



Simo Kouri

Vedenkierrätyksen mahdollisuudet betonin testaustoiminnassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Opinnäytetyö

24.3.2024

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Simo Kouri
Otsikko:	Vedenkierrätyksen mahdollisuudet betonin testaustoiminnassa.
Sivumäärä:	20 sivua + 4 liitettä
Aika:	24.3.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Kiinteistöjohtaminen
Ohjaajat:	Lehtori Aamos Lemström Osastopäällikkö Ville Ruotsalainen

Betonin testaaminen on tärkeä osa rakentamista ja laadunvalvontaa, jossa varmistetaan betonin haluttu kestävyys ja laatu. Betonin testaamiseen käytetään useita erilaisia menetelmiä, joissa käytetään huomattavia määriä vettä. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää, miten vettä voisi kierrättää betonilaboratorion eri testeissä huomioiden standardien vaatimukset veden laadusta. Työssä perehdyttiin tarkemmin pakkasenkestävyyskokeeseen, koska siinä vettä kuluu eniten ja kierrätys olisi tarpeellisinta ja taloudellisinta toteuttaa.

Opinnäytetyössä tutkittiin aihetta sekä laboratoriotesteillä sekä haastattelututkimuksella. Työn tuloksena todettiin, että vettä ei pystytä kierrättämään laboratorio testeissä sen emäksisyyden takia mutta vettä voidaan laboratorioympäristössä käyttää muihin tarkoituksiin.

Avainsanat: betoni, vedenkierrätys, ympäristö.

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Simo Kouri
Title: Possibilities of Water Recycling in Concrete Testing

Number of Pages: 20 pages + 4 appendices
Date: 24.3.2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Specialisation option: Property Management
Instructors: Aamos Lemström, Senior Lecturer
Ville Ruotsalainen, Office manager

The purpose of this thesis was to establish if and how water could be recycled in the different tests done in a concrete laboratory, where the durability and quality of concrete is tested in various ways that use considerable amounts of water. The aim was also to consider the requirements of the standards for water quality. Especially the thesis looked at the frost resistance test, because it consumes the most water and recycling would be the most necessary and economical to implement.

The final year project did laboratory tests and conducted interviews with experts on the field. As a result of the final year project, it was established that water cannot be recycled in laboratory tests because of its alkalinity. However, it is possible to use the alkaline water for other purposes in the laboratory environment.

Keywords: concrete, water recycling, environment

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Vedenkierrätys	2
3	Betoni	3
3.1	Betonin ominaisuudet	4
3.2	Betonin testaus	5
3.3	Pakkasenkestävyyden testaus	5
4	Lait, määräykset ja asetukset	7
5	Tutkimuksen kulku	8
5.1	Jäädytys-sulatuskestävyyskoe	9
5.2	Testissä käytettävä vesi	10
5.3	Vesianalyysit	11
5.4	Käyttäjien haastattelut	13
6	Ratkaisuehdotukset	14
7	Yhteenveto	19
	Lähteet	20

Liitteet

Liite 1: Tero Kaukosen Haastattelu

Liite 2: Taisto Huovisen haastattelu

Liite 3: Vesianalyysi 0 vrk

Liite 4: Vesianalyysi 21 vrk

1 Johdanto

Opinnäytetyössä tarkastellaan, miten vettä voisi kierrättää betonilaboratoriossa huomioiden testien standardien vaatimukset veden laadusta. Työssä käydään läpi eri vaihtoehtoja veden jatkokäyttöä ajatellen. Työn tavoitteena on löytää tapa, jolla saadaan aikaan paras hyöty veden kierrättämisessä.

Swecon betonilaboratoriossa tutkitaan ja testataan paljon betonin kestävyyttä rakennusmateriaalina. Valittaessa oikeaa betonilaatua on tiedettävä esimerkiksi betonimassan puristuslujuus ja pakkasenkestävyys, jotta saadaan oikeanlainen betoni oikeaan paikkaan. On havaittu, että varsinkin pakkasenkestävyyskokeissa kuluu tuhansia kuutiota vettä, jotka johdetaan suoraan viemäriin.

Betonin testaaminen on tärkeä osa rakentamista ja laadunvalvontaa, jossa varmistetaan sen haluttu kestävyys ja laatutaso. Betonin testaamiseen käytetään useita erilaisia menetelmiä sen perusteella, mihin tarkoitukseen betonia käytetään

Työn toimeksiantajana toimiva Sweco on suunnittelu- ja konsultointiyritys, joka työllistää yli 21 000 ammattilaista ympäri maailman. Yritys tarjoaa palveluitaan julkiselle puolelle ja yksityiselle sektorille. Sweco on sitoutunut edistämään kestävä kehitystä ja ratkaisemaan yhteiskunnan haasteita kestäväällä tavalla.

Sweco on erikoistunut moniin eri alueisiin, kuten rakennusten suunnitteluun, liikennesuunnitteluun, ympäristö- ja vesihuoltoon, energia- ja teollisuusrakentamiseen sekä testaus- ja laadunvarmistustoimintaan. (Tietoa Swecosta 2024)

2 Vedenkierrätys

Vedenkierrätys on tapahtuma, jossa kertaalleen käytetty vesi puhdistetaan ja käsitellään soveltuvaksi uusiokäyttöön. Vedenkierrätys on tärkeää puhtaan veden säästämiseksi, ja samalla suojellaan myös ympäristöä. Kierrätysproses- sissa käytetty vesi kerätään talteen ja käsitellään erilaisilla menetelmillä, kuten suodatuksella, desinfioinnilla ja kemiallisella käsittelyllä, jotta se voidaan käyttää uudelleen. (Kestävän kehityksen edistäminen 2023.)

Hanasta tulevan näkyvän veden lisäksi kulutetaan myös niin sanottua näkymätöntä vettä eli piilovettä. Esimerkiksi yhden appelsiinimehulasillisen tuottami- seen on käytetty 170 litraa vettä, kun huomioidaan myös kasvatukseen käytetty vesimäärä. Hampurilaisen tekemiseen kuluu n. 2 400 litraa vettä. Kupilliseen kahvia kuluu 140 litraa vettä, kun lasketaan yhteen viljelyyn, papujen kuljetuk- seen ja tuotantoon käytetty vesimäärä. (Kestävän kehityksen edistäminen 2023.)

Suomen halvimmilla alueilla vesi maksaa kahdesta kolmeen euroa kuutiolta ja kalleimmissa kolminkertaisen määrän. Ääritapauksia ovat saaristokunnat, joissa vesi maksaa jopa 11 euroa kuutiolta. Hintaan vaikuttaa se, onko kyseessä tii- viisti asuttu alue vai laajalle levinnyt haja-asutusalue, eli kuinka kaukaa vesi on tuotava asukkaalle. Myös kallioinen maaperä nostaa vesijohtoverkon rakennus- hintaa. (Vesi voi maksaa maltaita 2013.)

Kerros- ja rivitaloissa asuvat suomalaiset kuluttivat keskimäärin 120 litraa vettä henkilöä kohden vuorokaudessa vuonna 2019, selviää Motivan selvityksestä. (Vesi ja vedenkulutus. 2020) Aiemmissa tutkimuksissa keskivertosuomalaisen kulutus on ollut 150 litraa päivässä. Vedenkulutus vaihtelee Motivan selvityksen mukaan hyvin paljon kotitalouksien välillä. Jotkut pärjäävät alle 50 litralla vuoro- kaudessa, toisilla vettä kuluu samassa ajassa yli kolmesataa litraa. Suurimman osuuden vedestä haukkaa peseytyminen. (Virranniemi 2021.)

3 Betoni

Betonin pääraaka-aineet ovat sementti, vesi ja kiviainekset. Näiden lisäksi betonissa käytetään usein erilaisia lisä- ja seosaineita betonimassan työstettävyyden helpottamiseksi tai kovettuneen betonin tiiviyn, lujuuden ja säilyvyysominaisuuksien parantamiseksi. Betonin ominaisuuksia voidaan muokata säätelemällä sen osa-aineiden suhteita. Tällöin puhutaan betonin suhteutuksesta. Osa-aineiden laadulla ja niiden seossuhteiden määrittämisellä eli sillä, kuinka paljon kutakin osa-ainetta on, on suuri vaikutus betonin ominaisuuksiin. (Betonin ominaisuudet ja valinta 2021.)

Betonia tiedetään olleen käytössä jo antiikin Rooman aikoihin, mutta se rupesi yleistymään vasta 1800-luvulla Portland-sementin keksimisen myötä. Tieto betonin käytöstä rungon rakentamiseen levisi maailmanlaajuisesti Pariisin maailmannäyttelyssä vuonna 1900. Myös Helsinkiin nousi nopeasti aikansa uutta betoniarkkitehtuuria ja -tekniikkaa edustavia julkisia rakennuksia, mm. rautatieasema, eduskuntatalo, Stockmann ja Taidehalli. (Betonin osa-aineet. 2024.)

Vuosikymmenten saatossa betonirakentaminen on kehittynyt ja sitä kehitetään edelleen. Uutta betoniteknologiaa edustavat mm. itsetiivistyvä betoni, joka on helppokäyttöistä, koska se tiivistyy muotissa itsekseen. Korkealujuusbetonit mahdollistaa sirompien rakenteiden teon lujuudesta karsimatta. Teräs- tai muovikuitujen käyttö betonissa lisää lujuutta ja vähentää halkeilua. Lisäksi on myös erilaisia harkkorakenteita, jotka nopeuttavat rakennusprosessia sekä väribetoneita, jotka tuovat piristystä perusharmaaseen betoniin. (Betonin historia.2024)

3.1 Betonin ominaisuudet

Betonin kaksi tärkeintä ominaisuutta ovat lujuus ja säilyvyys erilaisia rasituksia vastaan. Kylmien sääolosuhteiden takia rakenteiden säilyvyyden kannalta merkittävimmät ominaisuudet ovat betonin pakkasenkestävyys ja pakkas-suolarasituksen kestävyys. Rakenteiden toiminnan kannalta huomioon otettavia ominaisuuksia ovat myös betonin muodonmuutokset, kuten kutistuminen, tiivistyminen ja mahdolliset halkeamat. (by 65 Betoninormit:14.)

