

ELEKTRIJUHTIVUSE KASUTAMINE REOSTUSAREAALI MÄÄRAMISEL

Urmas Uri, Noeela Kulm

Elektrijuhtivus on aine (nii tahke, pooltahke kui vedeliku kujul) võime juhtida elektrivoolu. Elektrijuhtivus on omane ainetele, mis sisaldavad laenguga osakesi (elektrone või ioone). Elektrivälja mõjul hakkavad need aineosakesed korrapäraselt liikuma ja moodustavad elektrivoolu. Iga ainet ja selle võimet juhtida elektrivoolu iseloomustab erijuhtivus (σ).

Elektrijuhtivuse mõõtühik on siimens (S), erielektrijuhtivuse mõõtühik on siimensit meetri kohta (S/m) (kasutatakse ka siimensit cm kohta (S/cm)). Puhas vesi on halb elektrijuht, see kehtib ainult juhul, kui vesi ei sisalda lahustunud aineid. Elektrijuhtivus vees sõltub anioonidest ja kationidest. Peamised katioonid looduslikus vees on naatrium (Na^+), kaltsium (Ca^{2+}), kaalium (K^+), magneesium (Mg^{2+}) ning peamised anioonid on kloriid (Cl^-), sulfaat (SO_4^{2-}), karbonaat (CO_3^{2-}) ja vesinikkarbonaat (HCO_3^-). Kui vees suureneb lahustunud ainete kontsentratsioon, siis tõuseb ka lahuse elektrijuhtivuse näitaja (S). Vastavalt sotsiaalministri määrusele nr 82, 31.07.2001 "Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid" (RTL 2001, 100, 1369) on elektrijuhtivuse piirväärtus joogivees 2500 $\mu\text{S/cm}$ 20° C juures.

Nagu öeldud, sõltub lahuse elektrijuhtivus ionide kontsentratsioonist, nende laengust ning liikumiskiirusest keskkonnas. Ioonide liikumiskiiruse määravad peamiselt iooni suurus, hüdratatsioon ja keskkonna viskoossus: mida suurem ioon ning mida väiksem hüdratatsioon ja keskkonna viskoossus, seda parem on lahuse elektrijuhtivus. Elektrijuhtivus sõltub ka temperatuurist: mida kõrgem on temperatuur, seda kõrgem on ka elektrijuhtivuse näitaja. Oluline on see, et lahuse erielektrijuhtivus sõltub üksikute ionide ekvivalentjuhtivusest, kuna erinevad ioonid liiguvad lahuses erineva kiirusega.

Elektrijuhtivust kui lahustunud ainete (ioonide) kontsentratsiooni näitajat vees võiks kasutada usaldusväärse parameetrina reostusastme kindlaksmääramisel. Väga heaks elektrijuhtivuse kasutusvaldkonnaks oleks prügilatest lähtuva reostuse leviku uurimine. Sotsiaalministri määrus nr 38, 29.04.2004 „Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded“ (RTL 2004, 56, 938) § 45 (2) seab kohustuse nii prügila kasutusajal kui järelhooldeperioodil mitte harvemini kui kord aastas määrata nõrgvee elektrijuhtivust, mis viitab selgelt nimetatud indikaatorparameetri kasutamise vajadusele

reostuse kindlakstegemisele. Seni on üldreostuse hindamiseks laialdaselt kasutatud kloriidioonide kontsentratsiooni määramist, siinkohal oleks samaväärselt võimalik selle kõrval paralleelselt kasutada elektrijuhtivuse määramist. Ka prügila nõrgvees on mineraaloolad dissotsieerunud ionidena (nitraadid, sulfaadid, fosfaadid, kloriidid jt anioonid kui ka erinevad katioonid), seega mõõtes nõrgvee ja prügila territooriumil ning lähialal oleva pinnavee elektrijuhtivust, on praktiliselt võimalik määrata reostuse väljakiildumist prügikehast kui ka selle levimise areaali.

