

Yleisökuivakäymälöiden jätehuollon kehittäminen luonnon vir- kistyskäyttöalueilla

Case: Metsähallitus



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, biotalouden liiketoiminnan kehittäminen

Kevät, 2020

Lauri Värri

Biotalouden liiketoiminnan kehittäminen
Visamäki

Tekijä	Lauri Värri	Vuosi 2020
Työn nimi	Yleisökuivakäymälöiden jätehuollon kehittäminen luonnon virkistyskäyttöalueilla, Case: Metsähallitus	
Työn ohjaaja/t	Ilpo Pölönen	

TIIVISTELMÄ

Yleisökuivakäymälät ovat yksi luonnon virkistyskäyttöalueiden peruspalveluista retkeilijöille. Virkistyskäyttöalueiden erityispiirteet asettavat kuitenkin merkittäviä haasteita käymäläjätehuollolle. Samalla voimakkaasti kasvava käyntimäärien kasvu lisää entisestään palvelurakenteisiin kohdistuvaa kuormituspainetta. Tämän selvitystyön tavoitteena oli tunnistaa luonnon virkistyskäyttöalueiden käymäläjätehuollon keskeiset haasteet Suomessa ympäristönsuojelun ja huollon kannalta sekä kartoittaa vaihtoehtoisia ratkaisuja havaittujen ongelmien ratkaisemiksi. Työ tehtiin toimeksiantona Metsähallitus Luontopalveluille.

Selvitystyössä paneuduttiin paitsi Suomen, mutta myös Ruotsin ja Yhdysvaltojen luonnon virkistyskäyttöalueiden käymäläjätehuoltoon. Työn yhteenvedona laadittiin joukko kehittämissuhteita, jotka koskevat sekä selvitykseen osallistuneita kansallispuistoja Suomessa että laajemmin Suomen valtion omistamilla suojelualueilla tapahtuvaa käymäläjätehuoltoa. Lisäksi selvitystyö sisältää laskennallisia arvioita käymäläjätteestä aiheutuvan maksimaalisen ravinnekuormituspaineen tasosta kansallispuistoissa.

Käymäläjätteestä peräisin olevaan ravinnekuormitukseen vaikuttaa erityisesti alueelle tehtyjen käyntien kokonaisviipymä sekä nestemäisen jätteen hallinta. Voimassa olevan lainsäädännön ja määräysten vaatimuksia on luonnon virkistyskäyttöalueiden käymäläjätehuollossa vaikea tai jopa mahdoton saavuttaa nykyisin saatavilla olevalla tekniikalla. Toisaalta jätehuoltomääräyksissä ja -ohjeissa luonnon virkistyskäyttöalueiden erityispiirteet ovat huomioitu puutteellisesti. Ympäristönsuojeluun sekä asiakas- ja työturvallisuuteen liittyvien riskien pienentämiseksi tulisi jatkossa keskittyä ulosteperäisiä taudinaiheuttajia sisältävän suotonesteen määrän vähentämiseen. Käytännössä tämän voisi toteuttaa muuttamalla käymälät virtsan erotteleviksi ja käsitellä eroteltu virtsa käymäläkohteella esimerkiksi maimeytyskentässä. Tällä muutoksella pienennettäisiin ympäristöön

kohdistuvaa negatiivisia vaikutuksia mutta samalla parannettaisiin asiakas- ja työturvallisuutta kansallispuistojen kuivakäymälöissä.

Avainsanat Kuivakäymälät, virkistyskäyttö, jätehuolto

Sivut 191 sivua, joista liitteitä 14 sivua

Bioeconomy Business Development
Visamäki

Author	Lauri Värri	Year 2020
Subject	Development of public dry toilet waste management in recreational wilderness areas, Case: Metsähallitus	
Supervisors	Ilpo Pölönen	

ABSTRACT

Dry toilets are one of the basic services provided for visitors in recreational wilderness areas. Operational environment for toilet waste management in these areas is challenging. At the same time the growing number of visitors in recreational areas is increasing the stress and loading on service infrastructure etc. toilets. The objective of this study was to recognize the major challenges in toilet waste management in recreational wilderness areas and to find alternative solutions to solve them. Study was commissioned by the Metsähallitus Parks & Wildlife Finland.

This study consists of toilet waste management surveys done in Finland, Sweden and United States, proposed decisions on toilet waste management on Finnish nature reserve areas and calculated estimates of potential nutrient loads to the environment.

Overall duration of the visits and the management of liquid toilet waste are the key issues when estimating the potential nutrient load. Meeting the requirements of the national law and regulations are hard or even impossible to achieve with available technology. On the other hand, the special characteristics of operational environment are poorly taken into account in current waste management regulations. To reduce the environmental risks and hazards for public health and work safety, more focus should be directed into reducing the amount of liquids containing fecal pathogens, like leachate. It is suggested that using urine diversion toilets and on-site urine processing, e.g. a small septic field, should be started. That would reduce negative environmental impacts but also would improve working safety and public health in national park dry toilets.

Keywords Dry toilet, recreational use of forests, waste management

Pages 191 pages including appendices 14 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSMENETELMÄT.....	2
3	LUONNON VIRKISTYSKÄYTTÖ.....	3
3.1	Virkistyskäyttöön soveltuvat alueet Suomessa.....	5
3.2	Luonnon virkistyskäytön kasvu kansallispuistoissa ja muilla retkeilyyn tarkoitetuilla alueilla.....	9
3.3	Metsähallitus valtion maa- ja vesialueiden hallinnoijana.....	11
3.4	Valtion suojelu -ja virkistysalueiden hoito ja käyttö.....	12
4	TOIMINTAA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ.....	14
4.1	Valtion suojelualueiden käyttöä koskeva lainsäädäntö.....	14
4.2	Kuivakäymälöitä ja kuivakäymäläjätteen käsittelyä koskevat säädökset.....	15
4.3	Luonnon virkistyskäyttöalueiden asiakasturvallisuuteen liittyvät säädökset...	18
4.4	Käymälähuoltoon liittyvät työturvallisuussäädökset.....	19
5	KUIVAKÄYMÄLÄJÄTE.....	20
5.1	Virtsa.....	21
5.2	Uloste.....	23
5.3	Suotoneste.....	24
6	KUIVAKÄYMÄLÄ JA SEN TOIMINTAPERIAATTEET.....	26
6.1	Kompostikäymälä.....	27
6.2	Virtsan erottelu.....	30
6.3	Katsaus käytössä oleviin kuivakäymäläratkaisuihin.....	31
6.4	Kuivakäymälätekniikan valintaan vaikuttavat tekijät yleisökohteilla.....	40
7	KUIVAKÄYMÄLÄJÄTTEEN KOMPOSTOINTI JA KÄSITTELY.....	40
7.1	Kompostoitumisprosessi.....	40
7.2	Kuivakäymäläjätteen kompostointi.....	42
7.3	Kuivakäymäläjätteen vaikutukset ympäristölle.....	47
7.4	Kuivakäymäläjätteen vaikutus asiakas- ja työturvallisuudelle.....	47
8	LUONNON VIRKISTYSKÄYTTÖALUEIDEN KÄYMÄLÄJÄTEHUOLTO RUOTSISSA JA YHDYSVALLOISSA.....	49
8.1	Käymäläjätehuolto Ruotsin esimerkkialueilla.....	49
8.1.1	Tyrestan kansallispuisto.....	51
8.1.2	Färnebofjärdenin kansallispuisto.....	54
8.1.3	Skoleskogenin kansallispuisto ja Högbondenin majakkasaari.....	58
8.1.4	Tukholman saaristo ja Tukholman saaristosäätiö.....	64
8.2	Virkistyskäyttöalueiden käymäläjätehuolto Yhdysvalloissa.....	71
8.2.1	Luonnon suojelualueiden hallinnointi ja toimintaympäristö Yhdysvalloissa.....	72

8.2.2	Suosituks	käymäläjätehuollon järjestämisestä	73
8.2.3	Käymäläjätehuollon toteutus käytännössä		76
9	BIOHIILEN POTENTIAALI SUOTUONESTEEN HALLINNASSA		79
9.1	Mitä on biohiili?		83
9.2	Biohiilen valmistus		84
9.3	Biohiilen rakenne ja ominaisuudet		86
9.4	Biohiilen käyttökelpoisuus kuivakäymälästä peräisin olevan ravinnepitoisen nesteen käsittelyssä		90
10	KANSALLISPUISTOJEN KÄYMÄLÄJÄTEHUOLTO SUOMESSA KOLMEN ESIMERKKIKOHTEN KAUTTA TARKASTELTUNA		92
10.1	Sipoonkorven kansallispuiston käymäläjätehuoltoselvitys		93
10.1.1	Taustatietoja Sipoonkorven kansallispuistosta ja sen käytöstä		93
10.1.2	Sipoonkorven kansallispuiston käymäläjätehuollon nykytilan kuvaus		96
10.1.3	Käymäläjätemäärät Sipoonkorven kansallispuistossa		104
10.1.4	Sipoonkorven käymälöiden hygieenisuus ja vaikutus ympäristöön		106
10.1.5	Havainnot ja kehittämissuhteet Sipoonkorven käymäläjätehuoltoon		107
10.2	Rokuan kansallispuiston ja suojelualueiden käymäläselvitys		108
10.2.1	Taustatietoja alueesta ja alueen käytöstä		108
10.2.2	Rokuan käymäläjätehuollon nykytilan kuvaus		111
10.2.3	Käymäläjätemäärät Rokualla		117
10.2.4	Käymälöiden hygieenisuus ja vaikutukset ympäristöön		118
10.2.5	Kehittämissuhteet Rokuan alueen käymäläjätehuoltoon		119
10.3	Pyhä-Luoston kansallispuiston käymäläjätehuoltoselvitys		120
10.3.1	Taustatietoja Pyhä-Luoston kansallispuistosta ja sen käytöstä		120
10.3.2	Pyhä-Luoston kansallispuiston käymäläjätehuollon nykytilan kuvaus		122
10.3.3	Käymäläjätemäärät Pyhä-Luoston kansallispuistossa		131
10.3.4	Pyhä-Luoston käymälöiden hygieenisuus ja vaikutukset ympäristöön		135
10.3.5	Havainnot ja kehittämissuhteet Pyhä-Luoston kansallispuiston käymäläjätehuoltoon liittyen		137
10.4	Ihmisperäisen jätteen aiheuttama potentiaalinen ravinnekuormitus kansallispuistojen alueelle		138
11	KIINTEÄN KUIVAKÄYMÄLÄJÄTTEEN MÄÄRÄN ENNAKOINTI KANSALLISPUISTOISSA		146
12	KEHITYSSUHDOTUKSET KUIVAKÄYMÄLÖIDEN NESTEMÄISEN JÄTTEEN KÄSITTELYYN		148
12.1	Nesteiden kerääminen, poiskuljetus ja jatkokäsittely		149
12.2	Käymälänesteiden puhdistus erillisellä suodattimella		150
12.3	Virtsan käsittely pienikokoisen maimeyttämön avulla		151
12.4	Käymäläkohteen uudelleen sijoittaminen		154
12.5	Virtsan erotteluun soveltuva käymälätekniikka käymäläkohteilla		155
13	YHTEENVETO JA JATKOTUTKIMUSAIHEET		156
	LÄHTEET		159