Kaikilla betonin ominaisuuksiin liittyvillä valinnoilla ja toimenpiteillä on suuri merkitys lopullisen betonirakenteen ominaisuuksiin. Suhteutuksella tarkoitetaan betonin osa-aineiden yhdistämistä niin, että sekä tuore betonimassa että kovettu-
nut betoni saavuttavat vaaditut ominaisuudet. Betonin suhteutuksesta saadaan tarvittavat osa-ainesten määrät (kg/betoni-m³). (by 65 Betoninormit:14.)

Eryyisesti tuoreen betonin, sitoutumisvaiheessa olevan betonin ja kovettuvan betonin ominaisuudet sekä käyttäytyminen eri tilanteissa tulee tuntee, jotta haluttu lopputulos on mahdollista saavuttaa. Suunnitteluratkaisulla sekä työmenetelmien ja betonin valinnalla on ratkaiseva merkitys lopputulokseen. Lisäksi lopputulokseen vaikuttavat merkittävästi toteutusvaiheen toimenpiteet ja tällöin erityisesti toimenpiteet ensimmäisen vuorokauden aikana betonimassan valmistuksesta. (by 65 Betoninormit:14.)

Lähtökohtana on, että rakennesuunnittelija määrittelee rakennesuunnitelmissa ne betonin ominaisuudet, joita kovuneelta betonilta rakenteessa vaaditaan. Tuoreelta betonimassalta vaadittavat ominaisuudet määritellään yleensä työmaalla. Työmaan betonin valinta ei saa olla ristiriidassa suunnitelmissa esitettyjen vaatimusten kanssa. (Betoni pakkasessa. 2021.)

3.2 Betonin testaus

Betonin testaaminen on tärkeä osa rakentamista ja laadunvalvontaa, jossa varmistetaan betonin haluttu kestävyys ja laatuaso. Betonin testaamiseen käytetään useita erilaisia menetelmiä sen perusteella, mihin tarkoitukseen betonia käytetään.

Yleisimpiä testejä ovat

- Puristuslujuuden testaus mittaa: betonin kestävyttä puristuksessa. Betoninäyte puristetaan puristuslujuuslaitteella, ja sen lujuus mitataan. (SFS-EN 12504-1:2019 + AC:2020.)
- Taivutuslujuuden testaus mittaa: betonin kestävyttä taivutuksessa. Betoninäyte taivutetaan taivutuslujuuslaitteella, ja sen lujuus mitataan. (SFS-EN ISO 178:2019.)
- Vedenimukyyn testaus mittaa: betonin kykyä imeä vettä. Betoninäyte kastellaan ja sen paino mitataan ennen ja jälkeen kastelun. Tämän perusteella voidaan arvioida betonin vedenimukykyä. (SFS-EN 12390-8:2019.)
- Tiheyden testaus mittaa: betonin tiheyttä. Betoninäyte punnitaan kuivana ja sitten kasteltuna. Tämän avulla voidaan laskea betonin tiheys. (SFS-EN 12390-1.)
- Pakkaskestävyys testaus mittaa: betonin kykyä kestää pakkasta ja sulamista ilman merkittäviä vaurioita. (SFS 5447.)

3.3 Pakkaskestävyyden testaus

Betonin pakkaskestävyydellä tarkoitetaan kovettuneen betonin kykyä vastustaa toistuvien jäätymis-sulamissykliin (kuva 1) rapauttavaa vaikutusta betonin ollessa kostea. Pakkaskestävyys ei siis ole mikään absoluuttinen ominaisuus, vaan kysymys on kestoajasta tietyissä olosuhteissa. (by 65 Betoninormit 2021.)

Betoni on huokoinen materiaali, joka kosteassa ympäristössä imee itseensä vettä. Kun huokosissa oleva vesi jäätyy, syntyy huokosiin painetta, joka voi rapauttaa betonia. Betonin vaurioituminen pakkasrasituksessa ilmenee lujuuden

menetyksenä, tilavuuden kasvuna, läpäisevyyden lisääntymisenä tai pinnan rapautumisena: halkeiluna ja lohkeamisena. (by 65 Betoninormit 2021.)

Suunnittelukäyttöikä [a]	Rasitusluokka	1		2			3	
		Huokosjako by 72 Betonin laadun- varmistus Osa 1 - Betonin ilmahuokos- parametrien määrittäminen ohut- tai pintahieistä tai SFS-EN 480-11:2005 mukaan ^{a)}		Jäädytys-sulatuskoe, SFS 5447 ^{b)}			Laattakoe CEN/TR 15177 luokissa XF1 ja XF3 ^{c)} , CEN/TS 12390-9 luokissa XF2 ja XF4 ^{d)} , jälkimmäisessä väliaine 3 % NaCl-liuos	
		Enimmäisarvo [mm]		Sykkien lukumäärä	Taivutus- tai halkaisu- vetolujuuksien suhde [%]	Suhteellinen dynaaminen kimmokerroin γ [%]	Rapauma m [g/m ²]	Suhteellinen dynaaminen kimmokerroin γ [%]
		$v/s_{\text{teh}} > 0,40$	$v/s_{\text{teh}} \leq 0,40$					
50	XF1	0,27	0,27	100	≥ 67	≥ 75	$m_{56} \leq 500$	$\gamma_{56} \geq 67$
	XF2	-	-	-	-	-	$m_{56} \leq 650$	-
	XF3	0,23	0,23	300	≥ 67	≥ 75	$m_{56} \leq 200$	$\gamma_{56} \geq 75$
	XF4	-	-	-	-	-	$m_{56} \leq 350$	-
100	XF1	0,25	0,25	300	≥ 67	≥ 75	$m_{56} \leq 200$	$\gamma_{56} \geq 75$
	XF2	-	-	-	-	-	$m_{56} \leq 500$	-
	XF3	0,22	0,22	-	-	-	$m_{56} \leq 100$	$\gamma_{56} \geq 85$
	XF4	-	-	-	-	-	$m_{56} \leq 250$	-

Lukuarvon puuttuminen ruudusta merkitsee, ettei kyseinen koemenetelmä sovellu rivin osoittamaan rasitusluokkaan.

^{a)} Referenssimenetelmänä käytetään by 72 Betonin laadunvarmistus Osa 1 - Betonin ilmahuokosparametrien määrittäminen ohut- tai pintahieistä. Huokosjako voidaan selvittää ohut- tai pintahieistä myös muulla soveltuvalla menetelmällä, jonka korrelaatio suhteessa referenssimenetelmään on todettu testauslaitosten välisellä tasokokeella.

^{b)} Vaatimuksenmukaisuus voidaan osoittaa joko betonin vetolujuuksien tai dynaamisten kimmokertoimien perusteella, joista toisen vaatimuksen tulee täytyä.

^{c)} Rasitusluokissa XF1 ja XF3 vaatimuksenmukaisuus on osoitettava sekä kimmokertoimen että pinnan rapauman osalta, joista kummankin on täyttyvä.

^{d)} Rasitusluokissa XF2 ja XF4 vaatimuksenmukaisuus osoitetaan pinnan rapauman perusteella.

Kuva 1. Kovettuneen betonin pakkasenkestävyyden vaatimukset, kun suunniteltu käyttöikä on 50 tai 100 vuotta.

4 Lait, määräykset ja asetukset

Betonintestaustoimintaa, kuten monia muitakin tahoja, ohjaavat standardit. Ne ovat ohjeita, sääntöjä ja määräyksiä, jotka on luotu tietyn tuotteen, palvelun, prosessin tai toiminnan ympärille (kuva 2). Ne toimivat viitepisteinä ja määrittäjinä, jotka on laadittu yleisesti hyväksytyjen käytäntöjen, vaatimusten ja spesifiikaatioiden perusteella. Työn kannalta merkittävin standardi on SFS 5447 (Betonin säilyvyys. Jäädytys-sulatuskestävyys, jossa määritellään raamit testin olosuhteille ja kestolle. (Suomen standardit Ry 2024.)

Standardit voivat kattaa monenlaisia alueita, kuten tuotteiden ominaisuudet, prosessit, suorituskyvyn arvioinnin, laadunvarmistuksen ja turvallisuusmääräykset. Ne voivat olla kansallisia, kansainvälisiä tai alakohtaisia. (Suomen standardit Ry 2024.)



Kuva 2. Mistä standardin tunnus koostuu?

5 Tutkimuksen kulku

Tutkimuksen tarkoitus on selvittää veden kulutuksen ja kierrätyksen säästöpotentiaalia betonin tutkinnan laboratorioympäristössä. Betonilaboratoriotyöskentely on osoittanut, kuinka paljon vettä kuluu testausprosesseissa, ja tarkoitus oli selvittää, miten ja missä sitä olisi helpoin kierrättää.

Ensin tutkimuksessa selvitetään vedenkulutus laboratoriossa. Vedenkulutuksen määrät testeissä vaihtelevat hieman, mutta lähes kaikkien testien välillä litramäärät ovat hyvin vähäisiä. Poikkeuksena on ainoastaan jäädytys-sulatuskestävyyskoe, jossa vettä käytetään kerralla sadoista tuhansiin litroiin (kuva 3) ja testausyklejäkin voi olla satoja.

Käytettävän veden määrä riippuu testattavien koekappaleiden koosta ja testauksen syklien määrästä, mutta pienimmilläänkin tämä koe käyttää n. 14 % koko betonilaboratorion vuotuisesta veden kulutuksesta. Veden uudelleen käyttöä mietittäessä on tärkeää huomioida, miten veden laatu muuttuu testausprosessin aikana ja täyttääkö se enää standardin EN 1008 mukaisia vaatimuksia.

