

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

AUTOPEsulAN PESUVESIEN BIO- LOGISEN PUHDISTUSPROSESSIN TOIMIVUUDEN TARKASTELU JA OPTIMOINTI

TEKIJÄ/T Elisa Korhonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Elisa Korhonen			
Työn nimi Autopesulan pesuvesien biologisen puhdistusprosessin toimivuuden tarkastelu ja optimointi			
Päiväys	30.5.2023	Sivumäärä/Liitteet	32
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Alalla toimiva yritys			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää autopesulan pesuvesien biologisen puhdistusprosessin toimivuutta vesinäytteiden avulla. Vesinäytteiden tuloksia sekä autopesulan toimintaa vertailtiin muihin autopesuloihin tai mahdollisiin asetuttuihin vaatimuksiin. Biologisesta puhdistusprosessista pohdittiin parantamismahdollisuuksia ympäristöystävällisyyden, puhdistustoimivuuden ja vedenkulutuksen optimoimiseksi.</p> <p>Autopesulan biologiseen puhdistusjärjestelmään tulevasta ja lähtevästä vedestä otettiin näytteitä 12 kuukauden ajan. Näytteistä analysoitiin laboratoriossa antureilla redox, happi, sähkönjohtokyky, pH ja lämpötila. LCK-testeillä analysoitiin vesinäytteistä COD eli kemiallinen hapenkulutus, ammoniumtyppi, nitraattityppi ja kokonaisfosfori. Lisäksi tutkittiin kiintoaine, TOC eli orgaanisen hiilen kokonaismäärä sekä kokonaistyyppi.</p> <p>Työssä saatujen eri määritysten tulosten perusteella reduktioprosentit olivat keskiarvoltaan luokkaa 15–72 %, mutta puhdistustaso pysyi ja vedenkulutus laski. Joten tulosten perusteella voidaan todeta, että biologinen puhdistus toimii ja on kannattavaa, sillä tavoitellut ympäristö ja taloudelliset säästöt tapahtuivat. Reduktioprosenttia voi yrittää kasvattaa lisäämällä ravinteita mikrobeille tai pesutuotteita vaihtamalla. Mahdollinen jatko-tutkimus olisi seurata niiden muutoksien tekemisen vaikutusta mikrobien toimintaan. Muita jatkotutkimuksia opinnäytetyön tarkastelun kohteena olevalle autopesulalle voisi olla kesäesipesuaineen BOD/COD-suhteen määrittäminen ja sen vertailu talviesipesuaineen BOD/COD-suhteeseen.</p>			
Avainsanat autopesula, biologinen puhdistus, jätevesi			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology	
Author(s) Elisa Korhonen	
Title of Thesis Examination and Optimization of the Biological Cleaning Process of Car Wash Water	
Date 30 May 2023	Pages/Appendices 32
Client Organisation /Partners A company operating in the field	
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to examine the functionality of the biological cleaning process of a car wash by taking water samples. The results of the taken water samples and the performance of the car wash were compared to other car washes or to possible requirements. The aim was also to look at possible optimisation changes to the biological cleaning process when considering environmental friendliness, cleaning efficiency and water consumption.</p> <p>The water entering and leaving the biological cleaning system of the car wash was sampled over a 12-month period. The samples were analysed in the laboratory using sensors for redox, oxygen, electrical conductivity, pH, and temperature. COD (chemical oxygen demand), ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, total phosphorus were analysed using LCK tests. In addition, solids, TOC (total organic carbon) and total nitrogen were analysed.</p> <p>Based on the results of the different analyses obtained in this work, the reduction percentages averaged between 15 and 72%, but the level of purification was maintained, and water consumption decreased. Thus, the results show that the biological treatment works and is cost-effective, as the desired environmental and economic savings were achieved. The reduction percentage increase could possibly be achieved by adding more nutrients for the microbes to use or by changing the detergents. A possible further study would be to monitor the effect of these changes on microbial activity. Other further research for the car wash could be to determine the BOD/COD ratio of the summer prewash detergent and compare it to the winter prewash detergent.</p>	
<p>Keywords car wash, biological cleaning, wastewater</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	AUTOPESULOIDEN TOIMINNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	7
2.1	Jätevedet ja jätteet	7
2.2	Päästöt ilmaan ja maaperään sekä melu	8
2.3	Autopesuloissa käytettävät kemikaalit	8
2.4	Autopesuloiden jätevesipäästöjä koskevat ohjeet Ruotsissa	10
2.5	Autopesuloiden Pohjoismaisen Ympäristömerkinnän, eli Joutsenmerkin vaatimukset	11
3	AUTOPESULAN PESUVESIEN PUHDISTUSPROSESSI	14
3.1	Biologinen puhdistusprosessi	14
3.2	Mekaaninen esikäsittely ja jatkokäsittely	15
4	OPINNÄYTETYÖSSÄ TARKASTELTAVAN AUTOPESULAN BIOLOGISEN PUHDISTAMISEN TOIMINNAN SEURANTA	16
4.1	Näytteenotto	16
4.2	Vesinäytteistä tehdyt analyysit	17
4.3	Jäteveden viipymä biologisessa puhdistusprosessissa	19
4.4	Autopesulassa käytettävät kemikaalit	19
5	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	23
6	BIOLOGISEN PUHDISTUSPROSESSIN TEHOSTAMINEN	28
7	POHDINTA	30
	LÄHTEET	32

KUVALUETTELO

KUVA 1.	Autopesulan pesuvesien biologisen käsittelyn yleinen toimintakaavio	14
KUVA 2.	Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan täytekappaleita (Korhonen 2023, CC BY-SA)	16
KUVA 3.	Tarkasteltavan autopesulan vesinäytteet (Korhonen 2023, CC BY-SA)	17
KUVA 4.	Tarkasteltavan autopesulan lähtevän veden säiliö (Korhonen 2023, CC BY-SA)	17
KUVA 5.	Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan jäteveden biologiselle puhdistamolalle tulevan ja puhdistamolalta lähtevän veden lämpötila ja kemiallinen hapenkulutus tarkkailuajanjaksolla	23
KUVA 6.	Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan jäteveden biologiselle puhdistamolalle tulevan ja puhdistamolalta lähtevän veden orgaanisen hiilen kokonaismäärä tarkkailuajanjaksolla	24
KUVA 7.	Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan jäteveden biologiselle puhdistamolalle tulevan ja puhdistamolalta lähtevän veden kiintoaine tarkkailuajanjaksolla	24

KUVA 8. Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan jäteveden biologiselle puhdistamolle tulevan ja puhdistamolta lähtevän veden kokonaisfosfori tarkkailuajanjaksolla	25
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

TAULUKKOLUETTELO

TAULUKKO 1. Esimerkki kemikaalien käytöstä autopesuloissa (muokattu lähteestä Naturvårdsverket 2005, 8.)	9
TAULUKKO 2. Autopesulan jätevesipäästöjen ohjeavrot Ruotsissa (muokattu lähteestä Käppalaförbundet 2015, 5.)	10
TAULUKKO 3. Joutsenmerkin päästövaatimukset (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2022, 10).	12
TAULUKKO 4. Joutsenmerkin keskimääräinen maksimi vedenkulutus (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2022, 11.)	12
TAULUKKO 5. Vaaralausekkeiden H410, H411 ja H412 suuruudet g/litra käyttöliuosta eri tuotetyypeillä (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2023, 16.)	13
TAULUKKO 6. Yhteenveto vesinäytteiden analysointiin käytetyistä menetelmistä	18
TAULUKKO 7. Jäteveden arvioitu viipymä autopesulan biologisen vedenpuhdistamon eri vaiheissa vuorokausina eri pesumäärillä päivässä, vedenkulutuksena on käytetty 100 l/pesu	19
TAULUKKO 8. Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan käyttämien pesukemikaalien ainesosia, joihin liittyy huomioitavia vaaraluokituksia	20
TAULUKKO 9. Opinnäytetyön tarkastelun kohteena olevan autopesulan biologiselle puhdistamolla tulevan ja puhdistamolta lähtevän veden laatumäärityksien keskiarvot ja vaihteluvälit sekä reduktioprosentit	25
TAULUKKO 10. Opinnäytetyön tarkastelun kohteena olevan autopesulan biologiselle puhdistamolla tulevan ja puhdistamolta lähtevän veden laatumäärityksien keskiarvot ja vaihteluvälit	26
TAULUKKO 11. Puhdistetun veden laatumäärityksien arvojen keskiarvo ja vaihteluväli (Linnaeus ECO-TECH 2012, 8.)	26
TAULUKKO 12. Tarkasteltavan autopesulan lähtevän veden suodatuskokeen tulokset	28

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tarkastellaan uuden autopesulan pesuvesien biologisen puhdistusprosessin toimivuutta prosessista otettujen vesinäytteiden avulla. Analyysien tuloksia ja autopesulan toimintaa vertaillaan muihin autopesuloihin sekä pohditaan optimointimahdollisuuksia pesulalle. Opinnäytetyön tarkastelun kohteena oleva autopesula on automaattinen pesula, joka tarjoaa yhdeksän eri pesutoimintoa.

Tavoitteena on saada selvä käsitys pesulan biologisen vedenpuhdistusjärjestelmän toimivuudesta. Tulosten perusteella voidaan arvioida puhdistusprosessin toimintaa ja sen tehostamista sekä vedenkulutusta ja ympäristöystävällisyyttä.

Opinnäytetyössä seurattiin biologisen vedenpuhdistuksen toimivuutta laboratoriossa. Autopesulan puhdistusvedelle tehdyt määritykset olivat redox, happi, sähkönjohtokyky, pH, lämpötila, kiintoaine, COD eli kemiallinen hapenkulutus, ammoniumtyppi, nitraattityppi, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori ja TOC eli orgaanisen hiilen kokonaismäärä. Autopesulan biologisen puhdistusprosessin toimintaa seurattiin toukokuusta 2022 toukokuuhun 2023.

Opinnäytetyössä käytettyjä aineistoja olivat laitetoimittajien antamat aineistot, käyttöturvallisuustiedotteet käytetyistä tuotteista pesulassa sekä erilaiset sähköiset lähteet. Lisäksi laboratorion analyysissa aineistoina olivat erilaiset standardit ja ohjeet.

2 AUTOPESULOIDEN TOIMINNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Autonpesussa suurimmat vaikutukset ympäristöön ovat jätevedeen pääsevät epäpuhtaudet, esimerkiksi kemikaalit, polttoaineet ja metallit. Ympäristönsuojelulaissa (27.6.2014/527) vaatimuksia ympäristöluvalla ei ole asetettu autopesuiloille. Tosin, jos kiinteistöä ei ole liitetty viemäriverkostoon eikä toimintaan tarvita ympäristölupaa, jätevedet on johdettava ja käsiteltävä siten, ettei niistä aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa. (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527, 155§).

Kaksi kolmasosaa Ruotsin autopesuista suoritetaan kadulla, jolloin ympäristöön pääsee suuria määriä öljyjä ja raskasmetalleja. Vähentääkseen maan autopesuilojen kielteisiä ympäristövaikutuksia Ruotsin ympäristövirasto on laatinut yleiset päästövaatimukset, joita sovelletaan pesuloista lähtevään veteen. Ruotsin ympäristönsuojeluviraston päästövaatimukseen kuuluu lyijy, kromi, nikkeli, kadmium, sinkki ja öljyindeksi. Vaatimuksia saatetaan täydentää joissakin kunnissa kunnallisten jätevedenpuhdistamoiden lisävaatimuksilla, joilla on vesihuoltolain nojalla oikeus asettaa vaatimuksia kunnalliseen viemäriin johdettaville päästöille. Näiden vaatimuksien lisäksi yksittäiset autopesulat voivat hankkia ympäristömerkin. Ruotsissa vuonna 2018 oli 96 Joutsenmerkittyä autopesulaa. (Suokko 2018, 2). Suomessa toukokuussa 2023 oli neljä Joutsenmerkittyä autopesulaa. (Joutsenmerkki julkaisuaika tuntematon.)