Liitteet

- Liite 1 Pookivaaran käymälän huoltotila ja suotonesteen koontijärjestelmä
- Liite 2 Ote Pyhä-Luoston kansallispuiston kartasta
- Liite 3 Clivus – kuivakäymälä Pyhälatvan laavulla Pyhä-Luoston kansallispuistossa
- Liite 4 Mullis 2000 - käymälän tyhjennysvaiheet Högbondenin saarella
- Liite 5 Kansallispuistojen käyntimäärän kehitys ja pinta-alojen kehitys 2001-2018
- Liite 6 Ympäristökuormitukseen vaikuttavat tekijät kansallispuistojen käymäläjätehuoltoketjussa.
- Liite 7 Ote Sipoonkorven kansallispuiston kartasta
- Liite 8 Ote Tyrestan kansallispuiston kartasta
- Liite 9 Ote Färnebofjärdenin kansallispuiston kartasta
- Liite 10 Ote Skoleskogenin kansallispuiston kartasta
- Liite 11 Ote Yhdysvaltojen kansallispuistoverkoston kartasta
- Liite 12 Käymäläjätehuoltoselvityksen maastolomake

1 JOHDANTO

Luonnon virkistyskäytön suosio on lisääntynyt voimakkaasti niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. Luonnon virkistyskäytön suosion taustalla on nähtävissä globaalit megatrendit kuten kaupungistuminen, elämyshakuisuus, luontoyhteyden etsiminen sekä oman hyvinvoinnin ylläpitäminen ja parantaminen. Käytännössä tämä näkyy erilaisten suojelu- ja virkistyskäyttöalueiden käyntimäärien kasvuna ja tästä seuraavana palvelurakenteisiin kohdistuvana kuormituspaineen kasvuna.

Yleisökuivakäymälät ja niihin liittyvä käymäläjätehuolto ovat yksi luonnon virkistyskäyttöalueilla olevista peruspalveluista retkeilijöille. Toimintaympäristön erityispiirteet, kuten pitkät huoltoetäisyydet, vaikeakulkuinen maasto sekä ilmastolliset tekijät asettavat haasteita sekä huollon että ympäristönsuojelun näkökulmasta. Lisäksi olemassa olevan lainsäädännön ja jätehuoltoon liittyvien ohjeiden huomiointi käytännössä on osoittautunut haasteelliseksi tai jopa mahdottomaksi. Samaan aikaan ihmisiä kannustetaan menemään luontoon muun muassa sen tarjoaminen hyvinvointivaikutusten takia.

Suomessa merkittävimpien suojelu- ja virkistyskäyttöalueiden hallinnointi ja ylläpitovastuu on Metsähallitus Luontopalveluilla, joka ylläpitää niillä olevia palvelurakenteita kuten yleisökuivakäymälöitä. Luontopalveluilla oli konkreettinen tarve teettää selvitystyö, jossa selvitetäisiin käymäläjätehuoltoon liittyvät haasteet sekä mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja asioiden korjaamiseksi. Olen seurannut metsien virkistyskäyttöön liittyvän opetuksen kautta näiden alueiden käyntimäärien kasvua sekä siitä seuranneiden ongelmien kehittymistä. Tämän takia selvitystyön aiheeseen oli luonteva tarttua, vaikka ympäristötekniikkaan tai käymäläjätehuoltoon liittyvä osaamista ei ennen tähän selvitystyöhön ryhtymistä ollut.

Tämän selvitystyön tavoitteena oli tunnistaa Luontopalveluiden käymäläjätehuollon keskeiset haasteet ja kartoittaa ratkaisuvaihtoehtoja ongelmien ratkaisemiseksi. Tarkastelussa keskityttiin huollon ja ympäristönsuojelun kannalta merkityksellisimpään jätejakeeseen eli nestemäiseen käymäläjätteeseen. Lisäksi perehdyttiin vastaavaan tilanteeseen Suomen rajojen ulkopuolella, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. Myös biohiilen potentiaalia käymälänesteiden käsittelyssä tarkasteltiin omassa luvussaan. Selvitystyöllä lähdettiin hakemaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin: Minkälaisia haasteita ja negatiivisia vaikutuksia kuivakäymälöistä aiheutuu huollolle ja ympäristölle? Miten käymäläjätehuolto on järjestetty tällä hetkellä kansallispuistoissa Suomessa? Minkälaisia rajoitteita toimintaympäristö asettaa käymäläjätehuollolle? Minkälaisilla menetelmillä tai teknisillä ratkaisuilla havaittuja ongelmia voidaan ratkaista? Mikä on biohiilen potentiaali kuivakäymälän nesteistä aiheutuvien ongelmien ratkaisemisessa?

2 TYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Selvitystyön tarkoitus oli selvittää Suomessa sijaitsevien luonnonvirkistyskäyttöalueiden yleisökuivakäymälöiden nestemäisen jätteen aiheuttamia haasteita huollolle ja ympäristöllä sekä kartoittaa ratkaisuja ongelmien ratkaisemiksi. Selvitys tehtiin toimeksiantona Metsähallitus Luontopalveluille, jonka takia tarkastelu Suomessa rajattiin koskemaan kansallispuistoja ja niiden käymäläjätehuolto. Tässä työssä kuivakäymäläjätetä tarkastellaan ensisijaisesti jätteenä ja jätehuollon näkökulmasta, jonka takia kuivakäymälöihin perinteisesti liitettävää ravinteiden kierrätyksen näkökulmaa ei käytännössä huomioida.

Tässä raportissa tarkastellaan kuivakäymäläjätehuoltoa luonnon virkistyskäytön, lainsäädännön sekä kuivakäymälätekniikan ja jätteen käsittelyn näkökulmasta. Tarkastelu ulotetaan soveltuvin osin myös Suomen rajojen ulkopuolella Ruotsiin ja Yhdysvaltoihin. Tarkastelussa on tuotu esille myös biohiilen potentiaali käymäläjätehuollon kehittämisessä. Raportti sisältää kolmen Suomessa sijaitsevan kansallispuiston käymäläselvitykset, jotka toteutettiin tämän selvitystyön yhteydessä. Raportin loppuosassa esiteltävät selvitystyön tulokset sekä niihin liittyvät laskelmat pohjautuvat suurelta osin Suomessa tehtyihin käymäläselvityksiin.

Selvitystyö tehtiin tapaustutkimuksena, sillä se keskittyy tarkastelemaan kuivakäymälöitä ja niiden jätehuoltoon liittyviä asioita erikseen rajatuissa käyttöympäristöissä. Tutkimusongelmia olivat seuraavat: Minkälaisia haasteita ja negatiivisia vaikutuksia kuivakäymälöistä aiheutuu huollolle ja ympäristölle? Miten käymäläjätehuolto on järjestetty tällä hetkellä kansallispuistoissa Suomessa? Minkälaisia rajoitteita toimintaympäristö asettaa käymäläjätehuollolle? Minkälaisilla menetelmillä tai teknisillä ratkaisuilla havaittuja ongelmia voidaan ratkaista? Mikä on biohiilen potentiaali kuivakäymälän nesteistä aiheutuvien ongelmia ratkaisemisessa?

Selvitystyön tiedon keruu voidaan jakaa kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa kerättiin tietoa Suomen kansallispuistojen käymäläjätehuollon nykytilasta tekemällä käymäläselvitys kolmen eri kansallispuiston osalta. Käymäläselvitys sisälsi maastoinventoinnin, jossa kerättiin yhdenmukaiset tiedot käymälöistä erilliselle maastoinventointilomakkeella (liite 12). Havaintotietoja täydennettiin haastattelemalla käymälöiden huollosta vastaavia henkilöitä maastokäyntien yhteydessä sekä maastokäyntien jälkeen. Lisäksi hyödynnettiin olemassa olevaa kansallispuistoihin liittyvää aineistoa kuten kävijätutkimuksia.

Tiedonkeruun toisessa vaiheessa keskityttiin selvittämään luonnon virkistyskäyttöalueiden käymäläjätehuollon toimintatapoja Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. Ruotsin osalta kerättiin laadullinen aineisto neljän eri luonnon virkistyskäyttöalueen osalta. Aineisto koostui maastokohteilla tehdyistä

havainnoista sekä käymäläjätehuollosta vastaavien henkilöiden haastatteluista. Haastattelut tehtiin maastokäyntien yhteydessä ja tietoja täydennettiin maastokäyntien jälkeen. Yhden kansallispuiston osalta toteutettiin erillinen henkilökunnan haastattelu Skype-etäyhteydellä. Kerätty aineisto koostui muistiinpanoista ja kuvamateriaaleista, joita hyödynnettiin analysointivaiheessa. Yhdysvaltojen osalta tietoa kerättiin perehtymällä olemassa oleviin julkaistuihin digitaalisiin materiaaleihin sekä puhelinhaastattelumalla yhden kansallispuiston käymäläjätehuollosta vastaavan henkilöä. Etäyhteydellä tai puhelimella tehdyissä haastatteluissa, Ruotsin ja Yhdysvaltojen osalta, käytettiin aina kyseistä haastattelua varten laadittuja kysymyksiä. Maastossa tehtyjen haastattelujen pohjalta tehdyt, raporttiin kirjatut, johtopäätökset on tarkistettu haastateltavilta henkilöiltä yhtä henkilöä lukuun ottamatta. Näiden lisäksi aineistoa kerättiin laaja-alaisesti perehtymällä kuivakäymälätekniikkaan, niiden jätteiden käsittelyyn sekä biohiileen käytettävissä olevan tutkimustiedon sekä lainsäädännön näkökulmasta.

Kerättyjen tietojen analysointivaiheen ensimmäisessä vaiheessa muodostettiin kokonaiskuva käymäläjätehuoltoon liittyvistä ongelmista Suomessa ja hahmotettiin käymäläjätehuoltoon vaikuttavat ja rajoittavat tekijät. Tähän vaiheeseen sisältyi myös Ruotsin ja Yhdysvaltojen aineistojen analysointi, jonka pohjalta muodostettiin käsitys käymäläjätehuollon toimintamalleista ja käytössä olevista teknisistä ratkaisuista sekä toimintaan liittyvistä ongelmakohdista vertailumaissa.

Analysoinnin toisessa vaiheessa yhdistettiin olemassa oleva tieto käymäläteknisistä ratkaisuista sekä saadut havainnot Ruotsista ja Yhdysvalloista. Tätä tietoa verrattiin Suomen vallitsevaan käymäläjätehuollon tilanteeseen ja pyrittiin löytämään Suomen olosuhteisiin ja toimintaympäristöön soveltuvia ratkaisuvaihtoehtoja käymäläjätehuollon ongelmiin. Koska yleisökuivakäymälöiden ympäristövaikutuksista ei ollut saatavilla aiempaa tutkimusaineistoa, katsottiin aiheelliseksi tehdä omat laskennalliset arviot kansallispuistokäyntien aiheuttamasta maksimaalisesti ravinnekuormituspotentiaalista Suomessa. Tämän lisäksi tehtiin laskennalliset arviot kiinteän käymäläjätteen määrän muodostumisesta kansallispuistoissa, perustuen Suomesta kerättyyn maastohavaintoaineistoon ja Metsähallituksen keräämiin tilastoihin.