Koekappaleen korkeus (cm)	Vedenkulutus kuutioina.						
	50 sykliä	100 sykliä	150 sykliä	200 sykliä	250 sykliä	300 sykliä	
10	12,15	24,3	36,45	48,6	60,75	72,9	
15	16,2	32,4	48,6	64,8	81	97,2	
20	20,25	40,5	60,75	81	101,25	121,5	
25	24,3	48,6	72,9	97,2	121,5	145,8	
30	28,35	56,7	85,05	113,4	141,75	170,1	
35	32,4	64,8	97,2	129,6	162	194,4	
40	36,45	72,9	109,35	145,8	182,25	218,7	
45	40,5	81	121,5	162	202,5	243	
50	44,55	89,1	133,65	178,2	222,75	267,3	

Kuva 3. Vedenkulutus jäädytys-sulatuskokeessa.

5.1 Jäädytys-sulatuskestävyyskoe

Betonin jäädytys-sulatuskoe on testausmenetelmä, joka altistaa betonin jäädyttämiseksi ja sulattamiseksi, ja tarkoituksena on arvioida betonin kestävyyttä ja suorituskkyä erilaisissa lämpötilaolosuhteissa. Tämä koe auttaa ymmärtämään betonin käyttäytymistä vaihtelevissa ympäristön lämpötiloissa ja sen kykyä kestää ääriolosuhteita. (SFS 5447 2020.)



Kuva 4. Testausarkuissa suoritetaan jäädytys-sulatuskokeita.

Testausarkussa (kuva 4.) betoninäytteiden lämpötila lasketaan -20 asteeseen, jolloin betoni jäätyy. Jäädyttämisen jälkeen näytteet sulatetaan vedessä takaisin normaalilämpötilaan ($+20^{\circ}\text{C}$) ja vesipumppu poistaa veden testausarkusta. Tätä sykliä tehdään maksimissaan kolme kertaa vuorokaudessa ja sitä voidaan toistaa useita satoja kertoja testin aikana. Tämän jälkeen tutkitaan betonin ominaisuuksia, kuten sen tiheyttä, lujuutta, vesitiivyyttä ja muita mekaanisia ominaisuuksia, jotta voidaan arvioida, miten betoni reagoi jäädytykseen ja sulatukseen. (SFS 5447 2020.)

Betonin jäädytys-sulatuskokeita käytetään yleisesti arvioimaan betonirakenteiden kestävyttä ja luotettavuutta alueilla, joilla on äärimmäisiä sääolosuhteita. Se on erityisen tärkeää siltarakentamisessa ja pohjoisissa ilmastoissa, joissa lämpötilavaihtelut voivat olla suuria ja teitä suolataan säännöllisesti. Tämän

tyyppinen testaus auttaa suunnittelijoita ja insinöörejä varmistamaan, että betonirakenteet kestävät erilaisia olosuhteita ja esimerkiksi saasteita säilyttäen eheydensä ja lujuutensa yli sata vuotta. (by 65 Betoninormit 2021.)

5.2 Testissä käytettävä vesi

Betonin testauksessa käytetään normaalia puhtaan juomaveden kaltaista vettä. Testattaessa betonin ominaisuuksia, kuten lujuutta, tiheyttä tai muita fysikaalisia ominaisuuksia, veden laadulla voi olla vaikutus tuloksiin. Betonin valmistukseen käytettävän veden laatu voi vaikuttaa betonin sitoutumisaikaan ja lujuuden kehittymiseen sekä raudotteiden korroosiosuojaukseen. (SFS-EN 1008 2002.)

Arvioitaessa soveltuuko vesi, jonka laatua ei tunneta betonin valmistukseen tulisi ottaa huomioon sekä veden koostumus että betonin käyttötarkoitus. (SFS-EN 1008 2002.)

Veden puhtaus ja pH-taso voivat vaikuttaa betonin käyttäytymiseen ja sen ominaisuuksiin, kuten kovettumiseen ja kestävyYTEEN. Siksi on tärkeää käyttää puhdasta vettä betonin sekoituksessa ja kokeellisissa testeissä, jotta varmistetaan tulosten luotettavuus ja vähennetään muiden tekijöiden vaikutusta betonin ominaisuuksiin. (Betonin lujuus riippuu vesi-sementtisuhteesta 2024.)

Yleisesti ottaen tavanomaista juomavettä pidetään sopivana vedenlähteenä betonin testauksessa. Joskus betonin erityisissä testeissä, kuten tutkimuksissa, joissa tutkitaan betonin käyttäytymistä erilaisten kemikaalien tai ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta, käytetään myös muita vesityyppejä simuloimaan erilaisia ympäristöjä, joissa betonia voitaisiin käyttää. (Betonin lujuus riippuu vesi-sementtisuhteesta 2024.)

5.3 Vesianalyysit

Jotta saataisiin selville sulatus-jäädätyskokeen vaikutuksen veden laatuun, otettiin vesinäytteet kunnallisvedestä suoraan hanasta (liite 3) ja verrokiksi 21 vrk (liite 4) betonin kanssa kosketuksissa olevasta vedestä.

Näytteet tutkittiin Aqva Finlandin laboratoriossa, ja raportissa todetaan, että 21 vuorokautta betonin kanssa kosketuksissa olleen veden (liite 4) tutkitut ominaisuudet eivät täytä sosiaali- ja terveysministeriön asettamia laatusuosituksia ja -vaatimuksia seuraavilta osa-alueiltaan (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta 2017: § 20a)

Rauta

Testatun veden tulos oli 328,6 µg/l.

Rauta on tärkeä hivenravinne, mutta korkeina pitoisuuksina se voi olla haitallista. Hyvälaatuisessa talousvedessä rautaa on alle 100 µg/l, ja suositeltu enimmäispitoisuus talousvesillä on 200 µg/l ja yksityisillä kaivovesillä 400 µg/l. Kyky huomata raudan maku vaihtelee välillä 500–1000 µg/l, eikä rauta aiheuta terveysvaikutuksia vielä sellaisina pitoisuuksina, joina vettä vielä ulkonäöllisten tekijöiden perusteella juodaan. Kuitenkin eräät haitalliset bakteerit vaativat rautaa lisääntyäkseen, ja kun rautaa on paljon, näitä bakteereja on vaikea poistaa. Korkea rautapitoisuus alentaa veden käyttökelpoisuutta värjäten vettä ruskeaksi ja aiheuttaen pahaa makua, pyykin ja astioiden värjäytymistä sekä sakkaa. Rautapitoinen vesi edistää putkien syöpymistä. Maa- ja kallioperä vaikuttavat ominaisiin rautapitoisuuksiin. (Aqva, vesianalyysi, liite 4.)

Sameus

Testatun veden tulos oli 6,82 NTU

Veden sameus johtuu usein savesta, raudasta tai ilmasta, eikä sameudella siinänsä ole mitään terveydellisiä haittavaikutuksia. Tavallisin sameuden aiheuttaja on ilma, joka vedestä vapautuessaan samentaa veden. Ilmasta aiheutuva sameus häviää nopeasti, kun veden annetaan seistä vesilasissa. (Aqva, vesianalyysi, liite 4.)

Sähkönjohtavuus ja suolapitoisuus

Testatun veden tulos oli 3460 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja 1,8 %

Sähkönjohtavuus ja suolapitoisuus kuvaavat veteen liuenneiden suolojen määrää. Hyvässä kaivovedessä sähkönjohtavuus on 100–250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Sähkönjohtavuus määräytyy maaperän ominaisuuksien mukaan, mutta mm. maantiesuolauksen vaikutus voi myös tietyillä paikoin ilmetä veden korkeampana sähkönjohtavuutena. Korkea johtokyky viittaa runsaaseen suolamäärään, joka on haitallinen sekä terveydelle että korroosion muodossa vesilaitteille. Noin 1,5–2 % ylittävä suolapitoisuus saa veden maistumaan suolaiselta ja tekee siitä juomavedeksi sopimatonta. Näin suolapitoinen vesi on yleensä sopimatonta myös peseytymiseen ja kasteluun. Murtoveden normaali suolapitoisuus on 2–10 % ja meriveden yli 35 %. WHO:n ohjeissa juomaveden suolapitoisuudeksi suositellaan enintään 0,5 %. (Aqva, vesianalyysi, liite 4.)

PH-arvo

(Testatun veden tulos 11,9)

Ph-arvo kuvaa veden happamuutta eli vetyionien määrää: pH <7 tarkoittaa happanta, pH 7 neutraalia ja pH >7 emäksistä vettä.

Suomen pohjavedet ovat usein happamia ja pehmeitä, joten ne voivat syövyttää metalliputkia ja -kalusteita. Happamuus aiheutuu veden suuresta hiilidioksidipitoisuudesta. Pehmeys johtuu siitä, ettei vedessä ole kovuussuoloja kalsiumia ja magnesiumia.

Mikäli veden pH-arvo on yli 9,5, veteen ja putkistoon muodostuu helposti kalkkisaostumia. Alhainen pH voi aiheuttaa pienille lapsille, joilla mahahappojen määrä on vähäisempi ja nesteen kulutus painoon nähden suurempi, erilaisia haittoja, kuten esimerkiksi vatsavaivoja, oksentelua ja ripulia. Kun veden pH on yli 10,5, se voi aiheuttaa suun ja nielun limakalvojen kirvelyä. Tällainen vesi voi myös peseydyttäessä ärsyttää silmiä ja ihoa. Talousveden pH-arvon tulisi olla välillä 6,5–9,5. (Aqva, vesianalyysi, Liite 4.)