2.1 Jätevedet ja jätteet

Autonpesu päästää jätevedeen metalleja, öljytuotteita sekä muita orgaanisia ja epäorgaanisia aineita. Epäpuhtaudet ovat peräisin pesukemikaaleista sekä tien, ajoneuvojen ja renkaiden likaisuudesta. Vaikuttavia hiukkasia syntyy renkaista, metalleista, asfaltista, öljyistä, suolasta, hiekasta ja polttoaineesta. (Naturvårdsverket 2005, 8-9.)

Tien epäpuhtauksiin vaikuttaa suuresti suolan ja nastojen käyttö, eli epäpuhtaus on kausikohtaista. Vaikeiden maasto-olosuhteiden takia päästöt yleensä ovat suurimmat talvikuukausina. Metalleista pesun aikana esimerkiksi kadmium voi irrota ajoneuvon maalipigmenteistä ja sinkki renkaiden hiukkasista. Mahdollisesti myös pesun aikana vapautuvat ruosteenestoaineiden jäämät voivat saastuttaa pesuvettä. Sinkkiä esiintyy eniten pesuvesissä ja kadmium on myrkyllisin, mutta kaikki metallit ovat myrkyllisiä eliöille ja voivat aiheuttaa ongelmia puhdistamoissa ja ympäristössä. (Naturvårdsverket 2005, 8-10.)

Jäteveden päästöihin vaikuttaa pesukemikaalien valinta ja niiden pitoisuudet sekä käsittelylaitteet. (Naturvårdsverket 2005, 9.)

Öljypäästöt johtuvat tuotteiden, esimerkiksi rasvanpoistoaineiden käytöstä ja vain pieni osa on peräisin ajoneuvosta. Päästöä vähentää lisäkäsittelyn käyttöönotto sekä ympäristöystävällisemmät rasvanpoistoaineet, joissa on esimerkiksi vähemmän öljyhiilivetyjä. Öljypitoinen jätevesi voi aiheuttaa häiriöitä yhdyskuntajätevesien käsittelyssä. (Naturvårdsverket 2005, 9-10.)

Autopesulan jäteveden COD ja BOD pitoisuuksiin vaikuttavat suurelta osin käytetyt pesuaineet ja niiden laimentaminen pesuliuksissa sekä käytetty käsittelytekniikka. Emäksisillä rasvanpoistoaineilla

on yleensä pienempi ympäristövaikutus kuin liuotinpohjaisilla rasvanpoistoaineilla. Valitusta rasvanpoistoaineesta riippumatta autopesulan jäteveden BOD ja COD ovat yleensä vähintään kaksi kertaa korkeammat kuin talusjäteveden arvot. (Naturvårdsverket 2005, 11-12.)

Mahdollisia autopesuloiden jätteitä ovat lietteet, öljyt ja vedenkäsittelyssä käytetyt suodatinmateriaalit tai imeytysaineet. Lisäksi jätteitä voi olla erilaiset pakkausjätteet, esimerkiksi tölkit ja tynnyrit. Lietejätteitä syntyy esimerkiksi sakokaivoista, öljynerottimista ja pesuhuoneen lietekanavasta. Öljyjätteitä ovat öljynerottimien öljyt ja myös sen öljyinen vesi. (Naturvårdsverket 2005, 13.)

Jätteen määrä riippuu käsittelyjärjestelmästä, pesukemikaalien kulutuksesta sekä pestävien ajoneuvojen tyypistä ja likaisuudesta. Biologinen käsittely ja hapetuslaitokset tuottavat vähemmän lietejätettä kuin kemiallinen käsittely ja raskaiden ajoneuvojen pesussa syntyy enemmän lietettä kuin henkilöautojen pesussa. Lietteiden kuljetus ja jatkokäsittely vaihtelee kunnittain ja alueittain. (Naturvårdsverket 2005, 13.)

2.2 Päästöt ilmaan ja maaperään sekä melu

Autopesuloissa haihtuu pesukemikaalien ja veden seosta ilmaan. Tällä on kuitenkin vähäinen vaikutus, sillä ympäristöystävällisemmillä tuotteilla haihtuvuus on pienempi. (Naturvårdsverket 2005, 14.)

Maaperän pilaantuminen autopesulan alueella on mahdollista, esimerkiksi lietteen- ja öljynerottimien vuodon takia sekä kemikaalien ja jätteiden varastoinnin vuodot. Pilaantunut maaperä voi vaikuttaa pohjaveteen tai muuhun vesistöön. (Naturvårdsverket 2005, 14.)

Melua voi aiheuttaa pesukoneet, puhdistamot ja liikenne autopesulaan. Häiriöiden määrä liittyy toiminnan sijaintiin. (Naturvårdsverket 2005, 14.)

2.3 Autopesuloissa käytettävät kemikaalit

Autopesussa tarvittavien pesuaineiden ympäristöystävällisyyttä on parannettu ja kehitetty paljon. Ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja ovat esimerkiksi emäksiset tai kasvipohjaiset rasvanpoistoaineet öljypohjaisten tuotteiden sijasta. Tämä on johtanut hiilivetyjen ja muiden ympäristölle vaarallisten aineiden päästöjen vähenemiseen. Jotkut tuotteiden ainesosat voivat olla esimerkiksi myrkyllisiä vesiliöille tai vaikeasti hajoavia, kuten tietyt öljytisleet, naftaleenit sekä pinta-aktiiviset aineet, joita on esimerkiksi shampoissa ja vahoissa. Lisäksi tuotteiden ainesosista fosforihappo, kaliumhydroksidi ja natriumhydroksidi voivat vaikuttaa myrkyllisesti ympäristöön hyvin korkean tai matalan pH-arvojen takia. Laimennusten takia vaikutukset kunnallisiin jätevedenpuhdistamoihin arvioidaan vähäisiksi tavanomaisessa käytössä. (Naturvårdsverket 2005, 12-13.)

Pesuaineiden valinta ja annostus mukautetaan esimerkiksi likaisuuden ja vuodenajan mukaan ja on tärkeää, että voimakkaampia tuotteita ei käytetä enemmän kuin on tarpeen. (Naturvårdsverket 2005, 27-28.)

Pesukemikaalit voivat vaikuttaa biologisten puhdistamoiden toimintaan. Esimerkiksi biologiset puhdistamot voivat toimia huonommin, kun käytetään mikroemulsioita. Emäksiset pesuaineet saattavat toimia paremmin tällaisissa tapauksissa. (Naturvårdsverket 2005, 27-28.)

Kylmät rasvanpoistoaineet sisältävät pääasiassa öljyhiilivetyjä ja 2–4 % pinta-aktiivisia aineita. Öljypohjaiset rasvanpoistoaineet voivat koostua tavallisista parafiineista ja aromaattisista vapaista tai matala-aromaattisesta teollisuusbensiinistä. Myös kasvipärisiin tuotteisiin perustuvia rasvanpoistoaineita käytetään, ne sisältävät esimerkiksi rypsi- ja kookosrasvahappestereitä. (Naturvårdsverket 2005, 7.)

Mikroemulsiot ovat rasvanpoistoaineita, joissa öljyhiilivetyjen osuus on pienempi kuin tavanomaisissa kylmissä rasvanpoistoaineissa, noin 5–30 %. Mikroemulsioissa öljyhiilivedyt emulgoidaan veteen käyttäen 5–20 % pinta-aktiivisia aineita. Emäksiset rasvanpoistoaineet koostuvat alkalien (5–20 %), kuten natriummetasiliikan, kalium- tai natriumhydroksidin pinta-aktiivisten aineiden (5–10 %) ja kompleksimuodostajien (esim. NTA) jne. vesiliuoksesta. Tuotteiden pH arvo käyttöliuoksessa voi olla noin 12. (Naturvårdsverket 2005, 7.)

Shampoot sisältävät pääasiassa vettä ja pinta-aktiivisia aineita. Vaahtoshampoo on mieto emäksinen shampoo ja sitä käytetään pääasiassa kesällä yhdessä ilman kanssa vaahton muodostamiseksi pesun yhteydessä. Harjashampoota käytetään harjapesuissa ja ne voivat sisältää myös liuottimia, esimerkiksi alkoholeja ja kompleksinmuodostajia. Vahashampoot ovat toinen tyyppi, joissa vahat ovat emulgoitu. (Naturvårdsverket 2005, 7.)

Vahojä käytetään suojaamaan auton maaleja. Ne sisältävät hiilivetyjä ja automaattisissa autopesulaitteissa on usein yhdistelmätuotteita, joissa on sekä vahaa että huuhteluanetta. (Naturvårdsverket 2005, 7.)

Automaattisissa autopesuloissa käytetään myös vedenpoistoaineita tai pehmentimiä helpottamaan auton kuivumista, sitä kutsutaan myös kuivausaineeksi. Tuotteet sisältävät kationisia pinta-aktiivisia aineita, jotka saavat aikaan autojen pinnalle vettä hylkivän pintakalvon. (Naturvårdsverket 2005, 7.)

Auton vanteiden puhdistukseen on saatavilla myös erikoistuotteita. Ne voivat koostua emäksisten suolojen, kompleksinmuodostajien, alkoholien ja pinta-aktiivisten aineiden vesiliuoksista. (Naturvårdsverket 2005, 7.)

Pesuaineiden käyttö mukautetaan yleensä vuodenajan mukaan. Vaikeissa talven likaolosuhteissa käytetään yleensä enemmän rasvanpoistoaineita. Kesällä rasvanpoiston tarve on vähäisempi, jolloin tuotteita laimennetaan enemmän vedellä ja sen sijaan käytetään usein vain emäksisiä pesuaineita tai shampoota (Taulukko 1). (Naturvårdsverket 2005, 7.)

TAULUKKO 1. Esimerkki kemikaalien käytöstä autopesuloissa (muokattu lähteestä Naturvårdsverket 2005, 8.)

Tuote	Kesä	Talvi
Emäksinen rasvanpoistoaine	1,5–1,8 litraa/pesu, pois päältä 4-prosenttinen liuos käytettäväksi	1,5–2,5 litraa/pesu 10 litraa 20-prosenttinen käyttöliuos
Mikroemulsio	-	1,5–2 litraa/pesu 10-20%

Kylmä rasvanpoisto, öljypohjainen	-	0,3–1 l/pesu
Vaahtoshampoo	1–3 cl/pesu	1–3 cl/pesu
Harjashampoo	3–5 cl/pesu	5–8 cl/pesu
Vaha	2–4 cl/pesu	2–4 cl/pesu
Viemäriaineet/pehmenysaineet/huuhteluaineet	2–4 cl/pesu	2–4 cl/pesu

Toimittajien eri pesuaineiden ja/tai kemikaalien välillä voi olla erilaisia määriä ja laimennussuhteita. Tuotteiden käyttö vaihtelee myös valitun pesuohjelman ja käytetyn rasvanpoistoaineen mukaan. (Naturvårdsverket 2005, 7–8.)

2.4 Autopesuloiden jätevesipäästöjä koskevat ohjeet Ruotsissa

Käppala-yhdistys on laatinut autopesuloiden jätevesipäästöjä koskevat ohjeet yhteistyössä Stockholm Vatten AB:n kanssa. Ohjeet sisältävät esimerkiksi ohjearvot päästöille pestyä ajoneuvoa kohti ja yleiset ympäristönsuojelutoimenpiteet. (Käppalaförbundet 2015, 2.)

Autohuoltolaitoksissa, esimerkiksi autopesuloissa on oltava erottelujärjestelmät eli lietteen- ja öljynerottimet tai vaihtoehtoisesti tilojen on oltava viemärimättömiä. Autotalleista ensisijaisesti pitäisi puuttua lattiaviemäri, jotta sulamisvedet eivät pääse viemäriin. Jos sellainen on, niin se pitää varustaa lietteen- ja öljynerottimella. (Käppalaförbundet 2015, 7.)

Öljy- ja lietesäiliöt on tyhjennettävä vähintään kaksi kertaa vuodessa tai vaihtoehtoisesti silloin, kun lietesäiliön varastokapasiteetti on täynnä lietettä 50 % ja öljysäiliö täynnä 80 %. Tyhjennyksen jälkeen on varmistettava erottimen toimivuus täyttämällä se vedellä. Tyhjennystiheys voidaan arvioida tapauskohtaisesti. (Käppalaförbundet 2015, 7.)

