtevän vesitilavuuden siirtymisestä varastosta toiseen
- ▶ Vuosuureita ovat sadanta, interseptio, haihdunta, transpiraatio, evapotranspiraatio, tiivistyminen, sublimaatio, härmistyminen, valunta, virtaama, infiltraatio, suodanta
- ▶ Valuma-alueen vesitaseyhtälö kuvaa vesivaraston kehitystä
- ▶ Pitkällä aikavälillä vesivarastossa ei useinkaan tapahdu merkittäviä muutoksia
- ▶ Vuosittainen nettotase on usein suunnilleen nolla eli (sadanta–haihdunta)*alueen pinta-ala=valunta
- ▶ Suomen oloissa sadanta on 500-650 mm vuodessa ja haihdunta noin 400 mm vuodessa, joten nettovaihto ilmakehän kanssa on 100-200 mm vuodessa



Valuma-alue: perusyksikkö

- ▶ Maa- ja vesialue, jolle satanut vesi poistuu alueelta samaa uomaa pitkin ulosvirtauksena
- ▶ Valuma-alue muodostaa kokonaisuuden, johon vesi tulee sateena ja josta vesi poistuu valuntana ja haihduntana - näiden aiheuttama nettomuutos näkyy valuma-alueen vesivaraston tilavuuden muutoksena
- ▶ Valuma-alue rajoittuu vedenjakajaan ja voi sisältää pohjavesivarastoja, jokia ja järviä
- ▶ Vedenjakajat määritellään topografikartasta tarkastellen korkeita maastokohtia, lähteitä sekä purojen kulkusuuntia
- ▶ Pohjavesien vedenjakajat eivät välttämättä noudattele tarkalleen maan pinnan muotoja
 - ▶ Pohjaveden kautta vettä voi siis virrata valuma-alueen ulkopuolelle



Valuma-alue

- ▶ Valuma-alueet ja vedenjakajat muodostavat hierarkisia järjestelmiä
 - ▶ Yhden joen valuma-alue koostuu monista pienemmistä osavaluma-alueista
- ▶ Valuma-alueen hydrologista luonnetta kuvaavat
 - ▶ Alueen pinta-ala, muoto ja kaltevuussuhteet
 - ▶ Pintavesien pinta-ala (järvien osuus) ja sijainti
 - ▶ Eri maastolajien (pelto, suo, metsä) pinta-alat ja sijainnit
 - ▶ Maaperän laatu
 - ▶ Ihmistoiminnan maankäyttö (maatalous, turveteollisuus, taajamat yms.)
 - ▶ Vesiväylien pituus



Haihdunta

- ▶ Vesi puhdistuu kiertäessään ilmakehän kautta, sillä haihdunta siirtää ilmakehään vain vesimolekyylejä
- ▶ Veden keskimääräinen viipymä ilmakehässä on 10 vuorokautta
- ▶ Haihdunnan määrä riippuu ilman kosteudesta ja lämpötilasta
- ▶ Pääosa, n. 80 % ilmakehään siirtyvästä vedestä on peräisin meristä
- ▶ Maa-alueilla haihdunta on sadantaa pienempi, 20-70% sadannasta
- ▶ Sadannan ja haihdunnan erotus menee valuntaan, josta yleensä suurin osa on pintavaluntaa
- ▶ Interseptiohaihdunta (kasvien pinnalta), transpiraatio (kasvihaihdunta, ”hengitys”), evaporaatio (maan pinnalta), evapotranspiraatio (kokonaishaihdunta)



Valunta

- ▶ Hydrologian keskeisimpiä tapahtumia
- ▶ Valunta on se osa sadannasta, joka virtaa vesistöä kohti maan pinnalla, maaperässä tai kallioperässä
- ▶ Kuljettaa maan pinnalle tullutta sadevettä takaisin meriin
- ▶ Valunnan aiheuttaa painovoima
- ▶ Valunnan muodostuminen sekä ajallinen ja paikallinen kehitys ovat monimutkaisia prosesseja
- ▶ Voidaan ajatella muodostuvat kolmesta osasta: maanpäällisestä valunnasta eli pintavalunnasta, maavesikerroksessa tapahtuvasta valunnasta ja pohjavesivalunnasta



Valunta

- ▶ Valunnan eri osien keskinäiset osuudet riippuvat sadannan ajallisesta kehityksestä sekä alueen pinnanmuodoista ja maaperästä
- ▶ Maanpäällisen valunnan (pintavalunnan) osuus on suuri, jos maanpinta läpäisee huonosti vettä
 - ▶ Maalajin hienorakeisuus
 - ▶ Routa
 - ▶ Luonnollinen tai ihmisen aiheuttama maan tiivistyminen
 - ▶ Maaperän huokokset kyllästyneitä vedellä (aiemmat sateet)
- ▶ Maaperän pintakerrosvalunta on suuri, jos maanpinta läpäisee hyvin vettä, mutta kerroksen alapuolella on vettä läpäisemätön kerros, joka estää suotautumisen syvemmälle
- ▶ Pohjavesivalunnan osuus on suuri karkearakeisilla mailla, joissa maanpinta ja myös sen alla olevat kerrokset imevät hyvin vettä