5.4 Käyttäjien haastattelut

Kahta laboratorion työntekijää haastateltiin betonin testaukseen ja veden kierrättämiseen liittyen, ja molemmat kokivat ne tärkeiksi asioiksi laadun ja ympäristön kannalta. Betonin testauksen koettiin varmistavan turvallisen ja kestävänn rakentamisen niin kiinteistöissä kuin infrankin puolella. Haastateltavilta löytyy työkokemusta betonin laadunvalvonnasta jopa viideltä eri vuosikymmeneltä, joten he ovat nähneet testausmenetelmien muuttumisen vuosien saatossa. Kyselyn perusteella muutokset ovat kuitenkin suurelta osin koskeneet vain testattavien koekappaleiden mitoituksia standardien päivittyessä. Vettä voitaisiin mielellään kierrättää, jos menetelmät olisivat helppoja ja standardit hyväksyisivät kierrätetyn veden laadun. Henkilökohtaisen veden kierrättämisen haastateltavat kokivat mahdolltomaksi kerrostalossa asuvina. Käyttäjien haastattelut ovat liitteissä 1 ja 2.

6 Ratkaisuehdotukset

Vesianalyysien perusteella on selvää, että testauksessa käytetty vesi ei sovellu kierrätettäväksi enää takaisin testaukseen tai vaatisi ainakin veden suodattamisen välissä.

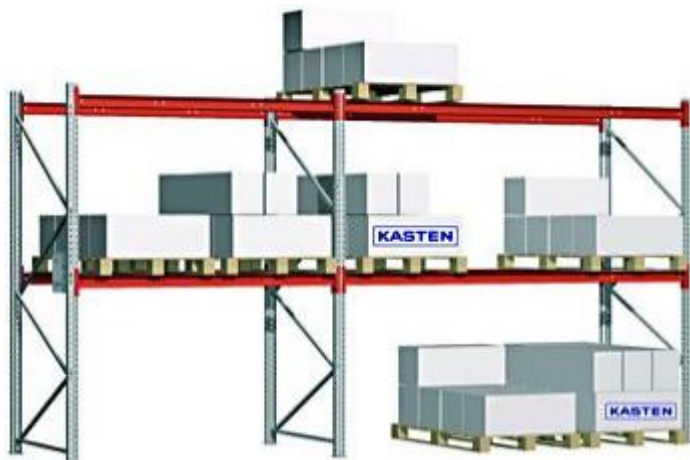
Laboratoriotiloissa sahataan, hiotaan, murskataan ja porataan betonia päivittäin useissa eri testeissä, ja jotta tilat pysyisivät siisteinä, joudutaan lattioita pesemään useita kertoja päivässä. Vaikka testissä käytetyn veden juomakelpoisuusehdot eivät enää täyty, vettä voisi hyödyntää esimerkiksi lattianpesukäytössä.

Kysymykseksi nousee sitten, mihin vesi varastoidaan testausarkuista ja miten se johdetaan lattianpesukäyttöön.

Testauslaboratoriossa tilat ovat rajalliset ja lattiatila lähes kokonaan jo käytössä, joten helpoin ratkaisu voisi olla nostaa testausarkkuja ylöspäin ja asentaa säiliö kierrätettävälle vedelle niiden alle.

Kuormalavahyllyt (kuva 5) voisivat olla tilankäytön hyödyntämisen kannalta paras apuväline. Ne sallivat tavaran varastoinnin useille tasoille, mikä tekee pystytilan tehokkaasta hyödyntämisestä mahdollista, ja ne ovat myös muunneltavissa tarpeen mukaan. Niiden rakenne mahdollistaa hyllyjen korkeuden ja leveyden säätämisen, mikä tekee niistä joustavia erilaisten tuotteiden ja varastotavaroiden säilyttämiseen. Hyvin suunnitellut ja asianmukaisesti asennetut kuormala-

vahyllyt ovat myös turvallisia ja vakaita. Käytettävyys ja pääsy arkuille testauksen aikana on tärkeää, joten kuormalavahyllyt mahdollistaisivat myös sen.



Kuva 5. Kasten-kuormalavahyllyt

Opinnäytetyötä tehtäessä oltiin Turun hylly- ja trukkitaloon (THTT), joka on varasto-, teollisuus-, arkistokalusteiden ja trukkien osaaja. (Turun hylly- ja trukkitalo Oy 2024)

THTT toimittaa kuormalavahyllyt erilaisiin varastointitarpeisiin. Valikoimasta löytyy valmiita hyllykokonaisuuksia sekä eri kokoisia elementtejä ja palkkeja, joiden avulla kuormalavahylly voidaan mitoittaa tilaan ja käytössä oleviin kuormiin sopivaksi. (Turun hylly- ja trukkitalo Oy 2024.)

Testausarkkujen (2 kpl) yhteenlaskettu leveys olisi 396 cm, ja vakiomittaisista vaakapalkkeista löytyy hyötypituutta vain 360 cm asti. THTT:ltä on mahdollista tilata myös mittatilaustyönä palkkeja, joten sekään ei koidu ongelmaksi.

Myyjän kanssa keskusteltiin asiasta ja päädyttiin siihen, että sopivin ratkaisu on tilata mittatilaustyönä 420 cm:n levyiset vaakapalkit ja 200 cm:n korkuiset pystypalkit.

Pakastus- ja sulatussykliä välillä testausarkku tyhjentää vedet poistopumpun avulla viemäriin.

Jotta vesi saadaan talteen, pitäisi hankkia kuormalavahyllyjen alle tilavuudeltaan tarpeeksi iso säiliö (kuva 6), johon voisi tyhjentää molemmat arkut syklien välissä ja josta olisi helppoa ottaa vettä lattian pesukäyttöön.



Kuva 6. 1400 l sadevesisäiliö.

Esimerkiksi Plastweldilta löytyy valikoimasta 1400 litran kompakti vesisäiliö. Se on matala malli, joten se on helppo asentaa ja mukauttaa ympäristöön. Materiaali on elintarvikekelpoista, pakkasen kestävä polyeteeniä, ja se estää ultraviolettisäteilyn ja levän muodostumisen. Valittavissa ilman hanaa sekä 3:ssa eri hanakoossa. (Plastweld 2024.)

Mitat noin: pituus 2400 mm, korkeus 700 mm, leveys 1200 mm, joten se mahtuisi mainiosti kuormalavahyllyjenkin alle. (Plastweld 2024.)

Jos keskimääräinen vedenkäyttö yhdessä testisyklissä on hieman alle 250 litraa (Kuva 3.) ja syklejä voi tulla kolmekin vuorokaudessa, vuorokaudessa kaksi arkua tuottaa jo 1500 litraa kierrätettävää vettä. Tehdashallissa on toki lattiakaivot ja viemärointi ylitulvimisen varalle, mutta säästön kannalta 1400 litran säiliöitä olisi hyvä olla 2 kappaletta. Tällöin veden ylitulviminen jäisi mahdollisimman vähälle.

Veden saa käyttöön asentamalla säiliöön uppopumpun. (kuva 7.)



Kuva 7. Gardena 4000 uppopumppu.

Tällaiseen käyttöön helpoin ja edullisin ratkaisu olisi niin sanottu tynnyripumppu. Sellaisia löytyy lähes kaikista kodintarvike- ja rautakaupoista.

Esimerkkituotteeksi valittiin Verkkokauppa.com:in myymän Gardena-merkin sadevesipumppu. (Gardena 4000/1-uppopainepumppu, sadevesiastiaan.)

Gardena 4000/1-sadevesipumppu on käytännöllinen, tehokas ja mukava käyttää. Malli on valmistettu korkealaatuisesta lasikuituvahvisteisesta muovista, ja sitä voidaan käyttää usealla tavalla. (Gardena 4000/1-uppopainepumppu, sadevesiastiaan.)

Pumpun integroitu ja helposti irrotettava suodatin suojaa pumppua ja liittimiä ja kun vesisäiliö on tyhjä, tehokas kohokytkin estää kuivakäynnin aiheuttamat vauriot. Käynnistys- ja sammutuskorkeuden voi säätää toiveiden mukaan. Yksi

pumpun tärkeistä ominaisuuksista on patentoitu ja optimoidun virtauksen varmistava teleskooppiputki, joka on valmistettu kevyestä ja kestävästä alumiinista. Säätöventtiilin avulla voi säätää virtausmäärää tai sulkea kokonaan veden virtauksen letkuun. (Gardena 4000/1-uppopainepumppu, sadevesiastiaan.)V

Pumpun tekniset tiedot ovat seuraavat:

- Nimellisteho 400 W
- Suurin tuotto 4000 l/h
- Suurin paine 1.3 bar
- Suurin upotussyvyys 7 m
- Suurin nostokorkeus 13 m
- Suurin nesteen lämpötila 35 °C
- Johdon pituus 10 m.

7 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli löytää helppo ja taloudellinen keino kierrättää betonilaboratoriossa kertaalleen käytettyä vettä. Taloudellisena ratkaisuna pidettiin veden keräystä astiaan, josta sitä voi uppopumpun avulla käyttää lattianpesuvenenä. Yllättävää oli, että vedenkulutus pakkas-sulatuskokeessa oli paljon oletettua suurempaa ja työn johdosta se saadaan jatkossa huomioitua myös testauksen hinnoittelussa.

Ennen tutkimusta oli oletuksena, että testauksessa käytetty vesi olisi sellaisenaan käytettävissä uudelleen prosessissa, mutta vesianalyysien tulokset todistivat oletuksen vääräksi. Oli mielenkiintoista nähdä, kuinka paljon betoni vaikuttaa veden rautapitoisuuksiin ja emäksisyyteen, vaikka pelkällä silmällä muutosta ei huomaakaan. Parhaana ratkaisuna veden kierrättämiseen laboratoriossa voidaan pitää veden keräämistä säiliöön ja siitä pumppaamista lattianpesuun. Lattioita pestään arviolta 4–6 kertaa päivässä, joten kierrätetty vesi ei jäisi makamaan säiliöön pitkäksi aikaa ja tätä kautta keräämään likaa ja bakteereita itseensä.