3 LUONNON VIRKISTYSKÄYTTÖ

Luonnon virkistyskäytöllä tarkoitetaan vapaa-ajan viettämistarkoituksessa luonnonympäristössä tapahtuvaa oleskelua ja liikkumista joko lihasvoimin tai moottoriajoneuvolla kuten moottorikelkkaillen tai veneillen. Käsite sisältää muun muassa luonnon tarkkailua, harrastamista luonnossa, retkeilyä, omatarve sienestystä tai marjojen keräämistä tapahtui se sitten koti-

paikkakunnalla, vapaa-ajan asunnon läheisyydessä tai muun matkailun yhteydessä. Käytännössä kaikki jokamiehen oikeuksien perusteella luonnossa tapahtuva toiminta lasketaan luonnon virkistystoimintaan. Tämän lisäksi myös eräät luvanvaraiset toiminnot kuten metsästys ja luvanvarainen virkistyskalastus kuuluvat virkistyskäytön piiriin. *Luonnon virkistyskäyttökäsitteen kanssa käytetään rinnakkain ulkoilu-käsitettä. Sitä käytetään pääasiassa luonnon virkistyskäyttöä koskevassa ihmiskeskeisessä tarkastelussa esimerkiksi puhuttaessa jonkin väestön tai väestö- tai harrastajaryhmän ulkoilukäyttäytymisestä. Tähän liittyviä tukikäsitteitä ovat muun muassa ulkoilija, ulkoilukerta ja ulkoiluharrastus.* (Sievänen, 2011, s. 12-13)

Jokamiehen oikeudet (Kuva 1) ovat keskeisessä roolissa luonnon virkistyskäytön kannalta. Jokamiehen oikeudet mahdollistavat jokaiselle Suomessa oleskelevalle, suomalaiselle ja ulkomaalaiselle, oikeuden käyttää luontoa maksutta tai ilman erillistä lupaa riippumatta siitä kuka alueen omistaa. Jokamiehen oikeuksien perusteella toimivat ovat kuitenkin velvoitettuja toimimaan siten, ettei toiminnasta aiheudu luonnolle eikä maanomistajille haittaa tai häiriötä.

Saat	Et saa
<ul style="list-style-type: none"> - liikkua jalan, hiihtäen tai pyöräillen muualla kuin pihamaalla ja erityiseen käyttöön otetuilla alueilla (esimerkiksi viljelyksessä olevat pellot ja istutukset) - oleskella tilapäisesti alueilla, missä liikkuminenkin on sallittua (esimerkiksi teltoilla riittävän etäällä asumuksista) - poimia luonnonmarjoja, sieniä ja kukkia - onkia ja pilkkiä - kulkea vesistöissä ja jäällä 	<ul style="list-style-type: none"> - aiheuttaa häiriötä tai haittaa toisille tai ympäristölle - häiritä lintujen pesintää ja riistaeläimiä - kaataa tai vahingoittaa puita - ottaa sammalta, jäkälää, maa-ainesta tai puuta - häiritä kotirauhaa - roskata - ajaa moottoriajoneuvolla maastossa maalla ilman maanomistajan lupaa - kalastaa ja metsästää ilman asianomaisia lupia

Kuva 1. Jokamiehen oikeudet tiivistetysti esitettynä Ympäristöhallinnon [www-sivuilla](http://www.sivuilla) (Ympäristö.fi, 2017).

Luonnon virkistyskäyttö kohdistuu usein lähimetsiin, jotka ovat pääasiassa yksityisomisteisia talousmetsiä. Yhä enenevässä määrin virkistyskäyttö kohdentuu myös valtion mailla oleviin kansallispuistoihin sekä erämaa- ja retkeilyalueille. Nämä Metsähallituksen luontopalveluiden hallinnoimat alueet tarjoavat laajan kirjon retkeily- ja vaellusmahdollisuuksia ympäri Suomea. (Maa- ja metsätalousministeriö, n.d). Edellä mainittujen virkistämiseen tarkoitettujen alueiden lisäksi Suomesta löytyy paljon kuntien ja kaupunkien sekä maakunnallisten virkistysalueyhdistysten ylläpitämiä retkeilyalueita ja -reittejä.

Luonnon virkistyskäytön valtakunnallisen inventointitutkimuksen mukaan lähes kaikki suomalaiset (96 %) harrastavat ulkoilua jonkin verran, keskimäärin 2-3 kertaa viikossa. Motiiveina ulkoilulle ovat halu liikkua ja rentoutua luonnossa sekä kokea luonnon läheisyyttä. Yleisiä luonnon virkistyskäyttömuotoja ovat liikkuminen lihasvoimin luonnossa eri vuodenaikoina,

uiminen, erilaisten luonnontuotteiden keruu, kalastus ja erityisesti miesten keskuudessa metsästys. (Sievänen & Neuvonen, 2011, s.25 - 129)

3.1 Virkistyskäyttöön soveltuvat alueet Suomessa

Suomi on harvaan asuttu maa, jossa on paljon vesistöjä, joten virkistyskäyttöön soveltuvia ympäristöjä on tarjolla runsaasti. Ulkoilukäyttöön soveltuvia ympäristöjä ovat niin kaupunkien ja taajamien reuna-alueet, maaseudun vakinaisen ja vapaa-ajan asutuksen lähiympäristöt, talousmetsät, järvien rannat, saaret, erityiset luontokohteet ja vesialueet. Erityisesti virkistyskäyttöön tarkoitettuja alueita ylläpitävät kunnat, kaupungit sekä valtio. Näiden lisäksi on maakunnallisia virkistysalueyhdistyksiä, jotka ylläpitävät lukuisia virkistyskäyttökohteita Etelä-, Keski- ja Itä-Suomen alueella (Suomen virkistysalueyhdistykset, n.d.). Näille alueille on rakennettu erityisesti virkistystoimintaa palvelevia rakenteita. Kuntien ja kaupunkien tarjoamat palvelut on suunnattu erityisesti kuntalaisten lähivirkistysalueiksi, kun taas valtion mailla olevat virkistysalueet ja -palvelut ovat suunniteltu palvelemaan paikallisväestöä laajempaa käyttäjäryhmää. (Sievänen, 2011, s. 12)

Tässä selvitystyössä Suomessa olevien virkistysalueiden tarkastelu rajataan koskemaan vain valtion maa- ja vesialueita. Lisäksi työ sisältää Ruotsissa ja Yhdysvalloissa olevien kohteiden tarkastelua, joiden omistus ja hallinta voi olla järjestetty muulla tavoin. Työn lopullisia tuloksia voidaan hyödyntää soveltuvien osin erilaisille luonnon virkistyskäyttöalueille riippumatta niiden maanomistus- tai -hallintajärjestelystä.

Metsähallituksen hallinnassa olevilla maa- ja vesialueilla saa liikkua jokamiehen oikeuksien perusteella kuka tahansa Suomessa oleskeleva henkilö. Käytännössä tämä mahdollistaa vapaan lihasvoimin liikkumisen luonnossa sekä antaa luvan marjastaa luonnon marjoja, sienestää sekä onkia ja pilkkiä. Tarvittaessa jokamiehen oikeuksia voidaan jollain alueilla rajoittaa, jos alueella on erillisiä suojelullisia tavoitteita tai muita käyttörajoitteita esimerkiksi puolustusvoimien harjoitusalueilla. Suojelualueilla on omat järjestyssäännöt, jotka määrittävät liikkumiseen ja luonnon käyttöön liittyvät rajoitukset. Järjestyssäännöt ovat lainvoimaisia ja ne ovat julkisesti nähtävillä Metsähallituksen www-sivuilta. Valtion mailla voi harjoittaa myös luvanvaraisesti tutkimus- ja yritystoimintaa, metsästystä sekä liikkua maastossa motorisoidulla laitteella kuten moottorikelkalla. Luvanvarainen toiminta on aina maksullista ja esimerkiksi suojelualueilla matkailijaryhmille ohjattua toimintaa järjestäviltä luontomatkailuyrityksiltä edellytetään kirjallisen sopimuksen tekoa Metsähallituksen kanssa. (Metsähallitus, 2018f; Metsähallitus, 2016b)

Valtaosa Metsähallituksen tarjoamista ja ylläpitämistä retkeilyä ja luonnon virkistyskäyttöä tukevista palveluista sijoittuu luonnonsuojelualueille tai alueille, joiden käyttöä jokamiehen oikeuksin on rajoitettu. Merkittävimm-

mät alueet virkistyskäytön kannalta ovat kansallispuistot, valtion retkeilyalueet (kuva 2) sekä Pohjois-Suomessa sijaitsevat laajat erämaa-alueet (kuva 3). Kaikki nämä alueet kuuluvat Euroopan unionin Natura 2000-verkostoon. (Metsähallitus, 2018g; Metsähallitus, 2018h)

Kansallispuistot ovat kaikille avoimia yli 1000 hehtaarin kokoisia luonnonsuojelualueita, jotka muodostavat rungon Suomen luonnonsuojeluverkostolle. Ne ovat perustettu lailla tai asetuksella valtion maalle ja niiden ensisijainen tehtävä on turvata luonnon monimuotoisuutta. Kansallispuistot sisältävät kansallisesti ja kansainvälisesti arvokkaita kansallismaisemia sekä muita luontonähtävyyksiä. Niiden avulla voidaan säilyttää tyypillistä suomalaista luontoa sellaisena kuin se esiintyy ilman ihmisen merkittävää vaikutusta. Alueita saa käyttää myös virkistyskäytössä mutta luonnonsuojelun ehtoilla. (Metsähallitus, 2018g; Metsähallitus, 2018i)

Suomessa on tällä hetkellä 40 kansallispuistoa ja niiden kokonaispinta-ala on 10 022 km². Suomen ensimmäiset kansallispuistot perustettiin vuonna 1938. Näistä sotien jälkeen Suomen puolelle jäivät Pallas-Ounastunturin ja Pyhätunturin kansallispuistot. Kyseisiä kansallispuistoja laajennettiin vuonna 2005 ja uusien kansallispuistojen nimiksi tulivat Pallas-Ylläksen kansallispuisto ja Pyhä-Luoston kansallispuisto. Viimeisin tulokas, Hossa, muutettiin valtion retkeilyalueesta kansallispuistoksi vuonna 2017 Suomi 100 vuotta juhluvuoden kunniaksi. (Metsähallitus, 2018j)



Kuva 2. Metsähallituksen hallinnoimat kansallispuistot, retkeilyalueet ja luontokeskukset. (Metsähallitus, 2018d)

Alkuun kansallispuistoverkoston kasvatettiin vaiheittain siten, että 1952 perustettiin seitsemän uutta kansallispuistoa ja vuonna 1982 11 kansallispuistoa. Tämän jälkeen tahti on ollut maltillisempaa ja perustamisia on tehty kansallispuisto kerrallaan muutaman vuoden välein. Suurimmat kansallispuistot sijaitsevat Pohjois-Suomessa. Kolme suurinta ovat Lemmenjoen kansallispuisto 2860 km², Urho Kekkosen kansallispuisto 2550 km² ja Pallas-Yllästunturin kansallispuisto 1020 km². Suurimmat pääosin vesialueita käsittävät kansallispuistot ovat Selkämeren kansallispuisto 940 km² ja Saaristomeren kansallispuisto 500 km². (Metsähallitus, 2018j) Yleisesti voidaan todeta, että mitä etelämmäs Suomea tullaan sitä pienempiä kansallispuistot ovat pinta-alaltaan. Tämä johtuu lähinnä siitä, että valtion maanomistus painottuu Itä- ja Pohjois-Suomeen, missä sillä on isoja yhtenäisiä alueita hallinnoitavana.