Valunta

- ▶ Valunnan jakaminen kolmeen edellä mainittuun osaan on melko teoreettista
- ▶ Usein maanpäällinen valunta muuttuu pintakerrosvalunnaksi ja taas uudelleen maanpäälliseksi valunnaksi ennen vesiuomaan päätymistä
- ▶ Runsaan veden aikana pohjavesivalunnan erottaminen pintakerrosvalunnasta on vaikeaa ja epätarkkaa
- ▶ Eri valuntamuotojen suhteet vaihtelevat vuodenaikojen mukaan
 - ▶ Lumen sulamiskautena maanpäällisen valunnan ja pintakerrosvalunnan osuus on suuri
 - ▶ Normaalina kesänä suuri osa valunnasta on pohjavesivaluntaa
 - ▶ Syyssateet kasvattavat pintakerrosvalunnan osuutta ja saattavat aiheuttaa maanpäällistä valuntaa maan huokostilan täytyttyä
 - ▶ Talviajan valunta on suojasäitä lukuun ottamatta lähes kokonaan pohjavesivaluntaa



Soil water

- ▶ The ability of a soil to absorb and retain moisture is crucial to the hydrology of an area.
- ▶ The soil water store will vary seasonally and will depend on soil properties, soil depth and precipitation.
- ▶ Deep permeable soils can store large quantities of water, providing a moisture reserve through times of drought and helping to sustain river flow during dry periods.



Groundwater

- ▶ Groundwater is water in the saturated zone below the land surface. Therefore groundwater can be held within soils or in bedrock. Nearly all rocks are porous and can hold water within them.
- ▶ The depth at which a soil or rock is fully saturated (all the pore spaces are full of water) is called the water table. The water table is often not flat depending on topography and geology. Sometimes the water table will be at the surface, particularly after heavy rain.
- ▶ Groundwater store is important because in some areas, it is the only source of water for humans and it represents virtually all of the Earth's non-saline and non-frozen water resources.
- ▶ Water is not just stored as groundwater but moves through saturated soil and rock. One assumption that is often made in water balance studies is that catchments are watertight. However, bedrock geology may allow water to flow out of a catchment below the surface without reaching the local river system. Often surface topography does not tell us exactly which direction water may be flowing below the surface and so it is sometimes difficult to determine groundwater losses and gains from a catchment.



Infiltration

- ▶ Infiltration is the process of water entry into the surface of a soil and it plays a key role in surface runoff, groundwater recharge, ecology, evapotranspiration, soil erosion and transport of nutrients and other solutes in surface and subsurface waters.
- ▶ Surface water entry is influenced by vegetation cover, soil texture, soil porosity and soil structure and compaction.
- ▶ The infiltration rate is the volume of water passing into the soil per unit area per unit time.
- ▶ The maximum rate at which water soaks into or is absorbed by the soil is the infiltration capacity. This is very important in determining the proportion of incoming rainfall that runs off as infiltration-excess overland flow and the proportion that moves into the soil.
- ▶ If infiltration is occurring at less than the infiltration capacity then all rain reaching the soil surface will infiltrate into the soil.



Infiltration

- ▶ The infiltration capacity of a soil generally decreases during rainfall, rapidly at first and then more slowly, until an approximately stable value has been attained.
- ▶ Soil surface conditions may impose an upper limit to the rate at which water can be absorbed, despite a large available capacity of the lower soil layers to receive and to store additional infiltrating water.
- ▶ Often the infiltration capacity is reduced by frost.
- ▶ Field ploughing can increase soil infiltration capacity.
- ▶ Soils with well-developed humus and litter layers tend to have high infiltration capacities.



Infiltration

- ▶ Soil water movement continues after an infiltration event, as the infiltrated water is redistributed. For a uniform soil there will be a series of zones in the wetting part of the soil profile during an infiltration event.
- ▶ The zone nearest the surface is a saturated zone. As water penetrates more deeply a zone of uniform water content, the transmission zone, develops behind a well-defined wetting front. The soil below the wetting front still has some pre-event moisture.
- ▶ Infiltration divides rainfall into two parts. One part goes via overland flow to the stream channel as surface runoff; the other goes initially into the soil and then through groundwater flow to the stream or into groundwater storage or is lost by evapotranspiration.
- ▶ When water infiltrates a soil, it will fill the available pore spaces. When all the pore spaces are full, the soil is saturated and the water table is at the surface. Therefore, any extra water has difficulty entering the soil because it is saturated. Hence overland flow will occur.



Flow types

- ▶ Infiltration-excess overland flow
 - ▶ jos sateen intensiteetti ylittää maaperän imemiskyvyn, syntyy pintavaluntaa maan pinnalla
- ▶ Saturation-excess overland flow
 - ▶ jos sataa niin kauan, että maaperä saturoituu (maahuokoset kyllästyneitä vedellä), syntyy pintavaluntaa maan pinnalla
- ▶ Throughflow - maaperän sisällä virtaava vesi
 - ▶ matrix flow - water moves through small soil pores
 - ▶ macropore flow - through small cracks and root channels
 - ▶ pipe flow - through larger cavities in the soil