Ratkaisuehdotuksen kokonaisuuden takaisinmaksuaikaa on vaikea laskea tarkkaan, kun kierrätettävän vesipotentiaalin määrä ja koekappaleiden koot vaihtelevat, mutta varovaisellakin arviolla puhutaan maksimissaan 2–3 vuodesta.

Jos taloudellista säästöä haluaisi selvittää lisää, täytyy laskea sähkön käytön vaikutusta testeihin sekä huomioida veden ja sähkön määrä yrityksen hinnoittelussa pakkastestejä niitä tilaaville asiakkaille.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin suurimmaksi vedenkäyttäjäksi tiedettyyn pakkastestiin. Jos tutkimusta halutaan laajentaa, jatkossa voitaisiin tutkia esimerkiksi puristuskestävyyskokeiden jäähdytysveden kierrättämistä tai kenties jopa suljetun piirin rakentamista puristuskoneelle.

Lähteet

Betonin ominaisuudet ja valinta 2021. Verkkoaineisto. Suomen betoniyhdistys. <betoni-tieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-ominaisuudet-ja-valinta>. Luettu 3.3.2024.

Betonin osa-aineet. 2021. Verkkoaineisto. Suomen betoniyhdistys. <betoni-tieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-osa-aineet>. Luettu 3.3.2024.

Betoni pakkasessa. 2021. Verkkoaineisto. Suomen betoniyhdistys. <betoni-tieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betoni-pakkasessa>. Luettu 3.3.2024.

by 65 Betoninormit. 2021. Helsinki: BY-Koulutus.

Betonin historia. Verkkoaineisto. Betonin historia. <betoni.com/tietoa-betonista/betonin-historia>. Luettu 24.2.2024.

Betonin lujuus riippuu vesi-sementtisuhteesta. Verkkoaineisto. Tietoa betonista pienrakentajalle. <finnsementti.fi/sementti/tietoa-betonista/tietoa-betonista-pienrakentajalle-ja-rautakauppiaalle/betonin-lujuus-riippuu-vesi-sementtisuhteesta>. Luettu 3.3.2024.

Ekologinen kestävä kehitys. 2023. Verkkoaineisto. Kestävä kehitys. <keke.bc.fi/Kestava-kehitys/suomi/ekologinen/#vesi>. Luettu 11.12.2023.

Vesi voi maksaa maltaita. 2013. Verkkoaineisto. <<https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/vesi-voi-maksaa-maltaita-katso-oman-kuntasi-veden-hinta/1898094>>. Luettu 11.12.2023. Päivitetty 19.06.2013.

1400 litran vesisäiliö. Verkkoaineisto. Vesisäiliöt. <<https://www.plastweld.fi/tuote/1400-litran-vesisailio>>. Luettu 2.2.2024.

SFS-EN 12504-1:2019 + AC: 2020. Puristuslujuus. Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN ISO 178:2019. Taivutuslujuus. Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN 12390-8:2019. Veden imeytyminen. Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN 12390-1. Betonin tiheys. Suomen standardoimisliitto.

SFS 5447. Sulatus-jäädytyskoe. Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN 1008.2002. Betonin valmistukseen käytettävä vesi. Suomen standardoimisliitto.

STM 683.2017. Talousveden laatu. Sosiaali- ja terveysministeriö.

Suomen betoniyhdistys. 2021. Verkkoaineisto. Betonin osa-aineet <betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-osa-aineet>. Luettu 2.2.2024.

Turun hylly- ja trukkitalo Oy. 2024. Verkkoaineisto. Turun hylly- ja trukkitalo Oy <<https://thtt.fi/>>. Luettu 12.11.2024.

Gardena 4000/1 uppopainepumppu sadevesiastiaan. 2024. Verkkoaineisto. Pumput. <<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/616076/Gardena-4000-1-uppopainepumppu-sadevesiastiaan>>. Luettu 2.1.2024.

Virranniemi, Greta. 2021. Korona kasvatti vesilaskuja jopa neljänneksellä – "Tuntuisi pröystäilyltä laskea juomakelpoista vettä suoraan viemäriin", sanoo kulutuksesta tarkka perhe. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/a/3-11727050>>. Luettu 1.2.2024.

Tietoa Swecosta. Verkkoaineisto. Sweco Finland Oy. <<https://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>> Luettu 6.5.2024

Liitteet

Tero Kaukosen Haastattelu

15.12.2023 Vantaa

Haastateltava

henkilö:

V: Tero Kaukonen

- Kauanko olet työskennellyt betonilaboratoriossa ja mitkä ovat keskeisimmät työtehtäväsi?
V: 7 v, Teen kaikkea, joten ei ole mitään yhtä asiaa.
- Miksi mielestäsi betonia testataan?
V: Koska määräykset vaativat 😊
Ehkä siksi että rakentaminen olisi turvallista ja kestävää niin infrassa kuin taloissa.
- Onko testausmenetelmät kehittyneet urasi aikana? Jos on, niin miten?
V: Menetelmät ovat jonkin verran hioutuneet mutta sinänsä testit ovat samat edelleen.
- Onko veden kierrättäminen sinulle tärkeää? Jos on, niin miksi?
V: Sinänsä ei ole mutta en ymmärrä miksi vettä pitäisi turhaan tuhata jos sitä voidaan käyttää teollisuudessa tai testauksessa käyttää uudelleen.
- Miten itse voisit kierrättää vettä kotona, mökillä tai työpaikalla?
V: Enpä juurikaan voi.
- Saako vastauksesi ja nimesi julkaista Vedenkierrätyksen mahdollisuudet betonintestaustoiminnassa- opinnäytetyössä?
V: Saa jos on pakko

Liite 2: Taisto Huovisen haastattelu
15.12.2023 Vantaa


Haastateltava

henkilö:

Taisto Huovinen

- Kauanko olet työskennellyt betonilaboratoriossa ja mitkä ovat keskeisimmät työtehtäväsi?
V: 12.3.1984 alkaen eli 39,5 vuotta
- Miksi mielestäsi betonia testataan?
V: laadun ja turvallisuuden varmistamiseksi
- Onko testausmenetelmät kehittyneet urasi aikana? Jos on, niin miten?
V: Perusasiat ovat pysyneet samana. Lähinnä normikoekappaleiden mitoissa ja rakennekoekappaleiden testauksissa on tullut muutoksia standardien muuttuessa
- Onko veden kierrättäminen sinulle tärkeää? Jos on, niin miksi?
V: jos vettä voi kierrättää järkevästi, niin se säästää puhdasta vettä muuhun käyttöön
- Miten itse voisit kierrättää vettä kotona, mökillä tai työpaikalla?
V: kerrostalossa asuva ei voi kierrättää vettä järkevästi. Työpaikalla veden vaatimus on ”juomakelpoinen vesi”, määrätyissä testeissä vettä voitaisiin kierrättää useampaankin kertaan mutta laitteiston hankinta/veden hinta eivät ole olleet vielä tähän saakka kierrätysystävällisiä.
- Saako vastauksesi ja nimesi julkaista Vedenkierrätyksen mahdollisuudet betonintestaustoiminnassa- opinnäytetyössä?
V: Saa julkaista

Liite 3: Vesianalyysi 0 vrk

	Testausseoste			AQVA Finland Oy
	Testit suorittanut: pvm.	AQVAn laboratoriohenkilökunta 4.12.2023		Puusepänkatu 2 D 00880 Helsinki

Tunnistetiedot


Näyte otettu/saapunut/valmistunut:	24.11.2023	24.11.2023 klo 13:00	4.12.2023
Analyysipaketti:	LAB82		
Vesityyppi:	Kunnallisvesi hanasta		
Käyttäjät:	-		
Vesipisteet:	-		

Lähtetiedot

Nimi:	Simo Kouri / Sweco Finland Oy
Lähiosoite:	Porraskuja 1, 01740 Vantaa
Näytteenottoaikan postinumero:	01740
Puhelinnumero:	040 1858629
Sähköposti:	simo.kouri@sweco.fi

Määrittäminen	Mittausulos	Yksikkö	STM 683/2017	Menetelmä
Kokonaisalkalisyys		mg/l		Sisäinen menetelmä
Kokonaiskovuus		mg/l		Sisäinen menetelmä
Kloridi		mg/l	< 250 (s) ¹⁾	EPA 325.1 and APHA 4500-Cl ⁻ E
Ammonium		mg/l	< 0,5 (s)	ISO 7150-1
COD _{Mn} , O ₂	1,1	mg/l	< 5 (s)	SFS 3036
Fluoridi		mg/l	1,5 (v)	EPA 340.3 and APHA 4500-F ⁻ E
Rauta	< 20 (am.)	µg/l	< 200 (s)	Sisäinen menetelmä
Mangaani	11,0	µg/l	< 50 (s)	DIN 38406-2
Kalsium		mg/l		ISO 8466-1
Fosfaatti		mg/l		DIN EN ISO 6878
Alumiini		µg/l	< 200 (s)	Sisäinen menetelmä
Kupari		µg/l	2000 (v)	DIN 38406-16
Sulfaatti		mg/l	< 250 (s) ¹⁾	ASTM D516-07; SM 4500-SO4 2-E
Nitraatti		mg/l	50 (v) ³⁾	Sisäinen menetelmä
Nitriitti		mg/l	0,5 (v) ³⁾	DIN EN 26 777
Sulfidi		µg/l		ISO 10530
Koboltti		µg/l		DIN 38406-16
Nikkeli		µg/l	20 (v)	DIN 38406-16
Uraani		µg/l	30 (v)	DIN 38406-17
Arseeni		µg/l	10 (v)	Sisäinen menetelmä, voltometri
Kadmium		µg/l	5,0 (v)	DIN 38406-16
Sinkki		µg/l		DIN 38406-16
Lyijy		µg/l	10 (v)	DIN 38406-16
Sameus	0,19	NTU	1 (s)	Sisäinen menetelmä
Suolapitoisuus	0,0	‰		Sisäinen menetelmä
Sähköjohtavuus	157,2	µS/cm	< 2500 (s) ¹⁾	SFS-EN 27888
ORP		mV		Sisäinen menetelmä
TDS	105,0	mg/l		Sisäinen menetelmä
pH	8,2		6,5-9,5 (s)	SFS 3021
Väriluku, aistinvarainen	2,5	mg Pt/l		ASTM D1209
Enterokokit		mpn/100 ml	0 (v)	SFS-EN ISO 7899
<i>Escherichia coli</i>		mpn/100 ml	0 (v)	SFS-EN ISO 9308-2
Koliformiset bakteerit		mpn/100 ml	0 (v)	SFS-EN ISO 9308-2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		mpn/100 ml		SFS-EN ISO 16266