Valtion retkeilyalueet ovat tarkoitettu retkeilyyn ja muuhun virkistystoimintaan. Retkeilyalueet eivät ole varsinaisesti luonnonsuojelualueita

mutta ne kuuluvat Natura 2000-verkostoon. Ulkoilulain perusteella perustettuja retkeilyalueita on tällä hetkellä viisi: Evo, Ruunaa, Oulujärvi, Kylmäluoma ja Iso-Syöte. Näiden lisäksi Metsähallitus on itse perustanut Rovaniemen pohjoispuolella olevan Napapiirin retkeilyalueen sekä Inarin retkeilyalueen, joka käsittää puolet Inarijärvestä sekä maa-alueita Inarin taajaman eteläpuolella. Nämä retkeilyalueet vastaavat palveluiltaan ulkoilulain nojalla perustettuja retkeilyalueita. Valtion retkeilyalueiden kokonaispinta-ala on 242 km² ja napapiirin retkeilyalueen pinta-ala on 36 km². Inarin retkeilyalueen pinta-ala on 1215 km² ja se on monikertainen muihin retkeilyalueisiin verrattuna johtuen sen sisältämistä laajoista vesialueista Inarijärvellä. (Metsähallitus, 2018k; kts myös Metsähallitus, 2019e, Metsähallitus 2019f). Alueilta löytyy merkittäviä retkeilyreittejä, luontopolkuja, telttailualueita sekä laavuja. (Metsähallitus, 2018l)

Ulkoilulain perusteella perustettujen retkeilyalueiden erityispiirteenä on se, että niillä voidaan harjoittaa metsätaloutta, kalastus ja metsästystä sekä harjoittaa muuta maa- ja vesialueiden käyttöä virkistyskäytön rinnalla, kunhan virkistystoiminnan tarpeet tulee riittävässä määrin huomioida. (Ulkoilulaki 606/1973, 16§)

Erämaa-alueet sijaitsevat Pohjois-Suomessa ja ne on perustettu erämaailloilla vuonna 1991. Alueet eivät ole varsinaisia luonnonsuojelualueita mutta ne kuuluvat Natura 2000-verkostoon. Alueilla ei myöskään harjoiteta metsätaloutta ja esimerkiksi kaivostoiminta ja teiden rakentaminen ovat kiellettyä muutoin kuin valtioneuvoston luvalla. Erämaa-alueiden tarkoitus on säilyttää näiden alueiden erämainen luonne sekä turvata alueen saamelaiskulttuuri ja luontaiselinkeinot kuten porotalous, metsästys ja kalastus. Samalla pyritään ylläpitämään ja lisäämään mahdollisuuksia luonnon monipuoliselle käytölle. Yhteensä erämaa-alueilta on 12 (kuva 3) ja niiden yhteispinta-ala on 14 891 km². Erämaa-alueet soveltuvat vaativaan useita päiviä kestävään omatoimiretkelyyn kokeneelle retkeilijälle. Alueet ovat lähes luonnontilaista erämaata, jossa ei ole palveluja, teitä tai merkittäviä reittejä muutamia yksittäisiä Metsähallituksen huoltamia autiotupia lukuun ottamatta. (Metsähallitus, 2018m; Metsähallitus, 2019d)



Kuva 3. Lapin erämaa-alueet. (Metsähallitus, 2019d)

3.2 Luonnon virkistyskäytön kasvu kansallispuistoissa ja muilla retkeilyyn tarkoitettuilla alueilla

Luonnon virkistyskäyttö on lisääntynyt voimakkaasti viimeisen vuosikymmenten aikana ja tätä muutosta on selitetty globaaleilla megatrendeillä, jotka vaikuttavat laaja-alaisesti eri aloille. Konun, Tyrväisen, Pesosen, Tuulentien, ym. (2017, s.11-28) mukaan Suomen luontomatkailuun joko suoraan tai välillisesti vaikuttavia globaaleja trendejä ovat:

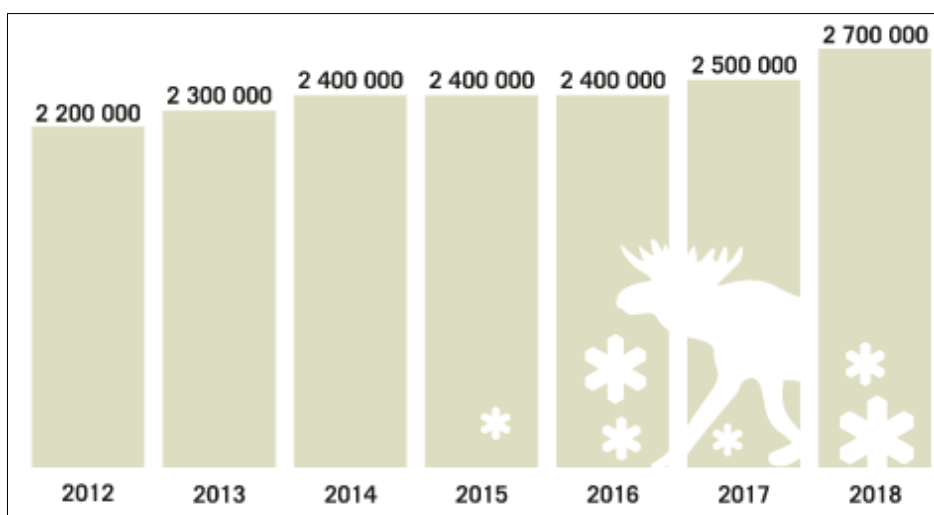
- Demografiset tekijät
- Turvallisuus
- Vastuullisuus, kestävyys ja ympäristötietoisuus
- Uudet teknologiat osana matkailua
- Digitaalinen yhteydenpito
- Jakamistalous
- Matkailijoiden motivaatiot ja kiinnostuksen kohteet
- Vapaaehtoismatkat
- Terveys, hyvinvoinnin ylläpitäminen ja parantaminen
- Luontoyhteyden etsiminen ja luontoresurssien hyödyntäminen
- Puhtaus
- Ruoka
- Arktisuus ja kylmyys
- Ilmastonmuutoksen tuomat vaikutukset
- Toimialojen välinen yhteistyö

Eryteisesti elämyshakuisuus, puhtaus, ilmastonmuutos, luontoyhteyden etsiminen, palvelujen digitalisointi, downshiftaus ja jakamistalous sekä oman

hyvinvoinnin ylläpitäminen ja parantaminen nähdään merkityksellisinä syinä luontomatkailun suosion kasvulle. (Tyrväinen, 2017)

Lisääntynyt luontomatkailun suosio on konkreettisesti havaittavissa, kun tarkastellaan luonnon virkistyskäyttöalueiden kävijä- tai käyntimääriä. Suomen kansallispuistojen yhteenlaskettua vuotuinen käyntimäärä ylitti vuonna 2002 ensimmäisen kerran miljoonan käynnin raja. Kahden miljoonan raja ylittyi vuonna 2011 ja vuonna 2018 käyntimäärä oli jo 3 167 800 käyntiä. Kun tähän lisätään kaikki Metsähallituksen hallinnoimat suojelualueet, kuten valtion retkeilyalueet ja muut virkistyskäytöllisesti merkittävät suojelualueet ja retkeilykohteet, nousee vuotuinen yhteenlaskettu käyntimäärä vuoden 2018 osalta lähes 6,9 miljoonaan (liite 5). Käyntimäärien kasvuun ovat omalta osaltaan olleet vaikuttamassa uusien kansallispuistojen perustaminen sekä olemassa olevien kansallispuistojen laajentaminen. (Metsähallitus, 2019g)

Vastaavanlainen kasvu on nähtävissä myös Suomen rajojen ulkopuolella esimerkiksi Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. Ruotsissa kävijämäärät ovat olleet tasaisessa kasvussa sekä kansallispuistoissa (kuva 4), että niiden yhteydessä olevissa *naturum*-opastuskeskuksissa. Vuonna 2018 kansallispuistojen kävijämäärän arviottiin olevan yhteensä 2,7 miljoonaa ja opastuskusten kävijämäärän yhteensä 1,8 miljoonaa. (Naturvårdsverket, 2019c; Naturvårdsverket, 2019d). Yhdysvalloissa kansallispuistojen käyntimäärät ovat olleet selkeässä kasvussa koko 2000-luvun (NPS, 2019a) Vuosina 2016 ja 2017 käyntimäärät saavuttivat 330 miljoonan käynnin rajan ja vaikka käyntimäärä pysyi kaksi vuotta samalla tasolla, nousi käynnin kesto edellisvuodesta. Vuonna 2018 käyntimäärä laski 318 miljoonaan, joka sekin on, vuonna 1904 alkaneen mittaushistorian, kolmanneksi suurin tilastoitu käyntimäärä. (NPS, 2018; NPS, 2019b)



Kuva 4. Kansallispuistojen kävijämäärän kehitys Ruotsissa vuosina 2012-2018. (Naturvårdsverket, 2019c)

Suomen, Ruotsin ja Yhdysvaltojen lukuja vertailtaessa on huomioitava se, että Suomen ja Yhdysvaltojen luvut kuvaavat kansallispuistoissa tehtyjen yksittäisten käyntien lukumäärää, kun taas Ruotsissa tilastoidaan kävijämäärä. Tilastointitapa on siis erilainen ja tästä syystä luvut eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Tosin ne kuvaavat selkeästi luonnon virkistysalueiden käytön kasvua.