Hispaanias Malaga ülikoolis analüüsi La Mina prügila nõrgvett ja ülemist põhjaveekihti, kus mõõdeti ka vee elektrijuhtivust (Inaki Vadillo, Bartolomeo Andreo ja Francisco Carrasco uurimustöös „Groundwater Contamination by Landfill Leachates in a Karstic Aquifer”). Analüüside tulemusena leiti lineaarne seos kloriidioonide kontsentratsiooni ja vee elektrijuhtivuse vahel, mistõttu on kloriidioonide kontsentratsiooni määramise kõrval võrdväärselt võimalik kasutada elektrijuhtivuse määramist reostuse suhtelise suuruse määramisel. Kõige kõrgema elektrijuhtivuse näitaja oli kuival perioodil (40 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ning vastupidi - kõige madalama elektrijuhtivuse näitajaga proov võeti vihmasel perioodil (10 430 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Erinevate proovide võrdlusel võib näha seost reostusainete kontsentratsiooni ja elektrijuhtivuse vahel.

2003. aastal koostatud magistritöö „Erijuhtivuse karotaaži kasutamine puurkaevu seisundi hindamiseks Variku vaatluskaevu näitel“ (Maile Polikarpus) käsitleb vee erijuhtivuse kasutamist vee koostise suhteliseks hindamiseks (peegeldab vees sisalduvate mineraalide hulka). Magistritöö tõestab, et erijuhtivuse kasutamise meetod võimaldab leida puurkaevu manteltorude lekkekohti.

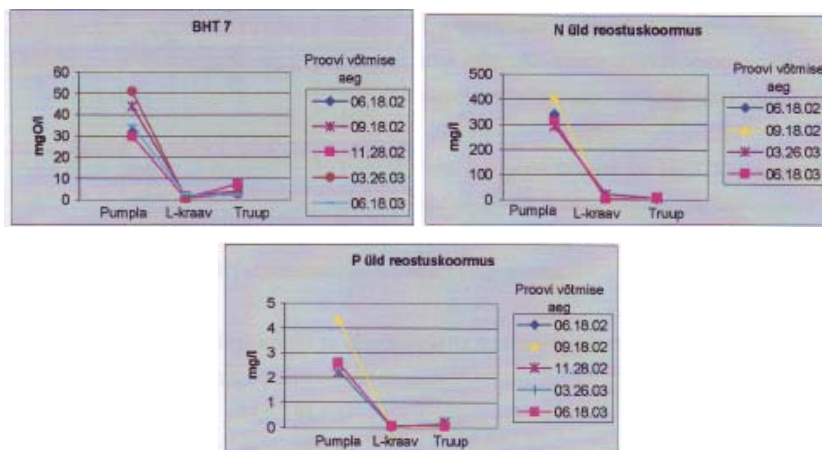
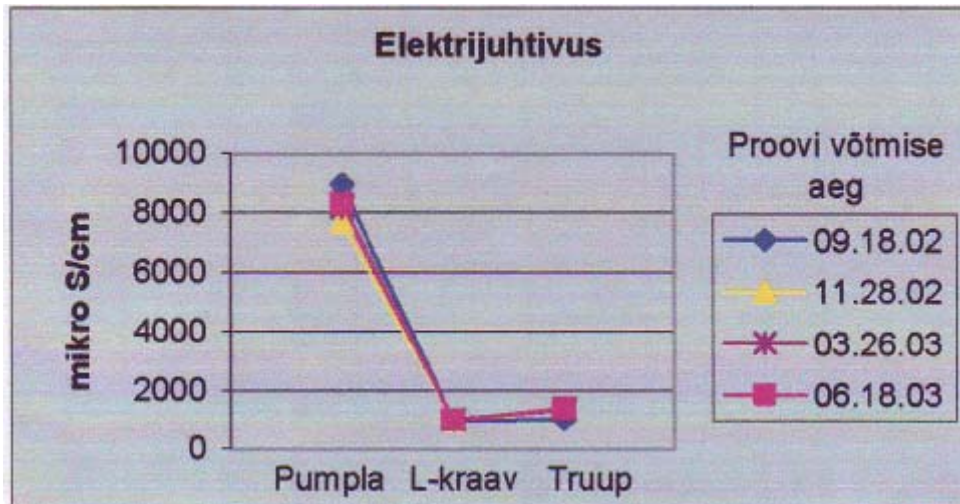
2007. aastal on ilmunud aruanne „Soojuspuuraukude mõju keskkonnale“ (A. Jõelet), mis käsitleb maasoojussüsteemide (soojuspumpade) mõju keskkonnale. Lisaks visuaalsetele vaatlustele rakendati ka füüsikalisi meetodeid soojuspuurkaevude uurimisel, mille käigus mõõdeti sügavuti põhjavee temperatuuri ja elektrijuhtivust. Aruandes on välja toodud, et elektrijuhtivuse abil on võimalik hinnata puuraugu seisundit ning identifitseerida võimalikud vee sisse- ja väljavoolu kohad. Aruanne toob välja seose, et ligilähedaselt on elektrijuhtivusega (25°C) 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hüdrokarbonaatset tüüpi vee soolsus 0,9 g/l ning kloriidset tüüpi vee soolsus 0,6 mg/l. Oluline on jälgida vee elektrijuhtivust ning anomaaliate ilmnmisel teostada vajadusel üldkeemia analüüsid.