Liite 4: Vesianalyysi 21 vrk

	Testauseloste		AQVA Finland Oy
	Testit suorittanut: pvm.	AQVAn laboratoriohenkilökunta 4.12.2023	Puusepänkatu 2 D 00880 Helsinki

Tunnistetiedot			
Näyte otettu/saapunut/valmistunut:	24.11.2023	24.11.2023 klo 13:00	4.12.2023
Analyysipaketti:	LAB82		
Vesityyppi:	21 vrk betoninäytteiden kanssa kosketuksissa		
Käyttäjät:	-		
Vesipisteet:	-		

Lähetäjän tiedot	
Nimi:	Simo Kouri / Sweco Finland Oy
Lähiosoite:	Porraskuja 1, 01740 Vantaa
Näytteenottoaikan postinumero:	01740
Puhelinnumero:	040 1858629
Sähköposti:	simo.kouri@sweco.fi

Määrittys	Mittaustulos	Yksikkö	STM 683/2017	Menetelmä
Kokonaisalkalisuus		mg/l		Sisäinen menetelmä
Kokonaiskovuus		mg/l		Sisäinen menetelmä
Kloridi		mg/l	< 250 (s) ¹⁾	EPA 325.1 and APHA 4500-Cl ⁻ E
Ammonium		mg/l	< 0,5 (s)	ISO 7150-1
COD _{Mn} O ₂	4,1	mg/l	< 5 (s)	SFS 3036
Fluoridi		mg/l	1,5 (v)	EPA 340.3 and APHA 4500-F ⁻ E
Rauta	328,6	µg/l	< 200 (s)	Sisäinen menetelmä
Mangaani	33,0	µg/l	< 50 (s)	DIN 38406-2
Kalsium		mg/l		ISO 8466-1
Fosfaatti		mg/l		DIN EN ISO 6878
Alumiini		µg/l	< 200 (s)	Sisäinen menetelmä
Kupari		µg/l	2000 (v)	DIN 38406-16
Sulfaatti		mg/l	< 250 (s) ¹⁾	ASTM D516-07; SM 4500-SO4 2-E
Nitraatti		mg/l	50 (v) ³⁾	Sisäinen menetelmä
Nitriitti		mg/l	0,5 (v) ³⁾	DIN EN 26 777
Sulfidi		µg/l		ISO 10530
Koboltti		µg/l		DIN 38406-16
Nikkeli		µg/l	20 (v)	DIN 38406-16
Uraani		µg/l	30 (v)	DIN 38406-17
Arseeni		µg/l	10 (v)	Sisäinen menetelmä, voltometri
Kadmium		µg/l	5,0 (v)	DIN 38406-16
Sinkki		µg/l		DIN 38406-16
Lyijy		µg/l	10 (v)	DIN 38406-16
Sameus	6,82	NTU	1 (s)	Sisäinen menetelmä
Suolapitoisuus	1,8	‰		Sisäinen menetelmä
Sähköjohtavuus	3460,0	µS/cm	< 2500 (s) ¹⁾	SFS-EN 27888
ORP		mV		Sisäinen menetelmä
TDS	2320,0	mg/l		Sisäinen menetelmä
pH	11,9		6,5-9,5 (s)	SFS 3021
Väriluku, aistinvarainen	7,5	mg Pt/l		ASTM D1209
Enterokokit		mpn/100 ml	0 (v)	SFS-EN ISO 7899
<i>Escherichia coli</i>		mpn/100 ml	0 (v)	SFS-EN ISO 9308-2
Koliformiset bakteerit		mpn/100 ml	0 (v)	SFS-EN ISO 9308-2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		mpn/100 ml		SFS-EN ISO 16266

LAUSUNTO

Veden tutkitut ominaisuudet täyttivät sosiaali- ja terveysministeriön laatusuosituksen ja -vaatimukset (asetus 683/2017).

Huomioitavaa: Jos näytteenoton ja näytteen laboratorioon saapumisen välinen viiveaika on pidempi kuin yksi vuorokausi, tällöin tuloksiin liittyy normaalia suurempi mittausepävarmuus.

Tulkinta ja selvitykset:

Alkalisuus: Alkaliteetilla tarkoitetaan veden kykyä vastustaa pH:n muutosta ja se vaikuttaa vesijohtojen kuntoon ja muihin vedenlaatuomuuksiin. Vesi voi aiheuttaa putkien syöpymistä silloin, kun alkaliteetti on alle 6 mg/l ja pH-arvo on matala. Jos alkaliteetti on puolestaan hyvin korkea ja vesi on laadultaan kovaa, niin kaikki saostuu helposti. Maaperän ominaisuudet vaikuttavat alkaliteettiin. Rengaskaivoissa alkaliteetti on keskimäärin alhaisempi kuin porakaivoissa. Veden alkaliteetin ollessa alle 1 mg/l on se jo voimakkaasti happamoitunut, kun taas yli 20 mg/l alkaliteetti kertoo veden hapontomiskyvyn olevan erinomainen.

Veden kovuus: Veden kovuus kuvaa veden sisältämien kalsium- ja magnesiumsuolojen määrää. Vesi on sitä kovempaa, mitä enemmän näitä suoloja siinä on. Käyttöveden kovuuden voi huomata esimerkiksi veden jättäminä kalkkitahroina, tukkeumina putkissa suolan saostuessa, ns. kattilakivenä lämmönvaihtimissa ym. vesilaitteissa, taikka huonona pyykinpesutuloksena kovan veden sitoessa pesuainetta.

Kovuus	mg/l
Erittäin pehmeää	0 - 55
Pehmeää	55 - 110
Keskipökövää	110 - 160
Kovahkoa	160 - 215
Kovaa	215 - 320
Erittäin kovaa	320+

Kloridi: Talousveden suositeltu kloridin enimmäispitoisuus on 250 mg/l, mutta putkirakenteiden syöpyämisen estämiseksi pitoisuuden tuli si olla alle 25 mg/l. Kloridilla ei ole tunnettuja haitallisia terveysvaikutuksia, mutta se voi aiheuttaa veteen havaittavaa makuvirhettä jo 100–200 mg/l pitoisuuksissa. Luontaisesti kaivon kloridipitoisuuksia lisää sijainti joko vanhan merenpohjan päällä tai nykyisen merialueen läheisyydessä. Veden kloridipitoisuutta voi kohottaa myös esimerkiksi tiesuolan päätyminen pohjavesiin tai jätevesien vaikutus.

Ammonium: Voi aiheuttaa korkeina pitoisuuksina veteen pistävää hajua ja makua, lisäksi se voi aiheuttaa myös putkiston syöpymistä, erit yisesti kupariputkissa ja edistää mikro-organismien kasvua vesijohtoverkossa. Usein ammoniumin esiintyminen vedessä viittaa eläinperäiseen tai liikavesistä johtuvaan saastumiseen. Talous- ja juomaveden enimmäispitoisuus ammoniumille on 0,5 mg/l ja hyvälaatuisessa vedessä ammoniumia on alle 0,05 mg/l.

COD: Orgaanisen aineksen määrä voidaan ilmoittaa kemiallisena hapenkulutuksena COD. Suuri orgaanisen aineksen määrä voi johtua maaperän korkeasta humuspitoisuudesta tai pintavesien kulkeutumisesta kaivoon. Näihin kiintoainepartikkeleihin voi olla kiinnittyneenä raskasmetalleja, kemikaaleja ja bakteereita. Korkea humuspitoisuus voi aiheuttaa veteen maanomaisen maun ja pyykin värjäytymistä. Jos hapettavuusluku on korkea, sen huomaa veden värillisyytenä tai maanomaisena makuna. Kaivettujen kaivojen osalta luku kuvaa usein kaivon kuntoa, koska korkea luku osoittaa usein pintaveden pääsyn kaivoon. Asetuksen 683/2017 mukainen laatusuositus on alle 5 mg/l.

Fluoridi: Fluoridipitoisuudet aiheutuvat maa- ja kallioperän ominaisuuksista ollen korkeita etenkin rapakivialueilla. Fluoridin enimmäispitoisuudeksi talousvesissä on asetettu 1,5 mg/l, mutta hyvässä vedessä pitoisuus on alle 1 mg/l. Liika fluoridi haurastuttaa luustoa ja aiheuttaa ruskeita laikkuja hampaisiin.