Lietteen- ja öljynerottimessa on oltava hälytyslaitteet, jotka on tarkistettava kuukausittain. Asiantuntevan henkilöstön on tarkastettava lietteen- ja öljynerotusjärjestelmä vähintään viiden vuoden välein standardin SS EN 858-2 mukaisesti. (Käppalaförbundet 2015, 7.)

Autolaitoksiin sovelletaan jätevesipäästöjen ohjearvoja, jotka on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Autopesulan jätevesipäästöjen ohjearvot Ruotsissa (muokattu lähteestä Käppalaförbundet 2015, 5.)

Päästö	Henkilöauto	Kuorma-auto, linja-auto tai muu maantieajoneuvo
Lyijy, kromi, nikkeli	5 mg/ajoneuvo	15 mg/ajoneuvo
Kadmium	0,10 mg/ajoneuvo	0,30 mg/ajoneuvo
Sinkki	50 mg/ajoneuvo	150 mg/ajoneuvo

Kupari	30 mg/ajoneuvo	90 mg/ajoneuvo
Öljyindeksi	2,5 g/ajoneuvo	7,5 g/ajoneuvo

Autopesuloissa käytettävien tuotteiden on täytettävä ympäristömerkin vaatimukset, esimerkiksi joutsenmerkin tai EU-kukan. Kemiallisten tuotteiden käyttöturvallisuustiedotteiden on oltava saatavilla pesulassa. Käytettävistä kemikaaleista on laadittava vuosittainen kemikaaliluettelo ja mahdollisuuksien mukaan ympäristölle vaaralliset kemikaalit on korvattava vähemmän vaarallisilla. (Käppalaförbundet 2015, 6, 8.)

Ajoneuvojen pesula on varustettava erillisellä vesimittarilla, jonka avulla voidaan laskea ajoneuvo-kohtainen vedenkulutus. Lähtevän veden automaattista näytteenottoa varten on oltava sopiva näytteenottoaika. (Käppalaförbundet 2015, 5.)

Lisäksi ajoneuvojen pesulaitoksen toiminnanharjoittajan on oltava tietoinen laitoksen ympäristövaikutuksista. Hallinnointi täytyy olla tiedossa, eli hallintamenettelyt ja vastuunjako ja lisäksi se dokumentoidaan. (Käppalaförbundet 2015, 6.)

2.5 Autopesuloiden Pohjoismaisen Ympäristömerkinnän, eli Joutsenmerkin vaatimukset

Autopesuloiden ympäristövaikutukset johtuvat puhdistamattoman pesuveden päästöistä sekä käytetyistä vesi- ja kemikaalimääristä. Vesistöihin, prosesseihin ja lietteen laatuun vaikuttavat kielteisesti metallit ja orgaaniset aineet. Suuri vedenkulutus on pesuloissa, joissa pesuvettä ei kierrätetä. (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2022, 4.)

Metallin, öljyn ja orgaanisten aineiden päästöt vaihtelevat paljon pesuloittain. Suuri osa epäpuhtauksista on peräisin autojen pestävästä liasta. Metallin ja orgaanisten aineiden päästöjä voidaan rajoittaa sovittamalla puhdistustekniikka pesumenetelmään ja valitsemalla pesussa käytettävät kemikaalit oikein. Tämä edellyttää yrityksen hyviä toiminta- ja huoltorutiineja. (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2022, 4.)

Automatisoidut ja käsinpesu pesuloiden päästöt viemärijärjestelmään eivät saa ylittää taulukossa 3 ilmoitettuja arvoja. Näytteenottojakso tulee olla 1.11.–30.4. (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2022, 10.)

TAULUKKO 3. Joutsenmerkin päästövaatimukset (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2022, 10).

	Henkilöautojen päästövaatimukset	Kuorma- ja linja-autojen päästövaatimukset	Junien ja muun raidekuljetuskaluston päästövaatimukset
Σ Pb, Ni, Cr	5 mg/auto	15 mg/ajoneuvo	5 mg/12 m junaa
Cd	0,05 mg/auto	0,15 mg/ajoneuvo	0,1 mg/12 m junaa
Zn	50 mg/auto	150 mg/ajoneuvo	50 mg/12 m junaa
Cu	10 mg/auto	30 mg/ajoneuvo	30 mg/12 m junaa
Öljy	1,5 g/auto	4,5 g/ajoneuvo	2,5 g/12 m junaa
Sb	-	-	2 mg/12 m junaa

Yhden kuljetusvälineen pesuun käytettävä puhtaan veden määrä ei saa ylittää taulukossa 4 esitettyjä arvoja, vuosikeskiarvo laskettuna. Joutsenmerkinnässä pisteitä annetaan vedenkulutuksesta, joka alittaa taulukon 4 esitetyt arvot. (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2022, 11.)

TAULUKKO 4. Joutsenmerkin keskimääräinen maksimi vedenkulutus (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2022, 11.)

	Henkilöautot (litraa/pesu)		Kuorma-autot, linja-autot (litraa/pesu)		Juna ja muu kuljetuskalusto (litraa/12 m juna)
	Automaattinen	Käsinpesu	Automaattinen	Käsinpesu	Automaattinen
Suomi	90	70	270	210	130

Joutsenmerkitty ajoneuvojen puhdistusaine täyttää esimerkiksi ympäristömyrkyllisyyttä ja hajoavuutta koskevat vaatimukset tai lisääntymiselle vaarallisiksi luokiteltuja aineita koskevan kiellon. Puhdistusaineet ovat tehokkaita ja pesevät toivotulla tavalla sekä täyttävät tiukat nopeasti haihtuvia orgaanisia yhdisteitä koskevat vaatimukset. Niiden pakkausten suunnittelu ja materiaalivalinnat edistävät kiertotaloutta ja pakkauksessa on selkeät tiedot siitä, miten tuotetta tulee käyttää. (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2023, 4.)

Ajoneuvojen puhdistuksessa käytettäville tuotteille, esimerkiksi rasvanpoistoaineille ja sampoilte voidaan myöntää Joutsenmerkki. Joutsenmerkki voidaan myös myöntää kiillottavan vaikutuksen tuotteille, esimerkiksi vahoille. Ajoneuvojen automaattipesussa käytettäville huuhteluaineille voidaan myöntää Joutsenmerkki vain, jos ne sisältyvät samaan järjestelmään muiden Joutsenmerkittyjen automaattipesun puhdistus- tai kiillotusaineiden kanssa. Kaikilla järjestelmän tai sarjan tuotteilla tulee olla Joutsenmerkki. (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2023, 4-5.)

Joutsenmerkin saamiseksi autopesulan tuotteet ei saa luokitua esimerkiksi vaaralliseksi vesiympäristölle, vaaralausekkeella H400 tai syöpövaaralliseksi, vaaralausekkeella H350. (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2023, 8). Myös tuotteeseen sisältyville aineille on kiellettyjä vaaraluokkia, esimerkiksi syöpövaarallisuuden ja sukusolujen perimävaurioiden vaaralausekkeet. (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2023, 10.)

Kiellettyjä ainesosia on esimerkiksi väriaineet (poikkeuksena ammattikäytön tuotteet ja tuulilasipesuneste voivat sisältää väriaineita), lineaarinen alkyylibentseenisulfonaatti ja bentsaalikoniumkloridi

ja mikromuovit. Hajusteita ei saa olla kuluttajatuotteissa eikä esipesuun tarkoitetuissa ammattikäytön tuotteissa. Muissa tuotteissa fosfaatteja, fosfonaatteja, fosfonihappoa ja fosforihappoa ei saa olla sellaisia määriä, että fosforin (P) kokonaismäärä ylittää 2,5 g/l käyttöliuosta. Tuote saa sisältää rajallisen määrän haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC), jotka voivat vaikuttaa valokemiallisen savusumun syntymiseen. (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2023, 11-15.)

Pitkäaikaisia ympäristövaikutuksia rajoitetaan vaaralausekkeiden H410, H411 ja H412 mukaisesti eri pitoisuuksilla, eri tuotteissa taulukon 5 mukaan. (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2023, 16.)

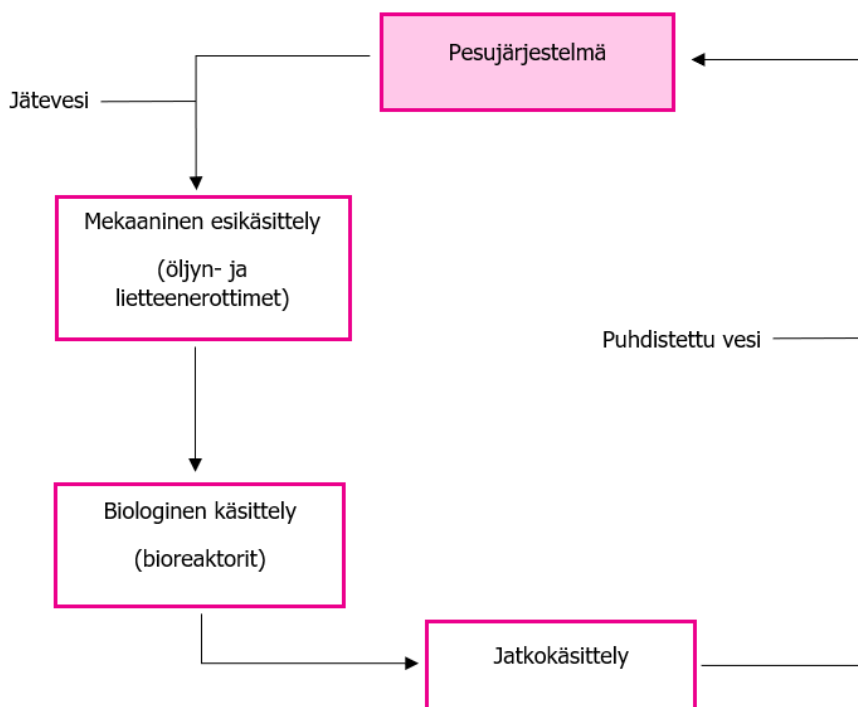
TAULUKKO 5. Vaaralausekkeiden H410, H411 ja H412 suuruudet g/litra käyttöliuosta eri tuotetyypeillä (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2023, 16.)

Tuotetyyppi	GVH410/H411/H412
Alkalinen rasvanpoistoaine	1,5
Rasvan kylmäpoistoaine	1,5
Mikroemulsio (rasvanpoisto)	1,5
Sampoo	1,0
Kuivausaine	1,0
Vaha	1,5
Vanteen- /renkaanpuhdistusaine	1,5
Hyönteisten poistoaine	1,5
Muut tuotteet	0,5

Autopesulan tuotteista Joutsenmerkkiä varten lisäksi tutkitaan esimerkiksi CDV, eli kriittinen laimennustilavuus, pakkaus ja kuluttaja tiedot, tehokkuus sekä yrityksen vastuu ja dokumentointi. (Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2023, 18-26.)

3 AUTOPESULAN PESUVESIEN PUHDISTUSPROSESSI

Autopesulan pesutoiminnossa pesuvesi likaantuu esimerkiksi pesuaineiden kemikaalien, ötököiden sekä öljyjen ja rasvojen takia. Pestyjen autojen kappalemäärä on yleensä alhaisimmillaan tammi- ja helmikuussa ja eniten autoja pestään huhti- ja marraskuussa. Talvikuukausina eli marraskuusta huhtikuuhun, pesuvesissä epäpuhtaudet ovat myös suurimmillaan. Tyypillinen autopesulan jätevesien biologinen puhdistusjärjestelmä on kuvattu kuvassa 1.



KUVA 1. Autopesulan pesuvesien biologisen käsittelyn yleinen toimintakaavio

Yleensä jätevesi kulkee ensin mekaanisen esikäsittelyn kautta, joka voi olla esimerkiksi hiekanerottimia ja öljynerottimia. Sen jälkeen on biologinen puhdistus bioreaktoreiden avulla ja lopuksi on mahdollista olla jäteveden jatkokäsittely. Puhdistettua vettä voi sen jälkeen käyttää uudelleen auton pesussa.