Kobras AS on elektrijuhtivust kasutanud prügilate reostusareaalide määramiseks (magistritöö „Suletud väikeprügilate keskkonnariskid ja järelhooldus“. A. Oinberg, 2007), reostunud sissevoolude selgitamiseks (nt Narva kanjon, Plaki järv), veehoidlate lekete avastamiseks, paisudest lekete määramiseks.

Üheks olulisemaks objektiks, kus on kasutatud pinnavee elektrijuhtivuse määramist reostuse leviku ja reostuse väljakiildumise kindlakstegemiseks, on olnud Tartumaal Ülenurme vallas asuv Aardlapalu prügila, mis tänaseks olmejäätmete ladestamiseks on suletud (al. 16.07.2009).

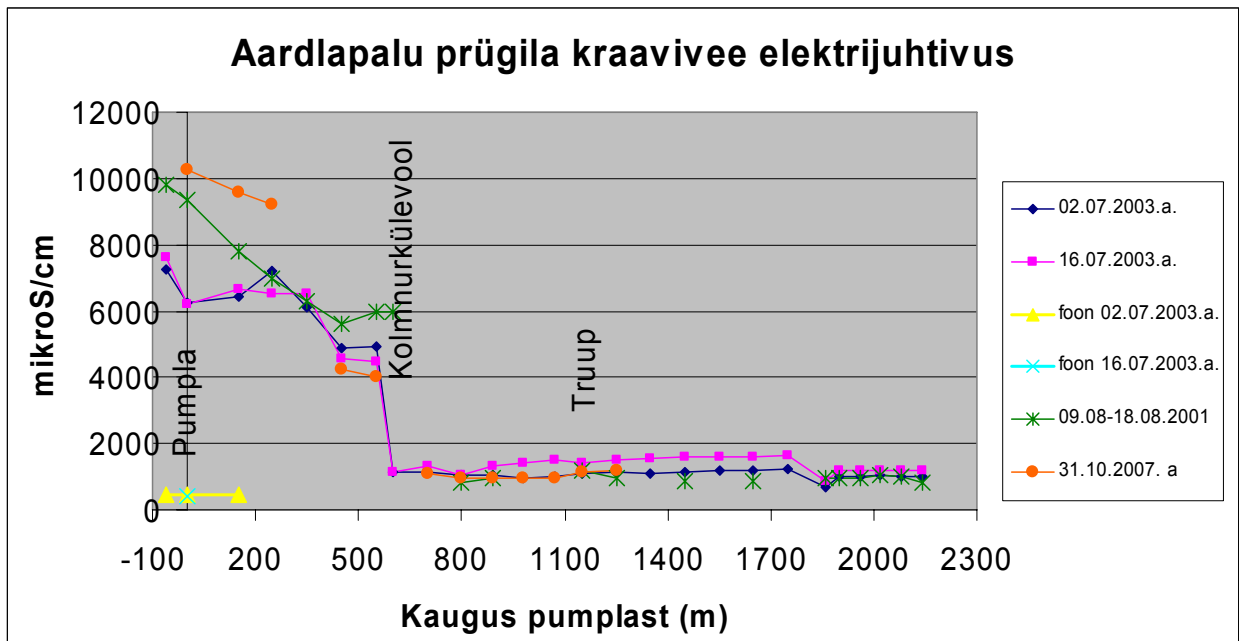
Joonisel 1 on näidatud Veolia Keskkonnateenused (endine Cleanaway ning tollal SAB AS) poolt tellitud Tartu Keskkonnauuringud OÜ laboris analüüsitud reovee/heitvee elektrijuhtivuse muutus piki kraavivee voolusuunda. Veeproovid on võetud ajavahemikul 18.06.2002-18.06.2003.