3.3 Metsähallitus valtion maa- ja vesialueiden hallinnoijana

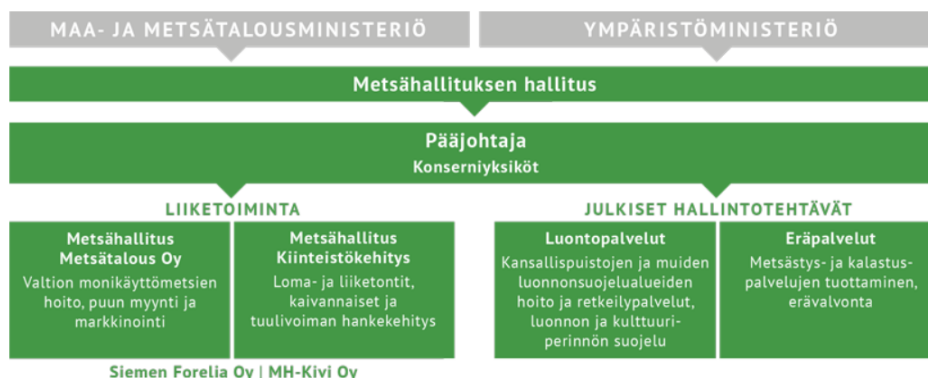
Suomen valtion omistamia maa- ja vesialueita hallinnoi valtion liikelaitos Metsähallitus, jonka tehtävänä on hoitaa ja käyttää valtion omaisuutta niin, että se hyödyttäisi suomalaista yhteiskuntaa mahdollisimman hyvin. (Metsähallitus, 2018a) Metsähallituksen toimintaa ohjaa Laki Metsähallituksesta (234/2016), jonka mukaan Metsähallitus käyttää, hoitaa ja suojelee hallinnassaan olevaa valtion maa- ja vesiomaisuutta kestävästi. Lisäksi toiminnan on oltava tuloksellista. (Laki Metsähallituksesta 234/2016 2§)

Hallinnoitavia maa-alueita on 9,143 miljoonaa hehtaaria ja vesialueita 3,419 miljoonaa hehtaaria. Yhteispinta-ala on noin 12,5 miljoonaa hehtaaria, joka vastaa lähes kolmannesta koko Suomen pinta-alasta. Suurin osa valtion omistamista maa-alueista sijaitsee maan itä- ja pohjoisosissa. (Metsähallitus, 2019a).

Metsähallituksen toimintaa ohjaa ylimpänä tahona eduskunta, joka hyväksyy vuosittain Metsähallituksen keskeiset palvelu- ja muut toimintatavoitteet. Samalla päätetään, minkä verran Metsähallituksen maanmyyntituloja ja maa- ja vesiomaisuutta voidaan käyttää uusien luonnonsuojelualueiden hankintaan. Metsähallituksen omistajaohjauksesta vastaa maa- ja metsätalousministeriö ja julkisten hallintotehtävien osalta Metsähallitus on myös ympäristöministeriön tulosohtauksessa (Laki metsähallituksesta 234/2016 9§). Varsinaiset liiketoiminnalliset tulostavoitteet päättää maa- ja metsätalousministeriö eduskunnan asettamien tavoitteiden pohjalta. Julkisista hallintotehtävistä ja niihin liittyvistä tavoitteista sekä rahoituksesta sovitaan vuosittain maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön kanssa. (Metsähallitus, 2016a)

Metsähallitus konsernin toiminta koostuu liiketoiminnasta sekä pääasiassa budjettivaroin toteutettavista julkisista hallintotehtävistä (Kuva 5). Liiketoiminta koostuu Kiinteistökehityksen vastuualueesta sekä kolmesta tytäryhtiöstä: Metsätalous Oy, Siemen Forelia Oy ja MH-Kivi Oy. Liiketoiminnallisesti merkittävin on Metsätalous Oy, joka tuottaa noin 85 % Metsähallituksen vuotuisesta tulosta. Sen tehtäviin kuuluu valtion talouskäytössä olevien metsien hoito sekä puun markkinointi ja myynti metsäteollisuuden tarpeisiin. Kiinteistökehityksen vastuualueeseen kuuluu lomatontteihin ja metsätiloihin liittyvä kiinteistötoiminta ja Metsähallituksen omistamien rakennusten myynti. Lisäksi se on aktiivinen hanketoimija tuulivoimaliiketoiminnassa. Siemen Forelia Oy tuottaa ja markkinoi sekä myy metsäpuiden

siemeniä ja MH-Kivi Oy vuokraa kiviainesten ottopaikkoja ja myy kiviainek-
sia. (Metsähallitus, 2018b)



Kuva 5. Metsähallituskonsernin julkisten hallintotehtävien alle sijoittuva Luontopalvelut vastaa muun muassa luonnonsuojelualueiden retkeilypalveluista, johon kuuluvat myös yleisökuivakäymälät. (Metsähallitus, 2018b)

Julkisista hallintotehtävistä vastaavat Luontopalvelut ja Eräpalvelut, joiden toimintakenttä on hyvin laaja. Luontopalveluiden vastuulle kuuluu luontotyyppien ja lajien suojelu sekä luonnonsuojelualueiden hankinta sekä luonnonsuojeluverkoston hoito ja käyttö. Luontopalvelut vastaa myös luonnon virkistyskäyttöön liittyvien palveluiden tuottamisesta ja kulttuuriomaisuu- den vaalimisesta. Eräpalveluiden tehtäviin kuuluu riista- ja kalatalouteen liittyvien hankkeiden toteutus, metsästys-, kalastus- ja moottorikelkkalu- pien myynti sekä erävalvonta Metsähallituksen alueilla. Näiden edellä mai- nittujen asioiden lisäksi julkisiin hallintotehtäviin kuuluu metsäpuiden sie- menten hankinta ja varmuusvarastointiin liittyvät tehtävät sekä erilaisia laissa säädettyjä tehtäviä. Nämä tehtävät liittyvät esimerkiksi erämaa-, ka- lastus-, maastoliikenne-, pelastus-, ulkoilu- ja poronhoitolakiin muutamia mainitakseni. (Metsähallitus, 2018b)

Metsähallitus konserni liikevaihto vuonna 2018 oli 366,4 miljoonaa euroa ja sen tulos oli 124,8 miljoonaa euroa. Tästä tuloutettiin suoraan valtiolle 102,9 miljoonaa euroa. Koko konsernin henkilötyövuodet vuonna 2018 oli- vat 1191 htv. (metsähallitus, 2019c).

3.4 Valtion suojelu -ja virkistysalueiden hoito ja käyttö

Metsähallituksen Luontopalvelut (myöhemmin Luontopalvelut) on jaettu hallinnollisesti neljään maantieteelliseen alueeseen (kuva 6), joilla on kolme yhteistä tehtäväkokonaisuutta: alueiden hallinta, luonnon ja kulttuuriperinnön suojelu sekä luonnon virkistys- ja matkailukäyttö (Metsähallitus, 2018c). Luontopalvelut vastaa lähes koko maan luonnonsuojelualueiden käytöstä. Käytännössä alueet ovat kansallispuistoja, luonnonpuis- toja, valtion retkeilyalueita sekä lapin laajoja erämaa-alueita. Luontopalve- luilla on myös vastuu monista kulttuuriperintökohteista. Suojelualueilla on

tärkeä rooli luonnon monimuotoisuuden ylläpitämiseksi erityisesti uhanalaisten lajien suojelussa. Tässä Luontopalveluilla on merkittävä rooli valtion mailla sekä toteuttajana, tiedon kerääjänä ja suojeluun liittyvien tietokantojen ylläpitäjänä. Luontopalvelut toteuttaa vuosittain erilaisia metsien ja soiden ennallistamistoimenpiteitä sekä perinneympäristöjen hoitoa yhteensä noin 6000 ha vuodessa. (Metsähallitus, 2018c)



Kuva 6. Metsähallitus Luontopalvelut on jaettu hallinnollisesti neljään alueeseen. (Metsähallitus, 2018c)

Luonnonsuojelutyön lisäksi Luontopalvelut tuottaa erilaisia luonnon virkistyskäyttöä ja matkailua tukevia palveluja valtion alueilla. Toiminnan lähtökohtana on tarjota maksuttomat peruspalvelut retkeilyyn ja luonnossa virkistytymiseen. Samalla luodaan toimintaedellytyksiä luontomatkailuyrityksille kehittää omia palveluitaan. Luontopalvelut ylläpitää maastossa olevia retkeilyrakenteita kuten luontopolkuja, laitureita, nuotio- ja taukopaikkoja, autiotupia, siltoja, latuja sekä moottorikelkkareittejä. Lisäksi luontopalvelut ylläpitää retkeilijöille suunnattuja luontoon.fi- ja retki-kartta.fi - sivustoja, joiden avulla välitetään tietoa luontokohteista ja palveluista. Kävijämäärä luonto- ja historiakohteissa on vuosittain lähes 7 miljoonaa käyntiä ja luontokeskuksissa noin 1 miljoona käyntiä. (Metsähallitus, 2018d; Metsähallitus, 2018g)

Julkisia hallintotehtäviä toteutetaan pääosin valtion talousarviossa osoitetuilla varoilla. Näistä pidetään erillinen kirjanpito sekä laaditaan erillinen

tilinpäätös. Lisäksi toiminnasta annetaan vuosittain toimintakertomus ohjaaville ministeriöille. Rahoitus koostuu pääasiassa eri ministeriöiltä tulevasta varoista, tulo-rahoituksesta ja EU-hankerahoituksesta. Tulorahoitus koostuu lähinnä metsästys- ja kalastuslupamyynnistä sekä vuokratuloista. (Metsähallitus, 2018e) Vuoden 2018 valtion talousarviosta saatu rahoitus oli yhteensä 43,6 miljoonaa euroa ja EU-hankerahoituksen määrä oli 4,3 miljoonaa euroa (Metsähallitus, 2019o).

Luontopalvelujen perusrahoitukseen liittyen tehtiin vuoden 2019 lopulla päätös, jonka mukaa valtiolta saatavaan perusrahoitukseen tehdään pysyvä tasokorotus, joka on 7,5 miljoonaa euroa vuodelle 2020 ja 9,5 miljoonaa euroa vuodelle 2021. Lisäys nostaa vuoden 2020 perusrahoituksen 38,8 miljoonaan euroon. Rahoituksen lisäys mahdollistaa pitkäjänteisen ja suunnitelmallisen kehittämistyön kansallispuistoissa, joilla parannetaan asiakasturvallisuutta sekä retkeilyn ja luontomatkailuyritysten toimintamahdollisuuksia. Lisäksi luontopalveluille on myönnetty vuodelle 2020 19,2 miljoonaa euroa investointirahaa, joka kohdennetaan suojelutyöhön ja retkeilypalvelujen kehittämiseen. Samainen investointitukea on ehdotettu myös vuodelle 2021. Lisärahoituksen avulla on tarkoitus kuroa kiinni luontokohteiden retkeilyrakenteiden korjausvelkaa, joka on Metsähallituksen arvioin mukaan noin 33 miljoonaa euroa (Metsähallitus, 2019p)

4 TOIMINTAA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Seuraavassa kuvataan tämän selvitystyön aiheen kannalta keskeinen lainsäädäntö. Tarkastelussa keskityttiin selvityskohteena olevien alueiden käyttöä ja kuivakäymälöitä ja niiden jätteen käsittelyä ohjaavaan lainsäädäntöön. Tämän lisäksi käsitellään asiakas- ja työturvallisuuden kannalta keskeistä lainsäädäntöä, jotka on huomioitava käymäläjätehuollon toteutuksessa ja sen kehittämisessä.