3.1 Biologinen puhdistusprosessi

Esikäsittelyn jälkeen jätevesi virtaa biologiseen käsittelyvaiheeseen, jossa mikrobit hajottavat vedessä olevaa orgaanista ainetta biologisissa reaktoreissa. Mikrobit kasvavat kantajamateriaalin pinnalla, näin saadaan reaktoriin mikrobikasvustolle suuri pinta-ala. Järjestelmään lisätään ilmaa mikrobitien ihanteellisten olosuhteiden takia, luoden järjestelmään aerobiset olosuhteet. Järjestelmässä ei käytetä flokkulointikemikaaleja vedenkäsittelyssä ja pesuaine on valittava ja annosteltava siten, että mikrobipopulaatio ei tuhoutuisi. (Suokko 2018, 10.)

Mikrobien aktiivisuus myös lisääntyy tietyissä määrissä korkeammassa lämpötiloissa. Biologiset puhdistusmenetelmät ovat hyviä öljyn poistamiseen vedestä, mutta huonompia metallinpoistossa verrattuna kemiallisiin käsittelyjärjestelmiin. Biologisessa puhdistuksessa on myös vaarana ei-toivottujen aineiden pääsy järjestelmään. (Suokko 2018, 10.)

Mikrobipopulaation suuri kasvupinta, esimerkiksi täytekappaleiden käyttö kasvattaa mikrobien pitoisuutta järjestelmässä, jolloin saavutetaan vastaava puhdistustaso pienemmällä reaktorin tilavuudella. Kantoaineen pinnoilla kasvavat organismit voivat kuitenkin muodostaa suuria parvia, jotka voivat vähentää hapen ja ravinteiden diffuusiota, mikä johtaa järjestelmän tehokkuuden heikkenemiseen. (Suokko 2018, 10.)

Biologinen puhdistus voidaan toteuttaa siten, että reaktoreihin tarvitsee lisätä vain ilmaa. Autopesulan jäteveden biologinen puhdistus vähentää lietteen määrää noin 25 prosenttia kemiallisiin käsittelyjärjestelmiin verrattuna. Raskasmetallit sitoutuvat lietteeseen ja pH:n säätöä ei tarvita. Järjestelmässä on vähän liikkuvia ja vaihdettavia osia, jolloin se on luotettava ja käyttökustannukset ovat vähäiset. Nykyaikaisessa biologisissa käsittelyjärjestelmissä vettä ei lämmitetä, jolloin käyttö on halvempaa ja kustannustehokkaampaa. Järjestelmä on myös helppohoitoinen, vaatien noin 5–10 minuutin päivittäisen valvonnan. Tehokkuus kuitenkin voi laskea talvikuukausina ja mahdolliset suuret öljyvuo-dot haittaavat puhdistusta, sillä öljy tarttuu kantaja-ainepintoihin. (Suokko 2018, 11.)

3.2 Mekaaninen esikäsittely ja jatkokäsittely

Esikäsittelynä toimii yleensä laskeutumisprosessi lietekuopissa, joissa karkeat hiukkaset sedimentoidaan. Kiinteiden hiukkasten laskeutumisen prosessia voi tehostaa kasvattamalla pinta-alaa, esimerkiksi lamellien avulla. Lamellit ovat kaltevia levyjä, joiden välissä vesi pääsee virtaamaan. Hiukkaset laskeutuvat levyille ja liukuvat säiliön pohjalle. Tällöin voi lamellien avulla kasvattaa pinta-alaa ilman selkeytysaltaiden koon muutosta. (Suokko 2018, 7).

Biologisesta reaktorista puhdistettu jätevesi siirtyy jatkokäsittelyyn. Jatkokäsittely voi olla esimerkiksi biologisesta reaktorista veteen jääneiden mikrobien poistoa. Mikrobien poisto järjestelmässä voi olla esimerkiksi desinfiointi tai erotin, joka mahdollistaa lietteen palauttamisen lietteenerottimeen. (Suokko 2018, 10-11.)

4 OPINNÄYTETYÖSSÄ TARKASTELEVAN AUTOPESULAN BIOLOGISEN PUHDISTAMISEN TOIMINNAN SEURANTA

Opinnäytetyössä tarkasteltavana oleva autopesula on automaattinen ja ympäri vuorokauden toimiva pesula kahdella koneella. Autopesulalla jäteveden puhdistamossa on kaksi bioreaktoria, kaksi hiekanerotinta, öljynerotin ja hienonlietteenerotin. Autopesulassa jätevesi ohjataan ensimmäiseksi kiintoaineenerottimeen, joka erottelee suurimmat epäpuhtaudet vedestä, esimerkiksi kivet. Tässä vaiheessa jätevedestä poistuu suurin osa kiintoaineesta.

Mekaanisen esikäsittelyn jälkeen pesuvesi kulkeutuu bioreaktoreihin, joissa käytetään täytekappaleita mikrobien kasvun edistämiseen. Autopesulassa on käytössä täytekappaleina kuutiot (kuva 2), joiden pinta-ala on 37,5 cm².

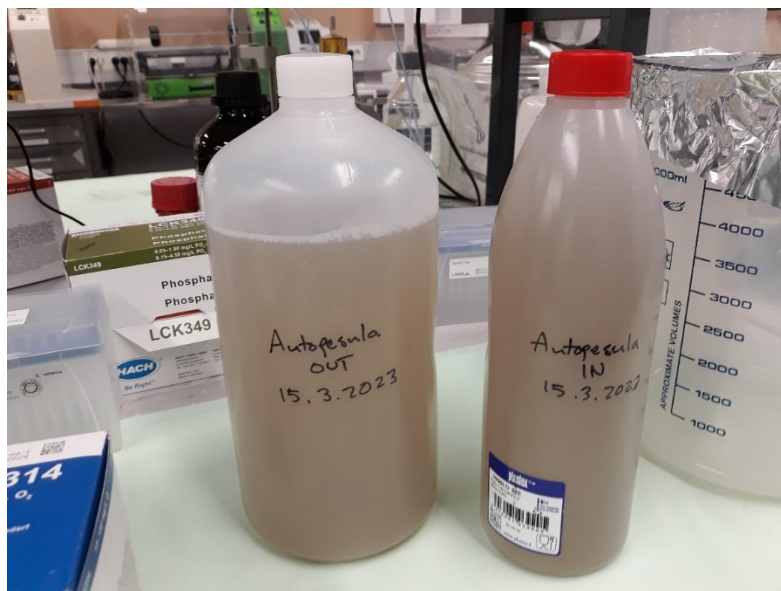


KUVA 2. Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan täytekappaleita (Korhonen 2023, CC BY-SA)

Puhdistusprosessissa viimeisenä vaiheena on suodatin, joka erottaa ylijäämälietettä. Puhdistettu vesi varastoidaan säiliöön. Lopullisessa käsittelyssä voidaan lisätä puhdasta vettä kierrätetyn veden sekaan, jolloin niitä yhdessä voidaan käyttää auton pesuun. Vettä voidaan lisätä manuaalisesti tarpeen mukaan. Puhdistuksen läpi käynyt kierrätetty vesi käytetään uudelleen autonpesuun, mahdollisesti puhtaan talousveden kanssa.

4.1 Näytteenotto

Näytteitä otettiin välillä 6.5.2022 – 2.5.2023 19 kertaa, tulevasta ja lähtevästä vedestä. Poikkeuksellisesti 6.5.2022 otettiin vain näyte lähtevästä vedestä. 13.2.2023 normaalien analyysien lisäksi tutkittiin lähtevän veden COD ja TOC arvoja suodatuksen jälkeen. Tulevan veden (IN) näytettä otettiin yhden litran pulloon ja lähtevän veden (OUT) kahden litran pulloon (kuva 3).



KUVA 3. Tarkasteltavan autopesulan vesinäytteet (Korhonen 2023, CC BY-SA)

Lähtevän veden näyte otettiin jatkokäsittelyn säiliöstä (kuva 4). Säiliöön on mahdollista lisätä vettä mukaan kiertoon värin tummuuden tai vaahtoamisen estämisen takia. Veden vaahtoaminen ja väri vaihteli näytteenottokertojen välillä.



KUVA 4. Tarkasteltavan autopesulan lähtevän veden säiliö (Korhonen 2023, CC BY-SA)

Tulevan veden näyte otettiin ulkona olevasta maakaivosta näytteenottovarren avulla.

4.2 Vesinäytteistä tehdyt analysit

Näytteistä mitattiin kemiallinen hapenkulutus eli COD, orgaanisen hiilen kokonaismäärä eli TOC, kokonaistyyppi, ammonium-typpi, nitraatti-typpi, kokonaisfosfori, kiintoaine, redox, happi, sähkönjohtokyky, pH ja lämpötila. Taulukossa 6 on yhteenveto käytetyistä analyysimenetelmistä. Osan seurannasta teki Savonian TKI.

Kemiallinen hapenkulutus eli COD kertoo, kuinka paljon jäteveden orgaaninen aines kuluttaa happea. (Valtonen 2011, 4). Orgaanisen hiilen kokonaismäärä eli TOC on tärkeä kuvaus veden puhtaudesta, sillä se teoriassa käsittää kaikki orgaaniset yhdisteet. TOC voi olla peräisin esimerkiksi hajonneista eläinten ja kasvien osista sekä pesuaineiden tensideistä. (Malinen 2008, 2).

Kokonaistyyppipitoisuus sisältää myös tutkitun ammonium- ja nitraattitypen. Kokonaistyyppi ja -fosfori ovat jätevedessä ravinteita. (Valtonen 2011, 4). Esimerkiksi fosforia on hyvä olla tarpeeksi jätevedessä mikrobien toimintaa varten. Kiintoaine kuvaa kiinteää epäpuhtautta vedessä. Se aiheuttaa sameutta veteen. (Valtonen 2011, 4).

Redox eli hapetus-pelkistysreaktio on sähköinen potentiaali elektronien siirtämiseksi. Jäteveden puhdistuksessa redox-potentiaali vaikuttaa elektronin luovuttajiin ja elektronien vastaanottajiin. Tämä elektronien liike tuottaa energiaa, jota käyttää vedessä olevat biologiset organismit. Esimerkiksi aerobisissa olosuhteissa happi toimii elektronin vastaanottajana. (Savolainen 2020, 23-24).

Sähkönjohtokyky kuvaa veden suolojen ja ionien määrää. (Valtonen 2011, 4). Esimerkiksi tien suo- laus kasvattaa sähkönjohtokykyarvoa autopesulan pesuvedessä.

Ravinteiden lisäksi jäteveden happipitoisuus on tutkittavan autopesulan biologisessa puhdistuksessa tärkeä, sillä mikrobit tarvitsevat happea toimiakseen. Oikeanlainen lämpötila ja pH ovat myös tärkeitä mikrobien toiminnan takia. (Valtonen 2011, 4.) Laitehankkijan mukaan suositeltava pH-arvo prosessissa on 7,5–8,5.

TAULUKKO 6. Yhteenveto vesinäytteiden analysointiin käytetyistä menetelmistä

Määrittäminen	Menetelmä
COD	LCK 314
TOC, kokonaistyyppi	SFS-EN 1484 (1997) – Vesianalyysi. Ohjeita orgaanisen hiilen kokonaismäärän (TOC) ja liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) määrittämiseen
Ammonium-tyyppi	LCK 304
Nitraatti-tyyppi	LCK 339
Kokonaisfosfori	LCK 349
Kiintoaine	SFS-EN 872 - Veden laatu. Kiintoaineen määrittäminen. Suodatus lasikuitusuodattimella
Redox	IntelliCAL MTC101 anturi
Happi	IntelliCAL LDO101 anturi
Sähkönjohtokyky	IntelliCAL CDC401 anturi
pH	IntelliCAL PHC201 anturi
Lämpötila	IntelliCAL PHC201 anturi

TOC-menetelmän mittausalue on 0,5–100 mg/l ja mittausepävarmuus 20 % alueella 0,5 – 9,99 mg/l ja 14 % alueella 10 – 100 mg/l. TOC-analyysit tehtiin Savonian TKI puolesta ja laboratorio on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T301, akkreditointivaatimus SFS-EN ISO/IEC 17025. Kokonaistyyppi-määrittämissä käytettävä menetelmä ei ole akkreditoitu. Kokonaistyyppi tehtiin yhdessä TOC-mittauksen kanssa.