Saadud tulemused on samasugusel kujul korreleerunud teiste üldreostusnäitajatega ($N_{\text{üld}}$, $P_{\text{üld}}$, BHT₇) (Joonis 1).



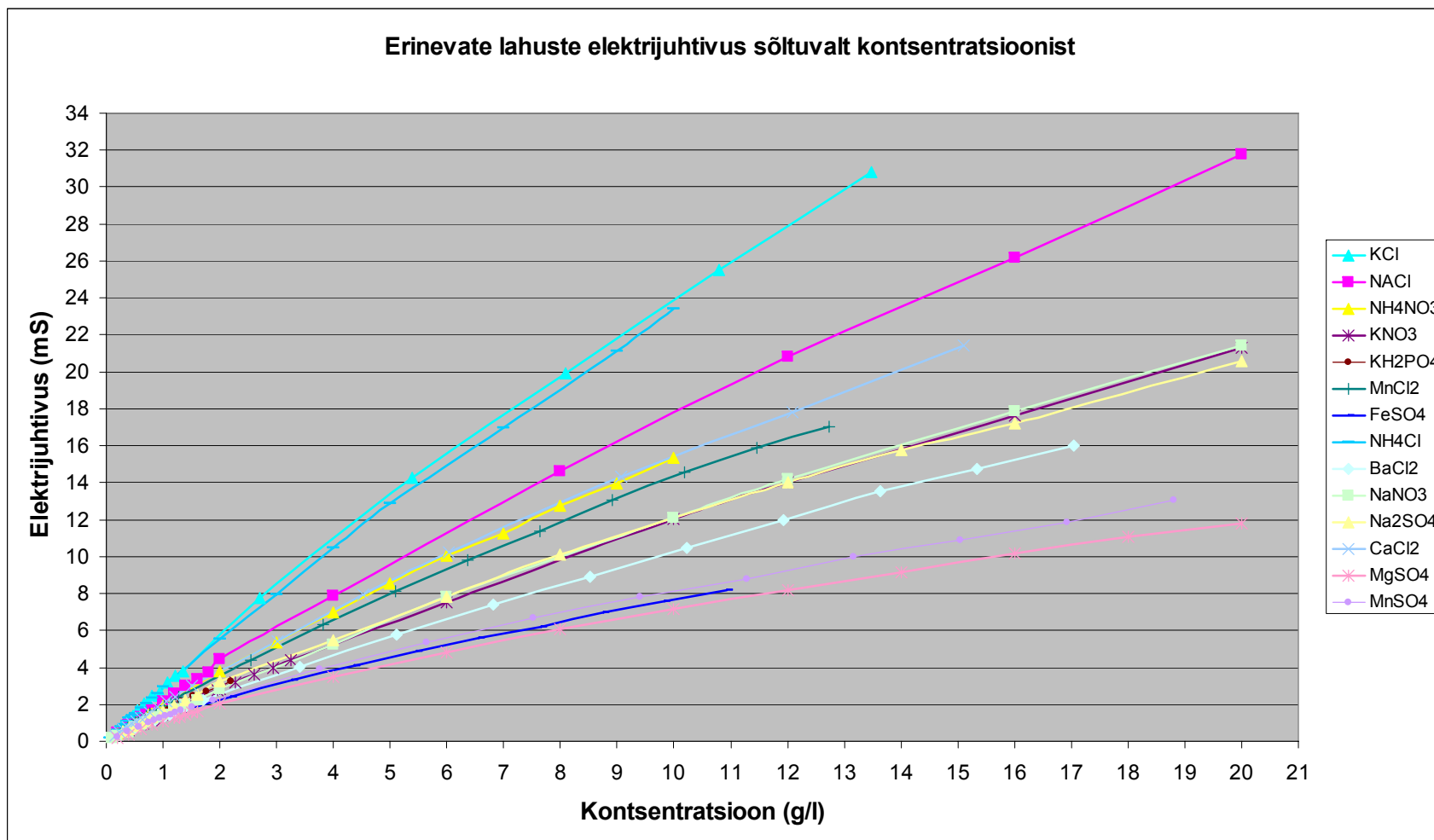
Joonis 1. Aardlapalu prügila omaseirekava alusel võetud Tartu Keskkonnauuringud OÜ laboris analüüsitud heitvee reostuskomponentide levik piki kraavivee liikumise suunda.