4.1 Valtion suojelualueiden käyttöä koskeva lainsäädäntö

Luonnonsuojelualueiden käyttöä säätelee luonnonsuojelulaki (1096/1996), jonka tavoitteena on lajien ja luontotyyppien suotuisan suojelutason säilyttäminen. Luonnonsuojelulaissa määritellään muun muassa luonnonsuojelualueet ja niiden eri tyypit sekä maisemansuojelualueet. Laissa annetaan myös erilaisia määräyksiä luonnonsuojelualueiden rauhoitusmääräyksistä, hoito ja käyttösuunnitelmasta, järjestyssäännöistä, suojelualueiden laajentamisesta sekä niiden rajojen määrittämisestä ja merkitysemisestä. (Metsähallitus, 2014, s. 31) Erämaa-alueiden osalta käytössä on erämaalaki (62/1991), jolla ohjataan kyseisten alueiden perustamista ja käyttöä.

Luonnonsuojelulain 19 §:n mukaan kansallispuistoille tulee laatia hoito- ja käyttösuunnitelma. Suunnitelmassa määritellään toimenpiteet puiston perustamistavoitteiden toteuttamiseksi. Hoito- ja käyttösuunnitelma voidaan tehdä tarvittaessa myös luonnonpuistoille tai muille luonnonsuojelualueille. Hoito- ja käyttösuunnitelman laatii aluetta hallinnoiva viranomais, joka valtion alueiden osalta on Metsähallitus. Lisäksi laki edellyttää, että kyseisen alueen käyttäjiä tulee kuulla suunnittelun valmistelussa. Hoito- ja käyttösuunnitelman vahvistaa ympäristöministeriö. (Luonnonsuojelulaki 1096/1996 19 §)

Kansallispuistolle on myös laadittava sen käyttäjiä varten järjestyssäännöt, jossa annetaan Luonnonsuojelulain 18 §:n 2 momenttiin perustuvat rajoitukset alueen käytölle. Rajoituksilla voidaan kieltää tai rajoittaa liikuntaa, leiriytymistä, mairinnousua sekä veneen, laivan tai muun kulkuneuvon pitämistä. Liikkumiseen tai mairinnousukieltoon liittyvät rajoitukset tulee perustua alueen eläimistön tai kasvillisuuden säilyttämiseen. Tarvittaessa vastaavanlaiset järjestyssäännöt voidaan laatia myös luonnonpuistolle tai muulla suojelualueelle. Järjestyssäännön antaa aluetta hallinnoiva viranomais tai laitos. (Luonnonsuojelulaki 1096/1996 18 §, 19 §)

Edellä mainittujen lakien lisäksi suojelualueiden hoidossa on otettava huomioon muukin lainsäädäntö, josta suojelualueiden hoidon ja käytön kannalta merkittäviä ovat muun muassa seuraavat:

- metsästyslaki (615/1993)
- kalastuslaki (286/1982)
- maastoliikennelaki (1710/1995)
- kolttalaki (253/1995)
- poronhoitolaki (848/1990)
- porotalouden ja luontaiselinkeinojen rahoituslaki (45/2000)
- muinaismuistolaki (295/1963)
- maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)
- kaivoslaki (621/2011)
- kiinteistönmuodostamislaki (554/1995)
- laki yksityisistä teistä (358/1962)
- laki oikeudesta yleisiin vesialueisiin (204/1966). (Metsähallitus, 2014, s. 36)

4.2 Kuivakäymälöitä ja kuivakäymäläjätteen käsittelyä koskevat säädökset

Kuivakäymälöiden käyttöä, rakentamista ja jätteen käsittelyä säädellään usealla eri lailla ja asetuksella. Perusvaatimukset toiminnalle on säädetty ympäristönsuojelulaissa, terveydensuojelulaissa ja -asetuksessa sekä valtiopuolueiston asetuksessa talousjätevesien käsittelystä viemäriverkoston ulkopuolisilla alueilla eli hajajätevesiasetuksessa. Näiden lisäksi kuivakäymälöihin liittyviä säädöksiä on vesihuoltolaissa, jätelaisissa ja jäteasetuk-

nessa sekä maankäyttö- ja rakennuslaissa. Lisäksi kunnat voivat antaa paikallisten olosuhteiden perusteella omia kunnallisia määräyksiä, joilla täsmennetään lain ja asetusten vaatimuksia. (Käymäläseura Huussi ry, 2018d)

Ympäristönsuojelulaki sisältää maaperän ja pohjaveden pilaamiskiellot, jotka kieltävät päästämästä tai jättämästä maaperään jätettä tai muuta ainetta tai pieneliöitä, jonka seurauksena maaperän tai pohjaveden laatu olennaisesti huononee tai aiheuttaa haittaa terveydelle tai ympäristölle. Myös pintavesien laadusta on huolehdittava siten, ettei vesiympäristölle aiheudu vaarallisista tai haitallisista aineista johtuvaa haittaa vesistöjen muun muassa virkistyskäytön, viihtyisyyden tai luonnon arvojen kannalta. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 § 16, § 17, § 140)

Ympäristönsuojelulaissa olevan varovaisuus- ja huolellisuusperiaatteen sekä ympäristön kannalta parhaan käytännön periaatteen mukaan tulee aina menetellä toiminnan laadun edellyttämällä huolellisuudella ja varovaisuudella ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi sekä noudattamalla ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi tarkoituksenmukaisia ja kustannustehokkaita eri toimien yhdistelmiä. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 § 20)

Selvilläolovelvollisuuden mukaan toiminnanharjoittajan on oltava tietoinen toimintansa ympäristövaikutuksista, ympäristöriskeistä ja niiden hallinnasta sekä haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista. Toiminnanharjoittajan on järjestettävä toimintansa siten, että ympäristön pilaantuminen voidaan ehkäistä ennakolta ja jos sitä ei voida kokonaan ehkäistä, se on rajoitettava mahdollisimman vähäiseksi. Jos maaperään tai pohjaveteen on päässyt pilaantumista aiheuttavaa jätettä, on aiheuttajan ilmoitettava asiasta välittömästi valvontaviranomaiselle. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 § 6, § 7, § 134.)

Terveydensuojelulaissa määritetään yleiset vaatimukset jätteiden ja jäteveden osalta, minkä mukaan jätteiden säilyttäminen, kerääminen, kuljettaminen, käsittely ja hyödyntäminen sekä jäteveden johtaminen ja puhdistus on tehtävä siten, ettei niistä aiheudu terveyshaittaa. Myös julkiset yleisötilaisuuksien jätehuolto ja hygieeniset olosuhteet tulee järjestää siten, ettei niistä aiheudu terveyshaittaa. (Terveydensuojelulaki 763/1994 § 22)

Viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla syntyvät talousjätevedet on johdettava ja käsiteltävä siten, ettei ympäristölle aiheudu pilaantumisen vaaraa. Talousjätevesillä tarkoitetaan muun muassa vesikäymälöiden tai niitä vastaavista tiloista peräisin olevaa jätevettä. Kiinteistön omistajan tulee huolehtia, että jätevedet tulee käsiteltyä asiallisesti ja käsittelyjärjestelmä on ylläpidettävä siten, että perustason puhdistusvaatimus täyttyy. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 § 154, § 155, § 156.)

Jäteveden käsittelyvaatimusten lähtökohtana on haja-asutuksen kuormitusluvut (taulukko 1), jolla tarkoitetaan yhden asukkaan käsittelemättömien talousjätevesien keskimääräistä kuormitusta (g/vrk) orgaanisen aineen, fosforin ja typen osalta. (Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 157/2017 § 2) Alla olevassa taulukossa (taulukko 1) nähdään keskimääräisten kuormituslukujen koostumus eri kuormituslajeittain: kuormituksen alkuperä, asukaskohmainen kuormitus kilogrammaa per päivä sekä prosentuaaliset jakaumat. Taulukon perusteella havaitaan, että suurin osa eli noin 80 - 90 % talousjäteveden typpi- ja fosforikuormituksesta on peräisin ulosteesta ja virtsasta.

Taulukko 1. Haja-asutuksen kuormitusluvun muodostuminen (Ympäristöministeriö, 2017, s. 19).

Kuormituksen alkuperä	Kuormituslaji					
	Orgaaninen aine, (BHK ₇)		Kokonaisfosfori		Kokonaistyyppi	
	g/p d	%	g/p d	%	g/p d	%
Uloste	15	30	0,6	30	1,5	10
Virtsa	5	10	1,2	50	11,5	80
Muu	30	60	0,4	20	1,0	10
Kuormitusluku	50	100	2,2	100	14	100

Ympäristönsuojelulaissa (527/1994 § 154b) on määritetty jätevesien puhdistukselle perustason puhdistusvaatimus. Sen mukaan ympäristöön aiheutuva kokonaiskuormitus tulee vähentyä puhdistuksen aikana orgaanisen aineen osalta vähintään 80 %, kokonaisfosforin osalta vähintään 70 % ja kokonaistypen osalta vähintään 30 %. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laskennallinen yhden henkilön jätevesistä aiheutuva kuormitus ympäristölle voi olla enintään 10 g orgaanista ainetta, 0,66 g fosforia ja 9,8 g typpeä vuorokautta kohden (Ympäristöministeriö, 2017, s. 19).

Jätevesien puhdistukselle voidaan antaa perustasoa ankarampi puhdistusvaatimus, jos muualla lainsäädännössä näin vaaditaan tai määrätään. Myös kunnan ympäristönsuojelumääräyksissä voidaan edellyttää perustasoa ankarampi puhdistusvaatimuksia, jos ne ovat välttämättömiä paikallisten ympäristöolosuhteiden vuoksi. Ankarampi puhdistusvaatimus on määritetty hajajätevesiasetuksessa. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 § 156c)

Kiinteistön omistajan tulee huolehtia, että jätevedet tulee käsiteltyä asiallisesti ja käsittelyjärjestelmä on ylläpidettävä siten, että perustason puhdistusvaatimus täyttyy (Ympäristöministeriö, 2017 s. 22). Kiinteistön sijaitessa pohjavesialueella tai enintään 100 metriä vesialueesta, on kiinteistön omistajan huolehdittava siitä, että kiinteistön jätevesijärjestelmä vastaa hajavesiasetuksessa annettua perustason puhdistusvaatimusta siirtymäajan 31.10.2019 mennessä. Tämä säädös koskee myös ennen vuotta 2004 voimassa olleiden vaatimusten mukaan rakennettuja kiinteistöjä. (Ympäristöministeriö, 2017 s. 32)

Suomen ympäristökeskuksen tutkimusinsinööri Riikka Malilan (2019) mukaan yleisökäytössä olevien kuivakäymälöiden osalta noudatetaan samoja edellä esiteltyjä säädöksiä mitä yksityisissä kuivakäymälöissä. Yleisökäytössä olevien kuivakäymälöiden omistajan tai haltijan tulee huolehtia siitä, että käymälöitä huolletaan ja käytetään asianmukaisesti. Hajajätevesiaseituksen kannalta kuivakäymälöiden ei katsota aiheuttava ympäristökuormitusta, kunhan virtsa tai suotoneste käsitellään asianmukaisesti. (Malila, R. 2019)

Lain mukaan yleisesti käymälöissä on oltava riittävä ilmanvaihto ja estetävä hajun leviäminen muihin tiloihin. Käymälässä tai sen välittömässä läheisyydessä tulee olla myös käsienpesupaikka. Kuivakäymälä on sijoitettava tiiviille alustalle, jotta käymälästä ei aiheudu hajun, talousveden tai maaperän pilaantumisen vuoksi terveyshaittaa. (Terveydensuojeluasetus 1280/1994 § 14)

Kompostoitavissa talous- ja käymäläjätteissä, on huolehdittava siitä, ettei siitä aiheudu hajua tai maaperän tai talousveden likaantumisen vuoksi terveyshaittaa. Myös eläinten pääsy kompostiin on estettävä. (Terveydensuojeluasetus 1280/1994 § 13)

4.3 Luonnon virkistyskäyttöalueiden asiakasturvallisuuden liittyvät säädökset

Metsähallituksen Luontopalveluiden ylläpitämät ja tarjoamat reitit ja rakenteet maastossa katsotaan olevan kuluttajapalveluita. Tämän johdosta toimintaan sovelletaan kuluttajaturvallisuuslakia (2011/920) (Metsähallitus, 2019, s.6) Tämän perusteella voidaan olettaa, että myös muilla kuin valtion omistamilla yleisillä luonnon virkistyskäyttöön tarkoitetuilla alueilla sovelletaan kuluttajaturvallisuuslakia, jos ne sisältävät vastaavanlaisia palveluita kuten reittejä ja palvelurakenteita.