4.3 Jäteveden viipymä biologisessa puhdistusprosessissa

Jäteveden viipymä autopesulan biologisessa puhdistamossa laskettiin mekaanisesta esikäsittelystä sekä biologisesta käsittelystä, eli kestoja kahdessa hiekanerottimissa ja kahdessa bioreaktorissa. Niiden lisäksi autopesulalla on yksi hienonlietteenerotin sekä yksi öljynerotin.

Autopesulassa on saatavissa vesimittari, jonka avulla voidaan seurata vedenkulusta, jossa huomattavaa on se, että siihen kuuluu myös hallinpesun vedenkulutus. Taulukossa 7 on tutkittu viipymää eri pesumäärillä vuorokaudessa, vedenkulutuksena on käytetty 100 l/pesu.

Viipymä on eri säiliöiden täyttymisen kesto päivittäisillä litramäärillä. Huomioitavaa on se, että viipymä on vain teoreettinen, sillä säiliöt ei mene täysin täyteen.

TAULUKKO 7. Jäteveden arvioitu viipymä autopesulan biologisen vedenpuhdistamon eri vaiheissa vuorokausina eri pesumäärillä päivässä, vedenkulutuksena on käytetty 100 l/pesu

	150 pesua/vrk	100 pesua/vrk	50 pesua/vrk	20 pesua/vrk	5 pesua/vrk
Bioreaktorit	3,3 vrk	5 vrk	10 vrk	25 vrk	100 vrk
Hiekanerotimet	1,3 vrk	2 vrk	4 vrk	10 vrk	40 vrk
Öljynerotin	0,5 vrk	0,70 vrk	1,4 vrk	3,5 vrk	14 vrk
Hienonlietteenerotin	0,7 vrk	1 vrk	2 vrk	5 vrk	20 vrk

Suuri vaihteluväli on haastavaa, sillä liian suurella viipymäajalla mikrobit saattavat nälkiintyä ja liian pienellä viipymäajalla mikrobit eivät kerkeä poistamaan epäpuhtauksia. Autopesulan päivittäiset pesumäärät vaihtelevat suuresti ja taulukosta 7 näkee, kuinka paljon viipymä voi vaihdella eri pesumäärien takia.

4.4 Autopesulassa käytettävät kemikaalit

Opinnäytetyössä tarkasteltavassa autopesulassa käytettäviä pesutuotteita olivat ovat esipesuaine (itikka irrotin), harjashampoo, käsipesuaine, kiillotusvaha, kuivausvaha A, kuivausvaha B, renkaankiillotus, talvipesuaine ja vaha. Kaikki tuotteet sisältävät erilaisia kemikaaleja, joilla on eri vaikutusta puhdistusprosessiin. Kemikaalit vaikuttavat varsinkin jäteveden COD-arvoon sekä biohajoavuuteen.

Tarkasteltavan autopesulan pesutuotteiden vaaralausekkeet olivat kuudessa tuotteessa H315 (ärsyttää ihoa), neljässä tuotteessa H319 (ärsyttää voimakkaasti silmiä ja neljässä myös H318 (vaurioittaa vakavasti silmiä). Nämä vaaraluokat eivät ole kiellettyjä Joutsenmerkin saamiseksi.

Pesuaineissa on useita eri kemikaaleja, mutta taulukossa 8 on esiteltyä vain kemikaalit, joissa on huomioitavia vaaraluokituksia. Taulukossa 8 on myös kuvattu missä tuotteessa ja millä pitoisuudella kemikaali on. Renkaankiillotus-aineessa ei ollut huomioitavia kemikaaleja. Pesukemikaalien ainesosien pitoisuudet ovat kuitenkin niin pieniä, että itse tuotteilla ei ole kuin H315, H319 tai H318 vaaraluokkia.

TAULUKKO 8. Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan käyttämien pesukemikaalien ainesosia, joihin liittyy huomioitavia vaaraluokituksia

Nro	Kemikaali	CAS	Huomioitavia luokituksia	Tuote ja pitoisuus
1	Oxirane, 2-methyl-, polymer with oxirane, mono(2-propylheptyl) ether	166736-08-9	Acute Tox. 1; H302	Esipesuaine (itikka irrotin), <2 % Kesäesipesuaine, <2 % Talviesipesuaine, <3 %
2	Kaliumhydroksidi	1310-58-3	Acute Tox. 1; H302	Esipesuaine (itikka irrotin), <2 % Talviesipesuaine, <1 %
3	2-propanoli	67-63-0	Hyvin herkästi syttyvä; H225	Harjashampoo, 1-3 % Kuivausvaha A, <5 % Kuivausvaha B, <3 % Vaha, 1<5 %
4	Etanoli	64-17-5	Hyvin herkästi syttyvä; H225	Harjashampoo, 1-3 %
5	Dodecylbenzenesulphonic acid, compound with 2-aminoethanol	26836-07-7	Acute Tox. 1; H302	Harjshampoo, 7-20 %
6	Fatty alcohol ethoxylated	69011-36-5	Acute Tox. 1; H302	Kesäesipesuaine, <2 % Talviesipesuaine, <3 %
7	1-propanaminium, 3-amino-N-(carboxymethyl)-N,N-dimethyl-, NC18- 18 (even numbered) acyl derivs., hydroxides, innersalts	61789-40-0	Aquatic Chronic 3; H412	Kiillotusvaha, <2 %
8	2-Butoksietanoli	111-76-2	Acute Tox. 1; H302 Acute Tox. 4; H332	Kiillotusvaha, <2 % Kuivausvaha A, <5 % Kuivausvaha B, <3 % Vaha, 1<5 %
9	Oktadek-9-enyyliamiini	112-90-3	Acute Tox. 1; H302 Asp. Tox. 1; H304 STOT RE 2; H373 Aquatic Acute 1; H400 Aquatic Chronic 1; H410	Kuivausvaha A, <5 %

Taulukon 8 kemikaaleista vesistölle vaarallisia ovat numero 9 (H400, erittäin myrkyllistä vesieliöille ja H410, erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia) ja numero 7 (H412, haitallista

vesieliöille, pitkäaikaisia vaikutuksia). Kemikaalin 9 vaaralausekkeiden M-kerroin on 10. Näitä kemikaaleja sisältävien tuotteiden kiillotusvahan ja kuivausvahan A käyttöturvallisuustiedotteissa ei ollut ilmoitettu myrkyllisyysarvoja.

Esipesuaine (itikka irrotin) sisältää natriumkookospropyleenidiamiinipropionaattia, joka on myrkyllinen vesistöille, leville. Altistumisaika on 72 tuntia ja myrkyllisyysarvo on >10 mg/l. Esipesuaineessa sen kemikaalin pitoisuus on <1 %.

Esipesuainetta käytetään enimmillään 70 ml/pesu, jolloin natriumkookospropyleenidiamiinipropionaatin tilavuudeksi saadaan 0,7 ml eli 0,7 cm³. Tiheyttä ei tunneta, mutta voidaan sen arvioida olevan noin 1,0 g/cm³. Tiheyden ja tilavuuden avulla saadaan kemikaalin massaksi 0,7 g/pesu, joka jaetaan teoreettisella vedenkulutuksella 100 l/pesu. Tulokseksi saadaan 0,007 g/l kemikaalia esipesuaineessa kohti auton pesua, joka on 7 mg/l. Määrä on vähemmän, kuin 10 mg/l, joten esipesuaineen käyttö ei ole vaaraksi näillä pesuaineen käyttömäärillä ja vedenkulutuksella. Opinnäytetyössä tarkasteltavassa autopesulassa on myös vähennetty pesuaineiden käyttöä.

Kemikaaleista ja tuotteista voidaan tutkia biohajoavuutta BOD/COD suhteen ja PBT/vPvB avulla. PBT tarkoittaa hitaasti hajoavaa, biokertyvää ja myrkyllistä ainetta ja vPvB erittäin hitaasti hajoavaa ja erittäin biokertyvää. (Tukes julkaisuaika tuntematon). Tarkasteltavan autopesulan tuotteiden käyttöturvallisuustiedotteiden mukaan talviesipesuaine ei sisällä PBT- tai vPvB-aineita, jolloin taulukon 8 kemikaalit 1, 2 ja 6 eivät ole PBT- tai vPvB-aineita. Muissa tuotteiden tiedotteissa ei ole tietoa ilmoitettu.

BOD/COD-suhteesta voidaan arvioida jäteveden biohajoavuutta. Korkeampi suhde tarkoittaa biohajoavampaa vettä. Ravinteiden lisäys voisi nostaa BOD/COD-suhdetta. (Lehikoinen 2008, 16).

2-Butoksietanoli on biohajoava, BOD/COD suhde on 0,32 -+ 0,76 ja 95 prosenttia hajoaa 28 päivän aikana. 2-Butoksietanoli ei ole myöskään biokertyvä. (Clas Ohlson AB 2015). Etanoli ei ole PBT- eikä vPvB-aine ja BOD/COD-suhde on 0,62110553 eli 62 %. (Carl Roth 2015). 2-propanolin kemiallinen hapenkulutus eli COD on 2,23 g O₂/l ja biologinen hapenkulutus eli BOD 1,19 g O₂/l, jolloin BOD/COD suhde on 0,533632287 eli 53 %. (Kemikaalien ympäristörekisteri julkaisuaika tuntematon).

Kemikaali numero 7 (taulukko 8) ei ole PVB- tai vPvB-aine. (Chemos 2019). Eri tuotteen käyttöturvallisuustiedotteessa, joka sisältää taulukon 8 kemikaalia numero 9, todetaan, että tuote ei sisällä PVB- tai vPvB-aineita. (Castrol 2022). Myös kemikaalista numero 5 todetaan, että se ei ole PVB- tai vPvB-aine, sillä se mainitaan eri tuotteen, kuin tarkasteltavan autopesulan, käyttöturvallisuustiedotteessa. (Tintolav 2021). Eli taulukon 8 kaikki kemikaalit pitäisi olla tarpeeksi biohajoavia. Huomioitavaa on se, että tuotteen biohajoavuuteen vaikuttaa kaikkien kemikaalien yhdistelmät ja niiden vaikutus voi olla erilaista biologisessa puhdistuksessa mikrobien kannalta.

Talviesipesuainetta käytetään pesulassa eniten, joten siitä tutkittiin tarkemmin BOD ja COD kuormitukset. Talviesipesuaineen BOD pitoisuus oli 92 000 mg/l O₂ ja COD oli 420 000 mg/l. Määritys tehtiin tilaustyönä laboratorioissa. BOD tehtiin menetelmällä t.LA02, SFS-EN 1899-1:1988, kumottu SFS-EN 25814:1993 (TL30) ja COD ISO 15705:2002 (TL30). Tulosten epävarmuus on BOD-mittauksessa ±15 % ja COD-mittauksissa ±10 %. Talviesipesuaineessa BOD/COD-suhde on 0,219 eli 22 %.