Prügila territooriumi kraavide süsteemis ja alalt väljuva kraavivee elektrijuhtivust on lisaks mõõdetud Bionext OÜ poolt 2001. aasta 9-18. augustil, sellealaseid mõõtmisi on teostanud ka Kobras AS ning seda kolmel korral: 2003. aasta 2. juulil, 2003. aasta 16. juulil (4 päeva pärast Aardla poldrit kuivendavate pumpade käivitumist, veetase kraavides alanenud) ning 2007. aasta 31. oktoobril. Mõõtmisteks on kasutatud portatiivset elektrijuhtivuse aparati. Saadud tulemused on aidanud paremini aru saada prügila territooriumi ja lähiala pinnavee mõjutatusest prügilast lähtuva reostuse poolt (Joonis 2).



Joonis 2. Aardlapalu prügila kraavivee elektrijuhtivus.

Elektrijuhtivuse kasutamine reostusareaali määramisel on tekitanud siiski üsna palju vaidlusi ja seetõttu ei ole siiani kindlat seisukohta selle kasutatavuse usaldusväärsuse asjus pälvinud. Kobras AS töötaja Noela Kulmu poolt on laboris teostatud elektrijuhtivuse mõõtmised: allolev joonis peegeldab lahuse elektrijuhtivuse muutumist elektrolüüdi kontsentratsiooni muutumisel. Katsed on teostatud erinevate enamlevinumate sooladega (KCl, NaCl, NH₄NO₃, KNO₃, KH₂PO₄³⁻, MnCl₂, FeSO₄, NH₄Cl, BaCl₂, NaNO₃, Na₂SO₄, CaCl₂, MgSO₄, MnSO₄) (Joonis 3).



Joonis 3. Elektrijuhtivuse sõltuvus elektrolüüdi kontsentratsioonist.

Võrreldes erinevate mineraaloolalahuste elektrijuhtivusi ilmneb, et suurima juhtivusega on kloriidi sisaldavad lahused, järgnevad nitraate sisaldavad lahused, sulfaate sisaldavate lahuste elektrijuhtivus on väikseim. Kuna fosfaatidest oli katsete tegemise hetkel võimalik kasutada ainult kaaliumdivesinikkarbonaati (KH_2PO_4), ei saa ainult selle tulemuste alusel teha järeldusi fosfaate sisaldavate lahuste elektrijuhtivuse kohta võrreldes nt nitraate, sulfaate või kloriide sisaldavate lahustega.

Kokkuvõtteks võib öelda, et elektrijuhtivuse karakteristikut saab kasutada üldreostuse kindlakstegemisel, nt prügilate nõrgvee väljavoolu asukohtade määramisel. Elektrijuhtivuse mõõtmise eelisteks võib pidada eelkõige seda, et on vee täppisanalüüsist odavam ning kiireim viis avastada reostuse väljavoolu alasid. Lahuse elektrijuhtivuse hüppelise tõusu kindlakstegemisel tuleks teha kindlasti täiendavad vee keemilised analüüsid, mis annavad selle tõusu põhjusele täpse vastuse.

Kobras AS *keskkonnaekspertid* soovivad elektrijuhtivuse kasutamist reostuse kindlakstegemiseks ja reostusareaalide määramisel. Põhjavee, pinnavee ja ka nõrgvee seire teostamisel oleks väga kasulik teostada elektrijuhtivuse mõõtmisi, anomaaliate ilmnemisel tuleb teostada vajadusel täiendavad keemilised analüüsid.