Kuluttajaturvallisuuslain (920/2011) lähtökohtana on, että palvelut ovat turvallisia. Vastuu turvallisuudesta on toiminnanharjoittajalla eli tässä palveluntarjoajalla. Toiminnanharjoittajan velvollisuutena on huolellisuuden ja ammattitaidon edellyttämällä tavalla varmistuttava siitä, ettei palvelusta aiheudu vaaraa kenenkään terveydelle tai omaisuudelle (§ 5). Lisäksi toiminnanharjoittajan tulee arvioida palveluihin liittyvät riskit sekä tarvittaessa oma-aloitteisesti keskeyttää terveydelle vaarallisen tai välitöntä vaaraa aiheuttavan palvelun tarjoaminen. Palveluntarjoajan on myös annettava palvelusta tarvittavat tiedot siten, että kuluttaja pystyy arvioimaan palveluun liittyvät vaarat. Kun kyseessä on kuluttajaturvallisuuslain § 7 mukaisesta palvelusta, tulee palveluntarjoajan tehdä erillinen turvallisuusasiakirja, jonka sisältö on määritelty tarkemmin valtioneuvoston asetuksessa eräitä kuluttajapalveluita koskevasta turvallisuusasiakirjasta (1110/2011). Asiakirja sisältää suunnitelman palvelun tai palvelujen vaarojen tunnistamiseksi ja riskien hallitsemiseksi sekä niistä tiedottamisesta palvelun tarjoamisessa mukana oleville tahoille. (Kuluttajaturvallisuuslaki 920/2011)

Metsähallituksen Luontopalvelujen osalta turvallisuusasiakirjoja on tähän mennessä tehty lähinnä isoihin maastotapahtumiin ja -leireihin liittyen. Systemaattisempi ja laajamittaisempi turvallisuusasiakirjojen laatimistyö on kuitenkin aloitettu. Tarkoitus on organisaation oman riskikartoituksen avulla selvittää kohteet tai palvelut, jotka riskien osalta edellyttävät erillisen turvallisuusasiakirjan tekoa. Vähäriskisiksi todettujen kohteiden tai palveluiden osalta turvallisuusasiakirjaa ei tehdä. (Tuominiemi, 2019).

Virkistyskäyttöalueilla olevat kiinteistöt, rakennukset ja rakennelmat vaikuttavat omalta osaltaan asiakasturvallisuuteen. Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999 § 166) mukaan edellä mainittujen rakenteiden tulee olla ympäristöineen turvallisia käyttäjille. Lisäksi niiden tulee täyttää terveellisyyden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset, eivätkä ne saa aiheuta ympäristöhaittaa tai rumentaa ympäristöä. Rakennukset ja rakennelmat vaikuttavat omalta osaltaan asiakasturvallisuuteen. Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999 § 168) mukaan myös kevyet rakennelmat, jotka eivät vaadi rakennuslupaa, tulee terveellisyydeltään, turvallisuudeltaan ja ulkoasultaan täyttää kohtuulliset vaatimukset. Vastuu turvallisuudesta on kiinteistön omistajalla, ellei rakennuksen tai rakennelman hoidosta ja kunnossapidosta ole sovittu asianmukaisesti ulkopuolisen tahon kanssa. (Metsähallitus, 2019n, s. 6; kts myös maankäyttö ja rakennuslaki 132/1999 § 166 § 168)

4.4 Käymälähuoltoon liittyvät työturvallisuussäädökset

Työturvallisuuslain (738/2002) tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijän työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi. Lisäksi sen avulla pyritään ennalta ehkäisemään ja torjumaan työtapaturmia, ammattitautteja ja muita työstä ja työympäristöstä johtuvia fyysisen ja henkisen terveyden terveyshaittoja. Lakia sovelletaan § 2 mukaisesti työsopimuksen perusteella tehtävään työhön sekä virkasuhteessa tai siihen verrattavissa olevaan julkisoikeudellisessa palvelussuhteessa tehtävään työhön. Työturvallisuuslakia (738/2002 § 49) sovelletaan myös tilanteessa, jossa yhteisellä työpaikalla työskentelee useampi kuin yksi työnantaja tai korvausta vastaan työskentelevä työnsuorittaja. Tällaisessa tilanteessa tulee jokaisen edellä mainitun tahon huolehdittava keskinäisellä yhteistoiminnalla ja tiedottamisella siitä, ettei heidän toiminnasta aiheudu vaaraa työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle.

Työturvallisuuslain (738/2002) § 10 mukaan työnantajan tulee selvittää työn ja toiminnan luonne huomioon ottaen työympäristöstä ja työolosuhteista aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät sekä arvioitava niiden merkitys työntekijän turvallisuudelle ja terveydelle, ellei niitä voida poistaa. Jos edellä mainitussa työn riskien arvioinnissa todetaan työn sisältävän erityistä tapaturman tai sairastumisen vaaraa, on tällöin kyse erityistä vaaraa aiheuttavasta työstä (738/2002 § 11).

Työnantajaa on velvoitettu antamaan työntekijällä riittävät tiedot työpaikan haitta- ja vaaratekijöistä sekä antamaan riittävä työhön perehdytys huomioiden työntekijän ammatillisen osaamisen ja työkokemuksen. Lisäksi on muun muassa annettava ohjausta haittojen ja vaarojen estämiseksi sekä työssä aiheutuvan turvallisuutta tai terveyttä uhkaavan haitan tai vaaran välttämiseksi. (Työturvallisuuslaki 738/2002 § 14) Jos työssä olevaa tapaturman tai sairastumisen vaaraa ei voida välttää, on työnantaja velvollinen hankkimaan ja antamaan työntekijän käyttöön erikseen säädetty vaatimukset täyttävät ja tarkoituksenmukaiset henkilösuojaimet (§ 15).

Työn sisältäessä altistumisvaaran biologisille tekijöille sovelletaan siihen työturvallisuuslain lisäksi valtioneuvoston asetusta työntekijän suojelemiseksi biologista tekijöistä aiheutuvilta vaaroilta (933/2017). Biologisia riskejä sisältäväksi työksi katsotaan muun muassa, puhtaanapito- ja siivoustyö sekä jätteiden käsittely § 1 mukaisesti. Biologisilla tekijöillä tarkoitetaan lain § 2 mukaan mikro-organismeja, kuten bakteereja, sekä esimerkiksi ihmisessä eläviä loisia, mitkä voivat aiheuttaa jonkin tulehduksen, allergisen reaktion tai myrkytysoireen. Biologiset tekijät jaetaan neljään eri ryhmään niiden aiheuttaman vaaran mukaan. Vaaraluokkiin ryhmittelyyn vaikuttavat seuraavat asia:

- ”Aiheuttaako biologinen tekijä ihmiselle sairautta?
- Leviääkö biologinen tekijä todennäköisesti väestöön?
- Onko sen aiheuttamaan sairauteen tehokasta ehkäisykeinoja tai hoitoa?” (Työsuojeluhallinto, 2019)

Vaaraluokan mukaiset torjuntakeinot, ennakkoilmoitukset ja terveystarkastuksen tarve määräytyvät valtioneuvoston asetuksen (933/2017) mukaan (Työsuojeluhallinto, 2019).

5 KUIVAKÄYMÄLÄJÄTE

Kuivakäymälän jäte koostuu pääosin ihmisperäisestä jätteestä, virtsasta ja kiinteästä ulosteesta. Koska tämä selvitys koskee nimenomaan kuivakäymälöitä ja niiden käymäläjätettä, on huomioitava, että käymäläjäte sisältää myös kuiviketta ja vessapaperia sekä toisinaan käymälään laitetaan myös kasvi- ja eläinperäistä biojätettä. Tässä luvussa käsitellään myös kuivakäymälästä suodattuvaa suotonestettä, jota syntyy kiinteän käymäläjätteen biologisessa hajoamisprosessissa sekä virtsan suodattuessa ulosteen läpi.

Ihmisen virtsa ja uloste koostuvat pitkälti siitä, mitä ihminen on nauttinut ravinnokseen. Ulостeen ja virtsan määrään sekä niiden sisältämiin ravinteisiin vaikuttavat kehonpaino, juodun nesteen määrä, ilmastolliset tekijät ja ruokavalio, erityisesti proteiinipitoisen ravinnon määrän osalta. (Heinonen-Tanski & van Wijk-Sibesma, 2005)

Kuivakäymäläjäte nähdään usein vain jätteenä, josta pyritään pääsemään eroon mahdollisimman yksikertaiselle ja helpolla tavalla. Käymäläjäte voidaan nähdä myös arvokkaana lannoitteena sen sisältämien ravinteiden osalta. Käymäläjätteen hyödyntäminen tässä tarkoituksessa edellyttää kuitenkin toimivaa hygienisointiprosessia ja oikeita toimintatapoja koko jätteen käsittelyn elinkaareissa, sillä käymäläjäte ei ole kaikilta osin hygieenistä ja se voi aiheuttaa ympäristölle haittaa.