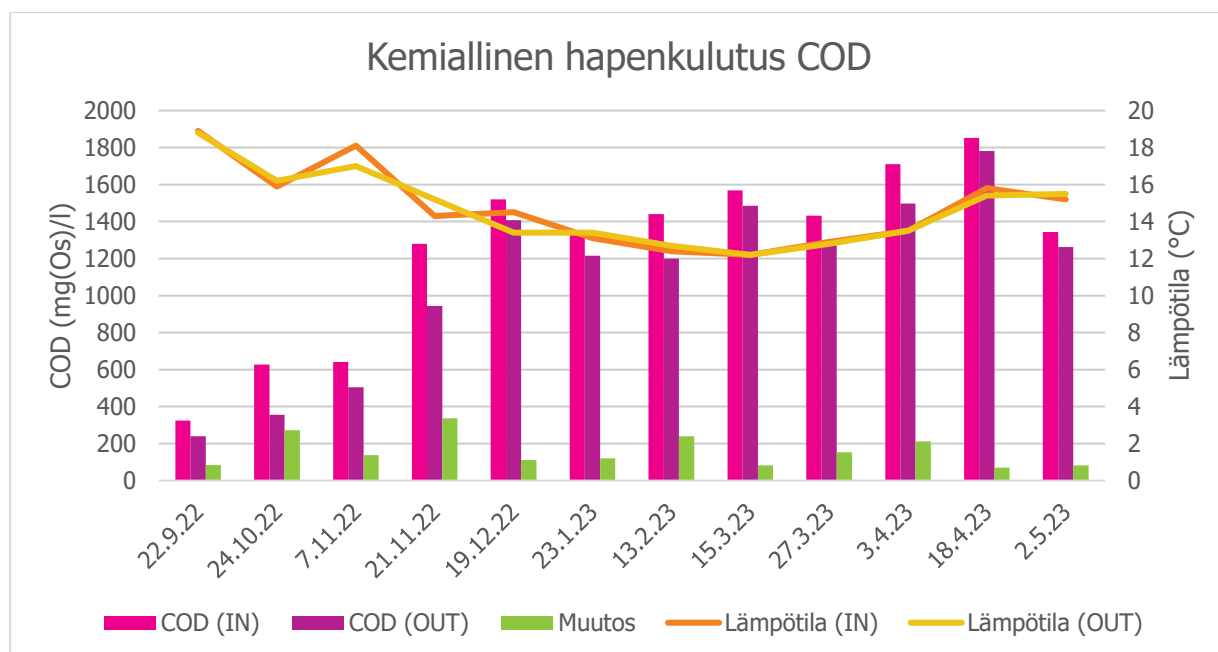
Talviesipesuaineen BOD-arvo on suhteessa paljon pienempi COD-arvoon verrattuna, mikä kertoo huonosta biohajoavuudesta.

Biologisissa puhdistuksissa emäksiset pesuaineet saattaisivat toimia paremmin. (Naturvårdsverket 2005, 27-28.) Pesuaineista vahvoja emäksiä ovat esipesuaine (itikka irrotin), kesäesipesuaine ja talviesipesuaine. Ainoa heikko emäs on harjashampoo. Heikkoja happoja ovat kiillotusvaha, kuivausvaha A ja B sekä vaha. Renkaankiillotus on neutraali pesuaine.

5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Autopesulan jäteveden puhdistusprosessissa vedenvaihto oli koko ajan päällä 6.5.2022 – 17.8.2022, mutta liian suuren vedenkulutuksen takia siirryttiin manuaaliseen veden lisäykseen veden ulkonäön tarpeen mukaan. Tuloksien tarkastelusta on otettu pois vedenvaihdon takia päivät 6.5.2022 – 17.8.2022, 5.12.2022 sekä 9.1.2023. Kaikkien päivien mittaustulokset ovat vain tilaajan käyttöön Excel aineistona.

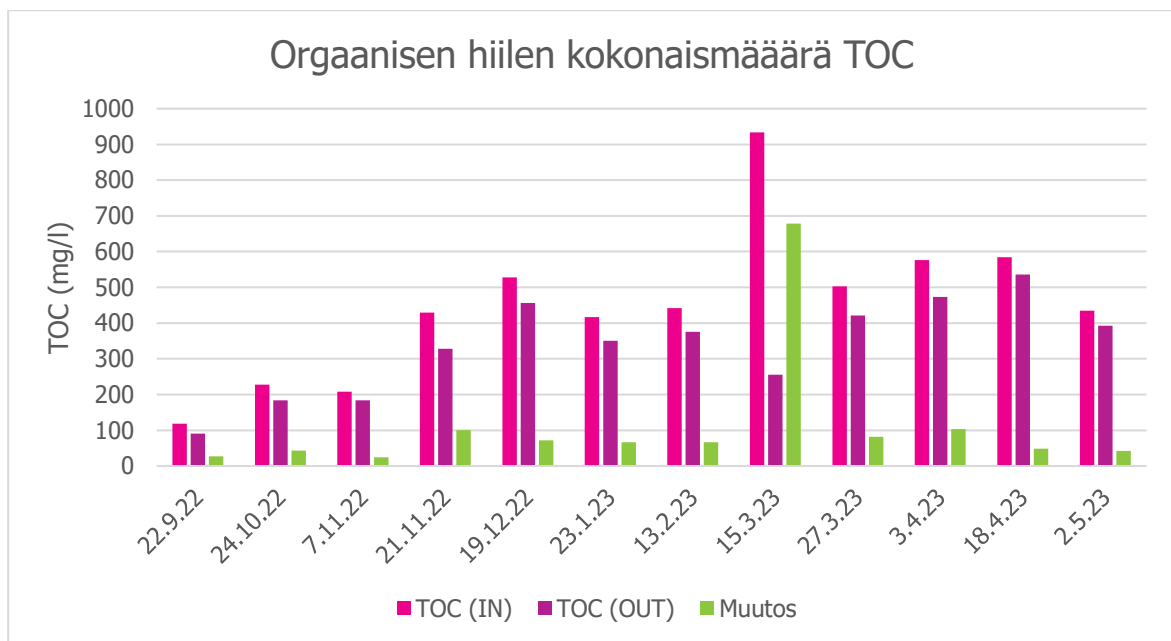
Kuvassa 5 on kemiallinen hapenkulutus eli COD aikavälillä 22.9.2022 – 2.5.2023 tulevassa (IN) ja lähtevässä (OUT) vedessä sekä niiden muutos. Kuvassa 5 oikeanpuolisessa pystyakselissa on tulevan ja lähtevän veden lämpötila kuvattuna viivalla.



KUVA 5. Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan jäteveden biologiselle puhdistamolle tulevan ja puhdistamolta lähtevän veden lämpötila ja kemiallinen hapenkulutus tarkkailuajanjaksolla

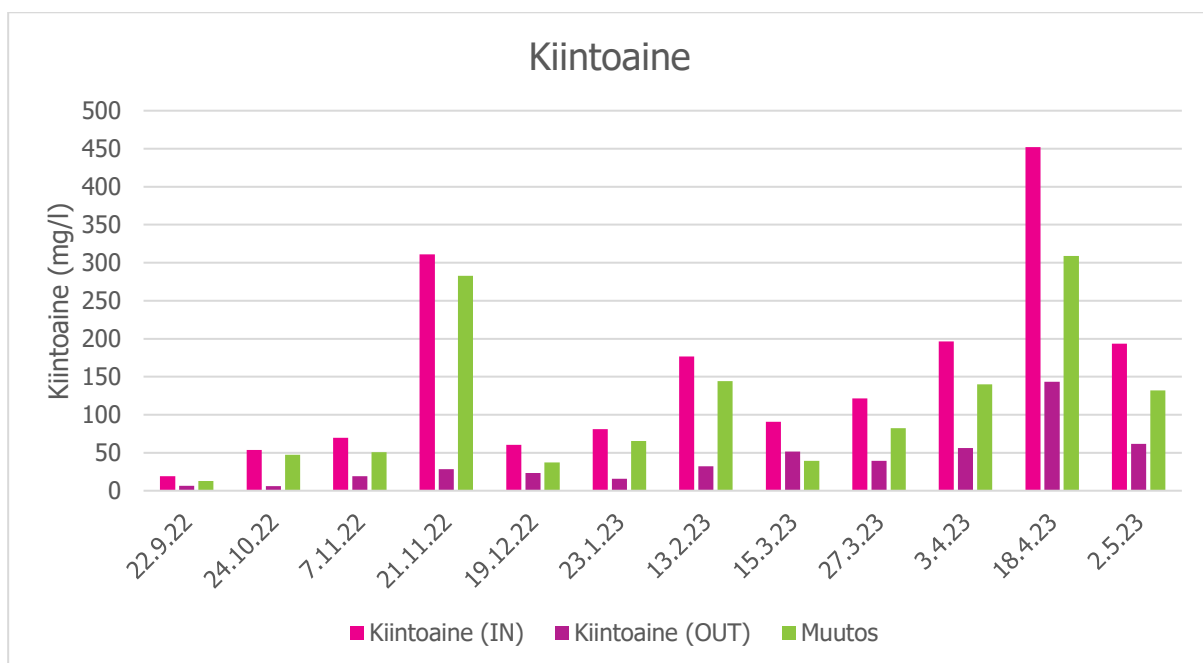
Tulevan veden COD-arvo suureni huomattavasti, kun talviolosuhteet ja niiden epäpuhtaudet tulivat. Lämpötila lähtevässä ja tulevassa vedessä oli samaa tasoa. Kesäesipesuaineesta siirryttiin talviesipesuaineeseen 21.11.2022 jälkeen. Tulevan veden COD-arvo on voinut myös nousta veden kierrättämisen takia, jolloin osittain autonpesussa käytettävässä vedessä on jo suurempaa COD-pitoisuutta. Tämä ei kuitenkaan ole ongelma, jos pesussa käytetty vesi on kirkasta ja hajutonta, kun kierrätettyyn yhdistetään puhdasta vettä ja puhdistustaso on hyvää.

Kuvassa 6 on kuvattu orgaanisen hiilen kokonaismäärä eli TOC aikavälillä 22.9.2022 – 2.5.2023 tulevassa (IN) ja lähtevässä (OUT) vedessä sekä niiden muutos. 15.3.2023 on poikkeus tuloksissa, johon voi vaikuttaa monet tekijät, esimerkiksi autopesulan kiireisyys ja autojen likaisuus. TOC alkoi nousemaan samaan aikaan COD-arvon kanssa, sillä siihen vaikuttaa orgaaninen aines.



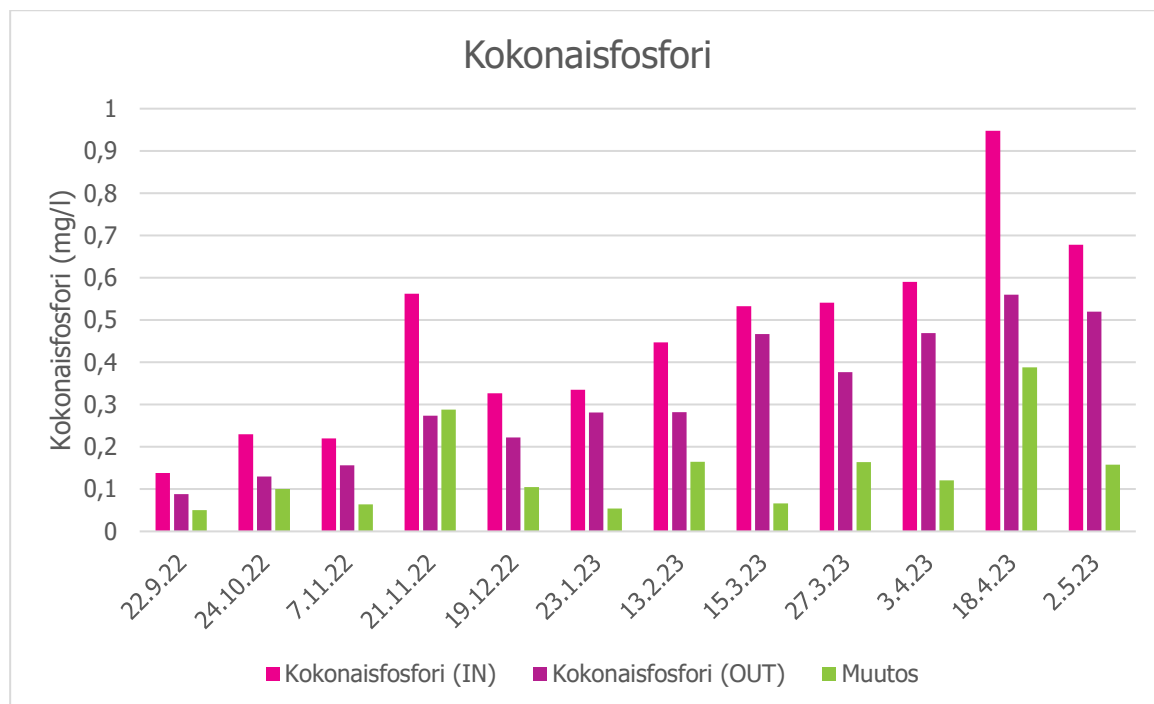
KUVA 6. Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan jäteveden biologiselle puhdistamolle tulevan ja puhdistamolta lähtevän veden orgaanisen hiilen kokonaismäärä tarkkailuajanjaksolla

Kiintoainetta puhdistusprosessi poistaa hyvin ja kuvasta 7 huomaa, kuinka tulevan ja lähtevän veden kiintoainepitoisuus voi vaihdella.