Rauta: Rauta on tärkeä hiivenravinne, mutta korkeina pitoisuuksina se voi olla haitallista. Hyvälaatuisessa talousvedessä rautaa on a lle 100 µg/l, suositeltu enimmäispitoisuus talousvesillä on 200 µg/l ja yksityisillä kaivovesillä 400 µg/l. Raudan makukynnyks on ihmisillä vaihtelee 500–1000 µg/l, eikä rauta aiheuta terveysvaikutuksia vielä sellaisina pitoisuuksina, joita vettä vielä ulkonaillisten tekijöiden perusteella juodaan. Kuitenkin eräät haitalliset bakteerit vaativat rautaa lisääntyäkseen ja raudan läsnäollessa näitä bakteereja on vaikea poistaa. Korkea rautapitoisuus alentaa veden käyttökelpoisuutta värjäten vettä ruskeaksi, aiheuttaen pahaa makua, pyykin ja astioiden värjäytymistä sekä sakkaa. Rautapitoinen vesi edistää putkien syöpymistä. Maa- ja kallioperä vaikuttavat ominaisin rautapitoisuuksiin. Paikallisesti rautapitoisuus voi olla korkea hiekkä- ja sora-alueilla sijaitseissa kaivoissa.

Mangaani: Talousveden suositeltu enimmäismangaanipitoisuus on 50 µg/l ja yksityisillä kaivovesillä 100 µg/l. Mangaanipitoisuus määrytyy usein maa- ja kallioperän ominaisuuksien perusteella, mutta myös vähäpäässä pohjavesissä ilmenee kohonneita pitoisuuksia. Mangaani voi aiheuttaa putkistoissa bakteerikasvustoa, joka irrotessaan aiheuttaa mustia saostumia veteen. Mahdollisten saostumien lisäksi mangaani aiheuttaa veteen pahan maun ja voi värjätä pyykkiä ja astioita. Vedessä joskus havaittu öljymäinen kalvo on tavallisesti peräisin raudasta tai mangaanista. Porakaivojen mangaanipitoisuudet ovat korkeampia kuin muilla kaivotyypeillä. Mangaania esiintyy yleisimmin pohjavesissä, mutta sitä voi olla myös pintavesissäkin. Tutkimusten mukaan mangaani voi aiheuttaa neurologisia haittavaikutuksia suurina pitoisuuksina. Kansainvälisissä tutkimuksissa juomaveden liiallisten mangaanipitoisuuksien on todettu olevan yhteydessä lasten oppimis- ja käyttäytymishäiriöihin, hienomotoriseen kömpelyyteen ja alentuneeseen älykkyyssomäärään. Jo raskauden aikainen altistuminen vaikuttaa haitallisesti kehittyvään lapseen.

Fosfaatti: Fosfaatti on kasveille välttämätön aine ja sitä lisätään pelloille lannoitteena. Fosfaatteja esiintyykin pinta- ja pohjavesissä maaperästä liuenneina erityisesti, jos maaperää on lannoitettu runsaasti. Yhdyskuntien ja teollisuuden jätevedet tuovat myös fosfaatteja purkuvesiin. Fosfaattien yksi vesistöjen rehevöitymisen päätekijöistä, levät pystyvät käyttämään osan fosfaateista suoraan ravinnokseen ja fosfaatti kuluvat vesistöissä nopeasti. Fosforia voi tulla veteen myös raudan korroosion seurauksena. Fosfaatille ei ole asetettu raja-arvoja talousvesiasetuksessa. Fosfaattien vaikutus vesijohtoveden laatuun on välillinen: se voi lisätä pieneliöiden jälkikasvua verkostossa, kun muita ravinteita on riittävästi vedessä.

Alumiini: Alumiinin enimmäispuitosuus talousvedessä on 0,2 mg/l, mutta hyvälaatuisessa vedessä sitä on alle 0,1 mg/l. Alumiinipitoisuudet ovat pääosin pieniä, mutta happamilla alunasavimilla pitoisuudet voivat kohota useisiin milligrammoin. Alumiini muodostaa fluorin kanssa yhdisteen, joten näiden aineiden esiintyminen samanaikaisesti on todennäköistä. Maaperän geologista johtuen pohjavesien korkeimmat alumiinipitoisuudet esiintyvät Etelä- ja Lounais-Suomen happamilla alunasavimilla. Jo vuosisatoja alumiini aiheuttavan hermoston rappeutumissairauksia, dementiaa ja Alzheimerin tautia. Henkilöillä, joiden talousveden alumiinipitoisuus oli yli 0,1 mg/l, todettiin olevan noin kaksinkertainen riski sairastua dementiaan ja yli kaksinkertainen riski sairastua Alzheimerin tautiin verrattuna henkilöihin, joiden juomaveden alumiinipitoisuus oli alle 0,1 mg/l.

Kupari: Suurina pitoisuuksina kuparisuolat voivat aiheuttaa mahasuolilehduksen ja talousveden korkea kuparipitoisuus ja alhainen selenipitoisuus yhdessä voivat olla myös osasyynä kohonneeseen sydän- ja verisuonisairastuvuuteen. Kuparipitoisuus muuttaa veden makua, väriä veden kanssa kosketuksiin joutuvia saniteettikalusteita vihreiksi ja voi aiheuttaa vihreää väriä myös vaaleisiin hiuksiin. Talousveden kupari on yleensä peräisin kuparisista vesijohtorakenteista. Suurina pitoisuuksina kupari on terveydelle haitallista ja kuparin raja-arvoksi on asetettu talousvedessä 2,0 mg/l. Alhainen pH lisää kuparin liukoisuutta.

Sulfaatti: Rannikkoseutuja lukuunottamatta Suomen vesien sulfaattipitoisuus on alhainen. Se on kuitenkin nousemassa happamien sateiden takia. Kohonneet sulfaattipitoisuudet selittyvät usein maa- ja kallioperän ominaisuuksilla. Kaivoissa, jotka sijaitsevat vanhan merenpohjan alueilla, havaitaan usein korkeita sulfaattipitoisuuksia. Pintavesikäsittelyssä käytetty alumiinisulfaatti lisää veden sulfaattipitoisuutta 20-50 mg/l. Suuret sulfaattipitoisuudet vedessä lisäävät sen korroosiovaikutuksia ja korkeilla sulfaattipitoisuuksilla voi olla laksatiivisia vaikutuksia. Sulfaatin suositeltu enimmäispitoisuus on 250 mg/l. Käytännössä sulfaattipitoisuuden tulee olla alle 150 mg/l, jos putkiston syöpyminen halutaan estää. Hyvässä kaivovedessä sulfaattia on alle 20 mg/l.

Nitraatti: Sallittu enimmäispitoisuus talousvedessä on 50 mg/l, mutta hyvässä vedessä sitä on alle 5 mg/l. Kohonneet pitoisuudet voivat johtua lannoitteista, eläinten ulosteista, jätteistä tai jätevesistä. Nitraatista muodostuu ruoansulatuselimistössä nitriittiä, joka voi häiritä veren punazolujen happiaineenvaihduntaa ja voi aiheuttaa imeväisikäisille lapsille hengitysvaikeuksia. Myöskään odottavien äitien ei tulisi käyttää runsaasti nitraattia sisältäviä juomavettä. Nitraattipitoisuudet ovat rengaskaivoissa keskimäärin porakaivoja suurempia.

Nitriitti: Nitriitti ilmentää mikrobiologista toimintaa kaivovedessä. Nitriitin (NO₂) sallittu enimmäispitoisuus on 0,5 mg/l, mutta hyvässä vedessä sitä on alle 0,01 mg/l. Lisääntynyt nitriitti vedessä voi aiheuttaa imeväisikäisille hengitysvaikeuksia. Nitriitin on lisäksi epäilty muodostavan ruoansulatuselimistössä n-nitrososyhdisteitä, joiden uskotaan aiheuttavan mahalaukun- ja virtsarakon syöpää.

Koboltti: Koboltti on osa B12-vitamiinia. Elimistö tarvitsee B12-vitamiinia keskimäärin 1 µg vuorokaudessa. Tämä vastaa noin 0,04 µg kobolttia. Koboltti on korroosion kestävää, vahvaa ja magneettista. Se ei liukene veteen. Kobolttia esiintyy usein nikkelin yhteydessä. Koboltti on lievästi myrkyllistä. Koboltti pitoisuudet juomavedessä ovat yleensä 0,1-5 µg/l. Sitä kuitenkin löytyy harvoin juomavedestä.

Nikkeli: Nikkeliä on raakavesissä yleensä niukasti. Sitä voi kuitenkin olla pohja- ja porakaivoisissa enimmäisarvoa (20 µg/l) suurempina pitoisuuksina alueilla, joilla maaperässä on nikkelpitoisia mineraaleja. Nikkeliä saattaa joutua vesiin myös teollisuusjätevesien mukana tai sitä voi liueta nikkeliä sisältävistä kiinteistöjen vesikalusteista, mm. ruostumattoman teräksen valmistuksessa käytetään nikkeliä. Nikkeli on välttämätön hivenaine ja sen imeytyminen ruoansulatuskanavasta on vähäistä. Nikkeli ei ole suun kautta saatuna kovin haitallista. Nikkeli on erittäin yleinen ihoallergioiden aiheuttaja, mutta talousvedessä esiintyvänä pitoisuuksina se ei aiheuta nikkelle herkistyneillekään allergiaa ihokosketuksessa. Nikkelin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 20 µg/l.

Uraani: Uraanipitoisuudet ovat suurempia porakaivoissa kuin rengaskaivoissa, sillä uraanipitoisuus aiheutuu granittisesta kallioperästä. Uraani juomavedessä on terveysriski. Sen haittavaikutukset ovat terveydellisiä, jotka liittyvät sen kemialliseen myrkyllisyyteen ja vaikutus kohdistuu lähinnä munuaisiin. THL:n asettama sallittu enimmäispitoisuus uraanille on 30 µg/l. Kansainvälinen terveysjärjestö (WHO) on antanut vuonna 2003 ohjeellisen raja-arvon ylimmäksi sallituksi juomaveden uraanipitoisuudeksi 15 µg/l.