KUVA 7. Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan jäteveden biologiselle puhdistamolle tulevan ja puhdistamolta lähtevän veden kiintoaine tarkkailuajanjaksolla

Kuvassa 8 on esitetty kerättyjen vesinäytteiden kokonaisfosforipitoisuudet aikavälillä 22.9.2022 – 2.5.2023.



KUVA 8. Opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan jäteveden biologiselle puhdistamolle tulevan ja puhdistamolta lähtevän veden kokonaisfosfori tarkkailuajanjaksolla

Kokonaisfosfori on myös suurentunut tulevassa vedessä 21.11.2022 alkaen, kun talviolosuhteet alkavat vaikuttaa prosessiin ja jäteveeteen.

Taulukossa 9 ja 10 on koottuna kerätyistä vesinäytteistä tehtyjen määritysten keskiarvot sekä vaihteluvälit aikavälillä 22.9.2022 – 2.5.2023.

TAULUKKO 9. Opinnäytetyön tarkastelun kohteena olevan autopesulan biologiselle puhdistamolla tulevan ja puhdistamolta lähtevän veden laatumäärityksien keskiarvot ja vaihteluvälit sekä reduktioprosentit

Määrittäminen (mg/l)	Tuleva vesinäyte (IN)	Lähtevä vesinäyte (OUT)	Reduktio%
COD	1256 (324–1852)	1098 (240–1782)	15 (4–43)
TOC	450 (119–934)	337 (91–563)	21 (8–73)
Ammonium-typpeä	0,21 (0,04–0,62)	0,09 (0,02–0,28)	54 (38–79)
Nitraatti-typpeä	5,5 (0,8–8,3)	4,5 (0,6–7,5)	21 (10–43)
Kokonaistyppeä	10,2 (3,5–21,4)	8,0 (2,7–13,4)	19 (6–72)
Kokonaisfosfori	0,46 (0,14–0,95)	0,32 (0,09–0,56)	31 (12–51)
Kiintoaine	152 (19–452)	40 (6–143)	72 (43–91)

Taulukoista 9 ja 10 huomaa, kuinka suuria eri määrityksiä vaihteluvälit voivat olla. Autopesulan biologinen puhdistusprosessi toimii, sillä puhdistamolta lähtevien vesinäytteiden määritykset ovat pienempiä kuin puhdistamolta tulevien määrityksiä arvot.

TAULUKKO 10. Opinnäytetyön tarkastelun kohteena olevan autopesulan biologiselle puhdistamolla tulevan ja puhdistamolta lähtevän veden laatumäärityksiä keskiarvot ja vaihteluvälit

Määrittäminen	Yksikkö	Tuleva vesinäyte (IN)	Lähtevä vesinäyte (OUT)
Redox	mV	202 (153–253)	200 (157–227)
Happi	mg/l	5,0 (1,5–8,7)	8,8 (6,6–10,0)
Sähkönjohtokyky	µS/cm	938 (372–1410)	911 (347–1441)
pH	-	7,73 (7,11–8,43)	7,63 (7,08–7,95)
Lämpötila	°C	14,7 (12,2–18,9)	14,7 (12,2–18,8)

Lähtevän veden happi on aina ollut suurempi kuin tulevan, eli hapetus biologisessa puhdistuksessa toimii. Redox on molemmissa vesissä samaa luokkaa. Laitehankkijan mukaan suositeltava pH prosessissa olisi 7,5–8,5, joten pH:n keskiarvo on oikeanlainen. pH ei kuitenkaan aina ole yli 7,5, eli on välillä liian alhainen. Sähkönjohtokyky alkoi suurenemaan syyskuun lopulla ja jatkoi kasvamistaan huhtikuun alkuun, kunnes alkoi hieman laskea. Eli sähkönjohtokykyyn vaikuttaa suuresti tien suolaus talvella. Lämpötila tulevassa ja lähtevässä ei eroa paljon. Tarkasteltavalla aikavälillä 22.9.2022 – 2.5.2023 ei ole kuitenkaan vuoden suurimpia lämpötiloja, joten ei varmuudella tiedetä, voisiko suuremmat lämpötilat parantaa puhdistustasoa prosessissa.

Taulukossa 11 on kemiallinen hapenkulutus eli COD, kiintoaine (SS) ja pH vertailu puhdistetusta vedestä. Kuvan taulukossa on kuvattu keskiarvo eri määrityksillä ja suluissa on pienin ja suurin arvo tarkastellulla aikavälillä. (Linnaeus ECO-TECH 2012, 8). Taulukon 11 autopesuloissa CW1 ja CW5 näytteenotto oli helmikuusta toukokuuhun vuonna 2012. Näytteitä otettiin yhteensä seitsemän kertaa. (Linnaeus ECO-TECH 2012, 1.)

CW1 ja CW5 ovat Etelä-Suomessa olevia autopesuloita, joissa pestiin 13 000 ja 17 000 autoa vuodessa. Molemmat autopesulat käyttivät 87 % kierrätettyä vettä kohti autonpesua ja 35–60 litraa uutta vettä. (Linnaeus ECO-TECH 2012, 1-2.)

TAULUKKO 11. Puhdistetun veden laatumäärityksiä arvojen keskiarvo ja vaihteluväli (Linnaeus ECO-TECH 2012, 8.)

Quality parameter	CW1	CW5	Standards in Flanders [3]	Criteria of China (GB/T 18920-2002) [5]
BOD (mg/l)	17 (4-43) (BOD ₇)	146 (20-372)	<25 (BOD ₅ ²⁰)	10 (BOD ₅)
COD (mg/l)	126 (87-152)	313 (116-652)	<125	50 (COD _{Cr})
SS (mg/l)	18 (6-33)	112 (53-218)	<60	5
Turbidity (NTU)	13 (3-29)	93 (20-241)	-	5
pH	7.87 (7.61-8.11)	7.54 (7.24-8.00)	6.5-9	6.5-9

Taulukossa 9 on opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan kemiallisen hapenkulutuksen ja kiintoaineen keskiarvo ja vaihteluväli. Taulukossa 10 on tarkasteltavan autopesulan pH. Muita taulukon 11 määrittäviä, eli biologista hapenkulutusta (BOD) ja sameutta ei ole tarkasteltu opinnäytetyössä.

Taulukkojen lähtevän veden tuloksia vertailemalla huomataan, että opinnäytetyössä tarkasteltavassa autopesulassa kemiallinen hapenkulutus paljon suurempi. Kemiallisen hapenkulutuksen keskiarvo tarkasteltavassa autopesulassa on yli kolme kertaa suurempi verrattuna taulukon 11 CW5 autopesulaan ja melkein yhdeksän kertaa suurempi CW1 autopesulaan verrattuna. Autopesulan kiintoaineen keskiarvo tarkasteltavassa opinnäytetyössä on taas yli kaksi kertaa pienempi kuin CW1 autopesulassa ja yli kuusi kertaa pienempi kuin CW5 autopesulassa. pH:n keskiarvot taulukoissa 10 ja 11 ovat samaa tasoa, mutta opinnäytetyössä tarkasteltavan autopesulan pH:n vaihteluväli on suurempi kuin taulukon 11 autopesuloiden.

Huomioitavaa on se, että taulukon 11 suomalaiset autopesulat voivat olla hyvin erilaisia opinnäytetyössä tarkasteltavaan autopesulaan verrattuna. Esimerkiksi vedenkulutus on paljon pienempää opinnäytetyön autopesulassa, eikä taulukossa 11 ole esitetty tulevan veden arvoja. Vedenkulutuksen lisäksi autopesuloiden erilaisuuteen vaikuttavat kemikaalit ja erilaiset pesutoiminnot. Lisäksi taulukon 11 autopesuloiden näytteenottoajanjakso on lyhyempi ja näytteidenottokertoja on vähemmän kuin opinnäytetyön tarkasteltavassa autopesulassa.

Taulukon 11 Alankomaiden ja Kiinan ohjearvot eivät ole biologisesta puhdistusprosessista, joten niitä ei voi hyvin verrata opinnäytetyön kohteena olevaan biologiseen puhdistusprosessiin.

6 BIOLOGISEN PUHDISTUSPROSESSIN TEHOSTAMINEN

Prosessin alussa vedenvaihto oli koko ajan päällä 6.5.2022 – 17.8.2022 vaahtamisen estämiseksi. Vedenkulutuksen vähentämiseksi puhdasta vettä lisättiin kiertoon vain laadun mukaan, arvioimalla kierrätetyn veden väriä. Autot ovat likaisimmillaan marraskuusta huhtikuuhun, joten kun yhtäjaksoinen puhtaan veden lisäys loppui, lähtevän ja tulevan vesinäytteiden määreiden arvot nousivat huomattavasti marraskuussa. Prosessi puhdisti epäpuhtauksia, mutta COD-arvon vähentämisessä olisi parannettavaa.

13.3.2023 testattiin, voiko COD, TOC ja kokonaistypen arvoja parantaa suodattamalla lähtevän näytteen kiintoainetta pois laboratoriossa standardin SFS-EN 872 mukaan (Taulukko 12). Suodatuksen vaikutus oli vähäinen, joka tarkoittaa sitä, että tarkasteltavassa autopesulassa kiintoaineen erottelu toimii.

TAULUKKO 12. Tarkasteltavan autopesulan lähtevän veden suodatuskokeen tulokset

Määrittäminen	13.2.2023 OUT	13.2.2023 OUT, suodatettu	Muutos
COD (mg(O ₂) /l)	1200	1198	2
TOC (mg/l)	375,61	365,16	10,5
Kokonaistyyppi (mg/l)	7,38	5,9	1,48

COD-arvo nousi tulevassa vedessä talvikuukausien takia, mutta prosessissa COD-arvon muutos pysyi suurin piirtein samana. COD-reduktion suurentamiseksi voisi kokeilla mikrobien ravinteiden lisäystä tai pesuaineiden vaihtamista enemmän biohajoavaan aineeseen (Lehikoinen 2008, 24). Mahdollisesti emäksiset pesuaineet voisivat parantaa jäteveden puhdistusprosessin toimintaa (Naturvårdsverket 2005, 27-28).

Talviesipesuaineen määrää vähennettiin autonpesuprosessissa 6.3.2023, testaten sen vaikutusta määrittämissä arvoihin, varsinkin COD-arvoon. Talviesipesuaineen syötön vähentäminen todennäköisesti laskee pH-arvoja prosessissa. Vähentämisen jälkeen tulevan veden pH:n keskiarvo 7,88 laskee arvoon 7,51. Lähtevän veden pH:n keskiarvo 7,79 laskee arvoon 7,39. COD-arvoon talviesipesuaineen syötön vähentämisellä ei näyttänyt olevan suurta vaikutusta saatujen tulosten perusteella.

Kasvattamalla mikrobien käyttämää pinta-alaa täytekappaleissa voisi parantaisi biologista puhdistusprosessia, eli mikrobeilla olisi suurempi kasvupinta.

Käytettävien tuotteiden käyttöturvallisuustiedotteet ovat saatavilla tarkastellussa autopesulalla. Autopesulalla käytetyt tuotteiden käyttöturvallisuustiedotteet täyttävät asetuksen (EY) N:o 1907/2006, 2015/830 REACH (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista), liitteen II vaatimukset. Tuotteista talviesipesuaineella, esipesuaineella (itikka irrotin), kesäesipesuaineella, kuivausvahalla B ja vahalla on joutsen-

merkki. Harjashampoolla, kiillotusvahalla, kuivausvahalla A ja renkaankiillotusaineella ei ole joutsenmerkkiä. Jos tarkasteltavan autopesulan ympäristöystävällisyyttä halutaan vielä parantaa, olisi ei-joutsenmerkityt tuotteet korvattava joutsenmerkityillä.

7 POHDINTA

Laboratoriossa täytyi työskennellä huolellisesti, esimerkiksi kontaminaatioiden tai virheiden välttämiseksi. Standardeja ja ohjeita täytyi noudattaa, esimerkiksi LCK-testien oikeanlainen säilytys ja käyttö.

Antureissa ja mittalaitteissa on aina mittausepävarmuutta, mutta kalibrointi parantaa mittauksien luotettavuutta. TOC-analysoinnissa epävarmuusprosentti oli 20 % alueella 0,5–9,99 mg/l ja 14 % alueella 10–100 mg/l.

Kiintoaineen mittauksissa kahdesti tapahtui niin, että tulos oli epävarma. Standardin SFS-EN 872 mukaan kiintoaineen muutos täytyy olla ainakin kaksi milligrammaa. Jos massojen muutos uunin jälkeen oli vähemmän, tulos määritetään epävarmaksi. Tämä epävarmuus korjattiin jatkossa siten, että suodatetaan enemmän vettä kiintoaineen mittauksissa suodatinpaperin läpi.

Kemiallinen hapenkulutus eli COD meni yli mittausalueen neljänä eri päivänä, eli todellisuudessa ne arvot olivat mitattuja suurempia. Yli mittausalueen menneet arvot olivat 24.10.2022, 21.11.2022, 5.12.2022 ja 19.12.2022. Tämä epävarmuus korjattiin suurentamalla laimennuskerrointa, esimerkiksi laimennussuhde oli aluksi 1:4, kasvatettiin 1:8 ja lopuksi se oli 1:20.

Autopesulan jäteveden biologisen puhdistamon puhdistustehoon vaikuttaa viipymä, pH, ravinteet, lämpötila sekä vuodenaajat. Tuotteista on huomioitava niiden sisältävät kemikaalit, biohajoavuus ja happamuus/emäksisyys. Viipymään vaikuttaa säiliöiden tilavuus sekä autopesulan päivittäiset pesumäärät. Ravinteista fosfori ja typpi vaikuttavat prosessiin, sillä mikrobit tarvitsevat niitä toimiakseen. Vuodenaajat vaikuttavat autojen puhtauteen ja pesumääriin. Kesä ja talvi vaikuttavat lämpötilaan. Oikeanlainen lämpötila ja pH ovat tärkeitä mikrobien toimintaa varten.

Haasteita biologiseen puhdistukseen tuo lämpötilan vaihtelu vuodenaikojen välillä. Suomessa autopesuloiden haasteena lämpötilan suuren vaihtelun lisäksi on tien suolaus, joka aiheuttaa lisää likaisuutta pesuvesiin sekä nostaa jätevesien sähkönjohtavuutta. Haasteina on myös veden viipymän vaihtelut prosessissa, mikä on huonoa aktiivilietteen kannalta. Pitkän viipymän jälkeen, aktiiviliete ei välttämättä toimi kunnolla prosessissa.

Autopesuloiden veden kemiallisen hapenkulutuksen eli COD-arvon reduktioprosentti oli keskiarvoltaan 15 % aikavälillä 22.9.2022 – 2.5.2023, eikä noussut tulevan veden COD-arvon noustessa. Reduktion parantamiseksi voisi kokeilla eri ravinteiden lisäystä tai pesutuotteiden korvaamista Joutsenmerkityillä tai enemmän emäksisillä tuotteilla. Tilaajan havaintojen mukaan autopesulan kierrätetty vesi on toiminut autopesulassa hyvin, pesutulosten perusteella jäteveden ei tarvitse puhdistua täysin biologisessa prosessissa, jotta vedenkulutusta voidaan pienentää merkittävästi.

Opinnäytetyössä tarkasteltavana olevassa autopesulassa vedenkulutus oli 84 % pienempi verrattuna toiseen vastaavaan autopesulaan, missä jätevettä ei puhdisteta ja kierrätetä. Pieni vedenkulutus tarkoittaa myös säästöjä käyttökuluissa, toiseen autopesulaan verrattuna vedenkäytössä säästettiin rahallisesti 81 %.

Tarkasteltavassa autopesulassa vedenkulutus oli laskettuna 92 litraa/pesu, joka on melkein Joutsenmerkin vedenkulutusvaatimusten mukainen taulukon 4 mukaan. Huomattavaa on, että tarkasteltavan autopesulan vedenkulutus sisältää myös hallinpesun. Opinnäytetyössä tarkasteltava autopesula hyvin mahdollisesti voi saavuttaa 90 l/pesu vedenkulutuksen.

Pesutulosten mukaan opinnäytetyössä tarkastelun kohteena oleva autopesulan biologinen puhdistusprosessi toimii riittävän hyvin ja on kannattavaa. Prosessia voi vielä yrittää parantaa vaihtamalla ei-Joutsenmerkityt pesutuotteet Joutsenmerkittyihin tuotteisiin ja tutkia, voiko mikrobien kantaja-aiheen pinta-alaa kasvattaa.

Mahdollinen jatkotutkimus voisi olla BOD/COD-suhteen tutkiminen tulevasta ja lähtevästä vedestä talvella sekä kesällä. COD-arvoja tutkittiin vedestä tässä opinnäytetyössä, mutta BOD-arvoja ei ollut mahdollista mitata. Niiden arvojen avulla saataisiin tietää, vaikuttaako talviesipesuaineen vaihto ke-säesipesuaineeseen BOD/COD-suhteeseen. Koe varmistaisi sen, että johtuuko suuri COD-arvo vain pesuaineesta ja sen biohajoavuudesta. Mitä alempi BOD-arvo on verrattuna COD-arvoon, sitä huonompi biohajoavuus vedellä on. Eli suurempi BOD/COD suhde on parempi. Toinen mahdollinen jatkotutkimus olisi ravinteiden, esimerkiksi fosforin lisääminen prosessiin ja fosforilisäyksen vaikutuksen tutkiminen mikrobien toimintaan.

Ennen opinnäytetyön tekemistä ei ollut itselläni kokemusta autopesuloista, esimerkiksi niiden toiminnasta, prosesseista ja ympäristövaikutuksista. Varsinkin autopesuloiden tuotteiden ja kemikaalien tiedot olivat uutta ja haastavaa asiaa koota yhteen tiivistettynä. Vesinäytteiden eri määritykset laboratoriossa olin tehnyt kerran, mutta opinnäytetyön kautta analysoinnista ja laboratoriotyöskentelystä tuli paljon nopeampaa.

LÄHTEET

Carl Roth 2015. Käyttöturvallisuustiedote. Pdf-tiedosto. Julkaistu 31.07.2015, tarkistettu 03.03.2022. <https://www.carlroth.com/medias/SDB-6726-FI-FI.pdf?context=bWFzdGVy-fHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyOTcwNTR8YXBwbGljYXRpb24vcGRm-fHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oMjIvaDA5LzkwNjQyMTcyMTUwMDYucGRmfDc2NDBIMmU2Mjg-xZjAxZTBkMTZiMjJmMDIxZTE4ZTczMmI1NjU3ZmQxMDFjNGY5NzBjMTI3YzBkZjNkMDVhM2U>. Viitattu 9.5.2023.

Castrol 2022. Käyttöturvallisuustiedote. Pdf-tiedosto. Julkaistu versio 5 19.1.2022. [https://msdspds.castrol.com/ussds/amers-dsf.nsf/0/3DC379EC4E5F5754802587D000588DF4/\\$file/2810843.pdf](https://msdspds.castrol.com/ussds/amers-dsf.nsf/0/3DC379EC4E5F5754802587D000588DF4/$file/2810843.pdf). Viitattu 10.5.2023.

Chemos 2019. Safety Data Sheet. Pdf-tiedosto. Julkaistu 13.9.2019. https://www.chemos.de/import/data/msds/GB_en/61789-40-0-A0049738-GB-en.pdf. Viitattu 10.5.2023.

Clas Ohlson AB 2015. Käyttöturvallisuustiedote. Pdf-tiedosto. Julkaistu 21.1.2015. https://www.clas-ohlson.com/medias/sys_master/9543004684318.pdf. Viitattu 9.5.2023.

Joutsenmerkki julkaisuaika tuntematon. Tuoteryhmä, autopesulat. Verkkojulkaisu. Joutsenmerkki.fi verkkopalvelu. <https://joutsenmerkki.fi/tuoteryhma/autopesulat-444-100123/>. Viitattu 20.5.2023.

Kemikaalien ympäristötietorekisteri julkaisuaika tuntematon. Verkkojulkaisu. Ymparisto.fi verkkopalvelu. <https://www.ymparisto.fi/scripts/Kemrek/Kemrek.asp?Method=MAKECHEMSEARCHFORM>. Viitattu 9.5.2023.

Käppalaförbundet 2015. Riktlinjer för utsläpp till avlopp från fordonstvättar. Pdf-tiedosto. Julkaistu 19.11.2015. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjvkaOng_L9AhV2RvEDHSITAbcQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.kappala.se%2Fglobalassets%2Fdokument%2Fhjalp-oss-och-miljon%2Friklinjer-for-fordonstvattar-2015-11-19.pdf&usg=AOvVaw2qHU9riCgcW42WNGqm6A8-. Viitattu 23.3.2023.

Lehikoinen Laura 2008. Puhdistustehokkuuden parantaminen eräällä metsäteollisuuden jätevedenpuhdistamolla. Ympäristötekniikan ja ympäristöbiotekniikan koulutusohjelma. Lahden ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/handle/10024/12094>. Viitattu 15.3.2023.

Linnaeus ECO-TECH 2012. Biological treatment of car wash waste waters – a reduction survey. Pdf-tiedosto. Julkaistu marraskuu 26-28, 2012. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwia7Zfs0aH-AhUrSfEDHQalBnMQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fopen.lnu.se%2Findex.php%2Fecotech%2Farticle%2Fdownload%2F494%2F430%2F1513&usg=AOvVaw0gGarbTpnOBGhBCZIHaz7R>. Viitattu 12.4.2023.

Malinen, Tiina 2008. TOC-analysointimenetelmien käyttöönnotto ja validointi. Opinnäytetyö. Laboratorioalan koulutusohjelma. Metropolia-ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/handle/10024/1442>. Viitattu 24.2.2023.

Naturvårdsverket 2005. Fordonstvättar. Pdf-tiedosto. Julkaistu toukokuu 2005. <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/8200/620-8207-8.pdf>. Viitattu 27.1.2023.

Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2022. Joutsenmerkin kriteerit. Pdf-tiedosto. Julkaistu 29.11.2022. https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2022/06/074f_3_6_CD.pdf. Viitattu 26.4.2023.

Pohjoismainen Ympäristömerkintä 2023. Ajoneuvojen puhdistusaineet. Pdf-tiedosto. Julkaistu 21.2.2023. https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2022/05/013f_6_13_CD.pdf. Viitattu 26.4.2023.

Savolainen Juri 2020. Sulfaatin mikrobiologinen pelkistäminen kaivosteollisuuden vedestä. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/handle/10024/340546>. Viitattu 24.2.2023.

Suokko, Joel 2018. Vattenrening vid biltvätt. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. KTH Vetenskap och konst. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1219413/FULLTEXT01.pdf>. Viitattu 9.2.2023.

Tintolav 2021. Safety Data Sheet. Pdf-tiedosto. Julkaistu 11.19.2021. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj9Obdwer-AhUDSPEDHYodA3UQFnoECCcQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.tintolav.com%2Fen%2Fproducts%2Fhygienfresh%2Fproduct%2Fdownload%2Ffile_id-10784.html&usg=AOvVaw0d8QypVurT6S_11OI_jy7A. Viitattu 10.5.2023.

Tukes julkaisuaika tuntematon. Erityistä huolta aiheuttavat aineet (SVHC). Verkojulkaisu. Tukes.fi verkkopalvelu kemikaaleista. <https://tukes.fi/kemikaalit/reach/luvanvaraiset-aineet/erityista-huolta-aiheuttavat-aineet>. Viitattu 9.5.2023.

Valtonen, Sanni 2011. Autopesuloiden jätevesien biologinen puhdistaminen. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Lahden ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/handle/10024/40399>. Viitattu 24.2.2023.