Arseni: Arsenia liukenee kaivoveteen kallioperästä, minkä vuoksi pitoisuudet ovat suurempia porakaivoissa kuin rengaskaivoissa. Sallittu arsenin enimmäispitoisuus talousvedessä on 10 µg/l, mutta hyvälaatuisessa vedessä sitä on alle 1 µg/l. Arseni on syöpää aiheuttava aine ja terveydelle vaarallista.

Sameus: Veden sameus johtuu usein savesta, raudasta tai ilmasta, eikä sameudella sinänsä ole mitään terveydellisiä haittavaikutuksia. Käyttäjien saamassa vedessä tavallisiin sameuden aiheuttajaa on ilma, joka vedestä vapautuessaan samentaa veden. Ilmasta aiheutuva sameus häviää nopeasti, kun veden annetaan seistä vesilasissa.

Kadmium: Talousvesissä esiintyvä kadmium voi olla peräisin esimerkiksi yhdyskunta- ja teollisuusjätevesistä, ilman kautta tulevista laskeumasta tai lannoitteista. Kadmium on elimistöön, etenkin munuaisiin, haimaan ja luustoon kertyvä myrky. Lisäksi kadmiumia epäillään karsinogeenisuudesta, teratogeenisuudesta ja verenpaineen kohottamisesta. Kadmiumin laatuvaatimuksen yläraja-arvo on 5 µg/l.

Sinkki: Talousvedessä sinkin makukynnys on noin 3 mg/l ja se aiheuttaa opaalista sameutta. Sinkki ei ole varsinaisesti myrkyllinen, mutta se voi aiheuttaa suurina pitoisuuksina (yli 30 mg/l) pahoinvointia. Sinkille ei ole pitoisuusvaatimuksia tai -suosituksia talousvesiasetuksessa.

Lyijy: Lyijyn on elimistöön kertyvä myrkyllinen aine, joka aiheuttaa haittavaikutuksia mm. hermostoon ja luustoon. Myrkytysoireet aiheuttavat ruokahaluttomuutta, anemiaa, vatsakipuja ja asteittaista halvausta. Lyijyn laatuvaatimus talousvedessä on maksimissaan 10 µg/l.

Sähkönjohtavuus ja suolapitoisuus: Kuvaavat veteen liuenneiden suolojen määrää. Hyvässä kaivovedessä sähkönjohtavuus on 100–250 µS/cm. Sähkönjohtavuus määräytyy maaperän ominaisuuksien mukaan, mutta mm. maantiesuolauksen vaikutus voi myös tietyillä paikoin ilmetä veden korkeampana sähkönjohtavuutena. Suolapitoisuutta voi lisätä myös meri- tai jätevesien pääsy kaivoon. Korkea johtokyky viittaa runsaaseen suolamäärään, joka on haitallista sekä terveydelle että korroosion muodossa vesilaitteille. Noin 1,5–2 ylittävä suolapitoisuus saa veden maistumaan suolaiselta ja tekee siitä juomavedeksi sopimatonta. Näin suolapitoinen vesi on yleensä sopimatonta myös peseytymiseen ja kasteluun. Murtoveden normaali suolapitoisuus on 2–10 ja meriveden yli 35. WHO:n ohjeissa juomaveden suolapitoisuudeksi suositellaan enintään 0,5.

Happipitoisuus: Happipitoisuudella tarkoitetaan kaasumaisen hapen liuenntua määrää litrassa vettä. Pohjavesi on laadultaan parasta maakerroksen sissa ja kallioperässä, joissa veteen on liennut happea. Maaperän orgaaninen aines ja maahan joutuneet liika-aineet kuluttavat happea hajotessaan. Humus on merkittävä hapen kuluttaja. Mitä enemmän vedessä on humusta, sitä vähemmän on happea. Veden tunkkainen maku voi johtua siitä, ettei siinä ole happea.

ORP: ORP-arvo mittaa nesteen kykyä ottaa vastaan tai luovuttaa elektroneja. Jos vesiliuoksen ORP-arvo on alhaisempi kuin lisätyn aineen, lisättyllä aineella on taipumus pelkistyä. Jos taas vesiliuoksen ORP-arvo on korkeampi, lisättyllä aineella on taipumus pelkistyä, jolloin vesiliuos hapettuu.

TDS: Veden puhtautta mitataan TDS-luvulla, joka kertoo vedessä liuenneina olevien ionien kuten kalsiumin, kloorin, magnesiumin ym. määrän. Toisin sanoen TDS-luku mittaa veden kovuutta. Mitä pienempi luku on, sitä pehmeämpää ja paremmin juotavaksi soveltuvaa vesi on.

pH: Kuvaa veden happamuutta eli veteytionien määrää: pH <7 tarkoittaa hapanta, pH 7 neutraalia ja pH >7 emäksistä vettä. Suomen pohjavedet ovat usein happamia ja pehmeitä, joten ne voivat syövyttää metalliputkia ja -kalusteita. Happamuus aiheutuu veden suuresta hiilidioksidipitoisuudesta. Pehmeys johtuu siitä, ettei vedessä ole kovuusuloja kalsiumia ja magnesiumia. Maaperän ominaisuudet sekä kaivon tyyppi vaikuttavat pH-arvoon. Rengaskaivoissa vesi on happamampaa (pH alle 7), kun taas porakaivoissa vesi voi olla hieman emäksisen puolella (pH yli 7). Matala, jo hieman alle 7 pH, voi aiheuttaa putkiston korroosiota. Mikäli veden pH-arvo on yli 9,5, veteen ja putkistoon muodostuu helposti kalkkisaostumia. Alhainen pH voi aiheuttaa pienille lapsille, joilla mahahappojen määrä on vähäisempi ja nesteen kulutus painoon nähden suurempi, erilaisia haittoja, kuten esimerkiksi vatsavaivoja, oksentelua ja ripulia. Kun veden pH on yli 10,5, se voi aiheuttaa suun ja nielun limakalvojen kirvelyä. Tällainen vesi voi myös peseydyttäessä ärsyttää silmiä ja ihoa. Talousveden pH-arvon tulisi olla välillä 6,5–9,5.

Haju ja väri: Talousveden hajussa ja värissä ei saa ilmetä epätavallisia muutoksia ja sen tulee olla käyttäjien hyväksyttävissä. Puhdas vesi on hajutonta ja kirkasta. Veden väriä voidaan käyttää indikaattorina kuvaamaan veden yleistä laatua ja se selittää myös muita veden ominaisuuksia. Suositeltu talousveden väri on alle 5 (mg Pt/l), se on samalla hyvälaatuisen veden raja-arvo. Maaperästä riippuen pohjaveteen voi liueta rautaa ja mangaania tai kulkeutua humuspitoista pintavettä, jotka värjäävät vettä. Jos vesijohdot ovat rautaa, myös värin liukeneminen niistä on mahdollista. Veden värin esteettisen haitan lisäksi värillinen vesi värjää pyykkiä ja astioita. Väriä veteen aiheuttavat mm. humus, rauta sekä mangaani. Kuparipitoinen vesi, johon lisätään pesuainetta, voi värjäytyä voimakkaasti. Hajua veteen aiheuttavat mm. rikkivety, mangaani tai orgaaniset yhdisteet.

Escherichia coli -bakteerit: Koliformisiin bakteereihin kuuluva E. coli -bakteeri ilmentää tuoretta ulosteestausta ja on peräisin yksinomaan ihmisten tai eläinten ulosteesta. E. coli -bakteerilla on indikaattoreista suurin yhteys mahdollisiin terveysriskeihin ja sitä pidetään hygieeniaindikaattoreista parhaana. Ulosteperäisiä bakteereja voi kulkeutua kaivoveteen kiinteistöjen jätevesipäästöjen lisäksi esimerkiksi karjataloudesta. Ulosteperäisillä bakteereilla liikaantuneen veden nauttiminen voi aiheuttaa muun muassa ripulia ja muita infektioita. E. coli -bakteereita ei saa löytyä lainkaan talousvedestä. Jos talousvedessä esiintyy E. coli -bakteereita, on kaivo puhdistettava ja desinfioitava, jonka jälkeen on suositeltavaa tutkia vesi uudelleen bakteerien osalta.

Koliformiset bakteerit: Ilmentävät yleistä likaantumista. Koliformiset bakteerit ovat jätevesien lisäksi peräisin esimerkiksi maaperästä ja kasveista. Koliformiset bakteerit eivät aiheuta välitöntä terveydellistä vaaraa veden käyttäjälle. Ne voivat joskus aiheuttaa vatsavaivoja tai maku- ja hajuhaittoja. Koliformisten bakteerien esiintyminen kaivovedessä viittaa usein puutteista kaivon rakenteesta ja siitä aiheutuvasta pintavesien ja epäpuhtauksien pääsystä kaivoon. Rengaskaivoissa koliformisten bakteerien esiintyminen on yleisempää kuin porakaivoissa. Hyvässä talousvedessä on koliformisia bakteereita alle 10 pmy (pesäkettä muodostavaa yksikköä/100 ml), suositellun enimmäismäärän ollessa 100 pmy/100ml.

Koliformiset bakteerit ja *Escherichia coli* (E. coli) ovat ns. indikaattoribakteereja ja kuvaavat veden mikrobiologista laatua.

Enterokokkit: Suolistoperäiset enterokokkit ovat E. coli -bakteerin tapaan ulosteperäisen saastumisen ilmentäjä, ne aiheuttavat riskiä sairastua vesivälitteiseen suolistoinfektion. Enterokokkeja esiintyy usein ihmisten ja tasalämpöisten eläinten ulosteissa, mutta ne voivat olla peräisin myös ympäristöstä. Koska enterokokkit säilyvät ympäristössä hyvin, ne voivat ilmaista jo kauan ennen näytteenottohetkeä tapahtunutta saastumista.

Testauseloste päättyy.