5.1 Virtsa

Ihminen tuottaa vuodessa noin 500 litraa virtsaa. Merkittävien virtsan määrän vaikuttavat tekijä on kehon nestetasapaino, johon vaikuttavat muun muassa kehon paino, aineenvaihdunta ja nautitun nesteen määrä. Virtsan määrää arvioitaessa on hyvä huomioida, että nestettä poistuu kehosta uloshengityksen, ulosteen sekä hikoilun kautta. Virtsan määrä voi siis vaihdella päiväkohtaisesti ja yksilöllisesti. Laajassa kansainvälisessä vertailututkimuksessa virtsan keskimääräiseksi mediaanituotoksi saatiin 1,42 litraa päivässä. (Rose, Parker, Jefferson & Cartmell, 2015; kts. myös Heinonen-Tanski & van Wijk-Sibesma, 2005)

Virtsan koostumukseen vaikuttavat fyysinen rasitus, ympäristötekijät, nautitun veden, suolan sekä proteiinipitoisen ruoan määrä. Virtsasta suurin osa, noin 95 %, on vettä. Loppuosa virtsasta koostuu ravinteista. Suurin osa käymäläjätteessä, ulosteessa ja virtsassa, olevista pääravinteista on nimenomaan virtsassa. Helvi Heinonen-Tanskin ja Christine van Wijk-Sibemanin (2005) mukaan Wolgast (1993) on todennut virtsassa olevan typen osuuden olevan noin 90 %, fosforin osuuden 50 - 65 % ja kaliumin osuuden 50 – 80 % koko ihmisen tuottamasta ravinnemäärästä.

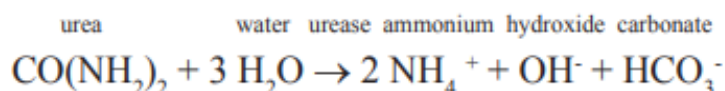
Käymäläjätteen tuotostuomäärästä ja siinä olevista ravinnemäärästä ovat Vinnerås, Palmquist, Balmér & Jönsson (2006, s. 10) sekä Vinnerås & Jönsson (2003, s.624) esittäneet myös tarkempia keskimääräisiä arvoja, jotka perustuvat Ruotsissa kotitalouksissa tehtyihin seurantakokeisiin sekä FAO:n koostamiin ravitsemustietoihin Ruotsin osalta. Alla olevassa taulukossa (taulukko 2) on tämän tutkimuksen perusteella tehty tarkempi arvio keskimääräisen ulosteen ja virtsan vuosituotostuomäärästä per henkilö sekä niiden sisältämästä ravinnemäärästä pääravinteiden osalta. Ravinteiden jakauma virtsan ja ulosteen kesken tarkentaa edellä olleita Wolgastin (1993) esittämiä lukuja ja vastaa hyvin Pedro Osagie Orumwensen (2012, s. 25) mukaan Lentner C., Lentner C. and Wink A. (1981) esittämiä pääravinteiden suhteita typen ja fosforin osalta. Vinnerås & Jönssonin (2003, s. 624) mukaan pääravinteiden osuus virtsassa on keskimäärin 88 % typen, 67 % fosforin ja 73 % kaliumin osalta. Koska tuotos ja ravinnemääräihin vaikuttavat merkittävästi nimenomaan henkilön ruokavalio voidaan tässä työssä taulukon lukuja rinnastaa suoraan Suomen tilannetta kuvaavissa laskelmissa myöhemmin.

Taulukko 2. Käymäläjätteen vuotuiset tuotosmäärät sekä sen sisältämät pääravinnemäärät Vinnerås & Jönssonin (2003, s. 624) mukaan.

Muuttuja	Yksikkö	Virtsa	Uloste	Vessapaperi	Liete (virtsa + uloste)
Märkäpaino	kg/a	550	51	8,9	610
Kuivapaino	kg/a	21	11	8,5	40,5
Typpi	g/a	4000	550		4550
Fosfori	g/a	365	183		548
Kalium	g/a	1000	365		1365

Yllä olevasta taulukosta havaitaan, että virtsa on erittäin typpipitoista nestettä. Tyyppistä suurin osa erittyy virtsan mukana ureana eli virtsa-aineena (Malkki, Heinonen-Tanski & Jantunen, 1997, s. 34). Laajassa vertailututkimuksessa (Rose, Parker, Jefferson & Cartmell, 2015) typen päiväkohtaiseksi mediaanituotoksi saatiin 11 g/ hlö. Typen lisäksi virtsassa on muun muassa fosforia, kaliumia, kalsiumia ja magnesiumia. Yksi merkittävä virtsan ravinnemääriin vaikuttava tekijä on proteiinipitoinen ravinto, joka lisää nimenomaan urean määrää virtsassa. (Rose, Parker, Jefferson & Cartmell 2015).

Urea hydrolysoituu helposti mikrobien ureaasi entsyymien vaikutuksesta ammoniumioneiksi (NH₄⁺), hiilidioksidiksi (CO₂) sekä hydroksidiksi (kuva 7). Tämä nostaa virtsan pH-arvon 9 - 9,3:een. Nesteessä oleva ammoniakki pyrkii tasapainoon ilman kaasumaisen ammoniakin kanssa, joten tästä syystä ammoniakkia haihtuu herkästi, jos ilma pääsee vaihtumaan normaaliolosuhteissa. (Jönsson, Stinzing, Vinnerås & Solomon, 2004, s. 9, 11)



Kuva 7. Urean hajoaminen ureaasi entsyymien vaikutuksesta (Jönsson ym. 2004, s. 9).

Tuore virtsa on pH:n osalta hieman hapanta tai neutraalia. Vertailututkimuksen aineistojen mukaan mediaani pH oli 6,2 vaihteluvälin ollessa 5,5 - 7. PH-tasoon vaikuttavia tekijäitä on lukuisia mutta merkittävin on ruokavali. (Rose, Parker, Jefferson & Cartmell, 2015)

Virtsassa on lähes steriiliä eli siinä ei ole juurikaan bakteereja. Toisinaan virtsassa voi esiintyä joitain taudinaiheuttajia tai parasiittejä kuten loismatojen munia mutta ulosteessa oleviin bakteerimääriin verrattuna virtsaa voidaan pitää hyvin puhtaana aineena. Virtsan korkea suolapitoisuus sekä edellä kuvatun hydrolyysin aiheuttama pH:n nousu edesauttavat virtsassa olevien vähäisten bakteerien tuhoutumista. (Heinonen-Tanski & van Wijk-Sibesma, 2005)

Virtsassa olevat ravinteet ovat ionimuodossa, jolloin ne ovat käyttökelpoisessa muodossa esimerkiksi kasveille. Virtsaa pidetäänkin sen pääravinteiksi

den määrän ja suhteen osalta ihanteellisena ravintoliuoksena kasviviljelyyn. (Malkki, Heinonen-Tanski & Jantunen, 1997, s. 34) Jos virtsa on erilliskerättyä eli puhdasta, sitä voidaan käyttää sellaisenaan tai laimennettuna typpilannoitteena syötävälle kasveille. Yleisökäymälöistä kerätty virtsa suositellaan kuitenkin säilytettävän suljetussa astiassa vähintään kuukauden verran, jolla varmistetaan mahdollisten mikrobien tuhoutuminen. Virtsa voidaan käyttää myös kompostoitumista kiihdyttävänä lisäaineena, jolloin kuivahtanut komposti saadaan toimimaan paremmin. (Käymäläseura Huussi ry, n.d.)

5.2 Uloste

Aikuinen ihminen tuottaa keskimäärin märkäpainoltaan 128 g kiinteää ulostetta päivässä. Märkäpaino vaihtelee tosin suuresti riippuen henkilön, painosta, nautitun ruuan määrästä ja ruokavaliosta. Erityisesti ulosteen massaa lisäävällä, liukenemattoman kuidun määrällä ravinnossa, on merkittävä vaikutus märkäpainoon. Ulosteen päivätuotoksen kuivapaino on keskimäärin 29 g. (Rose, Parker, Jefferson & Cartmell, 2015)

Uloste koostuu pääosin vedestä, jonka osuus on noin 75 % ulosteen märkäpainosta. Jäljellä jäävä 25 %:n osuus koostuu pääosin bakteerimassasta sekä vähäisemmistä määristä proteiineja, typpipitoisia materiaaleja, hiilihydraatteja, muita sulamattomia kasviperäisiä aineita ja rasva-aineita. Viimeksi mainittujen määrään vaikuttaa suuresti henkilön ruokavalio. Ulosteen kuiva-aine sisältää runsaasti hiiltä, noin 44 %. (Rose, Parker, Jefferson & Cartmell, 2015).

Kiinteä uloste sisältää pääravinteita kuten typpeä, fosforia ja kaliumia mutta huomattavasti vähemmän verrattuna virtsaan (Vinnerås & Jönsson, 2003, s.624). Kansainvälisessä vertailututkimuksessa ulosteessa olevan typen osuudeksi saatiin 14 %, joka oli 1,8 g päivässä, kun virtsasta mitattu typpimäärä oli 10,7 g päivässä. Ulosteen sisältämässä ravinnemäärissä esiintyy kuitenkin yksilöllisiä eroja. Paras tapa ravinnemäärien selvittämiseksi on ihmisen ravinnon sisältämän ravinnemäärien selvittäminen. Ravinnon sisältämät ravinnemäärät suhteessa virtsan ja ulosteen sisältämiin ravinnemääriin vastaavat hyvin toisiaan, kun kyseessä on perusterve aikuinen ihminen. Ulosteen pH on lähellä neutraalia ja tutkimuksissa mediaaniarvoksi saatiin 6,6. Päivittäistä vaihtelua voi kuitenkin olla jopa 0,25 pH-yksikön verran samalla ihmisellä eri päivinä mitattuna. PH-arvon muutos johtuu ruokavaliosta. (Rose, Parker, Jefferson & Cartmell, 2015).

Tuore uloste sisältää noin 100 - 1000 miljoonaa bakteeria grammassa. Tyypillisiä bakteereja ovat ihmisen suolistossa normaalisti runsaslukuisina esiintyvät kolibakteerit (*Eschericia coli*) ja fekaaliset streptokokit (*Streptococcus faecalis sp.*) Uloste voi sisältää myös patogeenisiä bakteereita muun muassa seuraavista suvuista: *Campylobacter* (ripuli), *Clostridium* (ruokamyrkytys, kaasukuolio), eräät *E. colin* kannat (suolistotulehdus tai opportunistisesti virtsatie- tai munuaistulehdus), *Mycobacterium* (muun muassa

tuberkuloosi), *Salmonella* (hiirilavantauti ja monet muuta niin sanotut salmonelloosit), ja *Yersinia* (suolistotulehdus). Ulkomailla oleskellut henkilö voi tuoda mukanaan *Shigellaa* (punatauti) *Vibriota* (kolera) tai jopa ruton aiheuttavaa *Yersinia pestista*. Edellä mainittujen lisäksi ulosteessa voi esiintyä erilaisia opportunistisia patogeenejä, jotka poikkeuksellisissa oloissa voivat lisääntyä räjähdymäisesti ja aiheuttaa näin sairauksia. Tällaisia ovat esimerkiksi *Pseudomonas*, *Klebseiella*, *Serratia*, *Enterobacter*. (Malkki, Heinonen-Tanski & Jantunen, 1997, s. 31)

Ihmisulosteessa esiintyy bakteerien lisäksi yli 100 erilaista virustyyppiä, jotka voivat aiheuttaa sairauksia kuten poliota, keltatauti ja vakavia suolistotulehduksia ja ripulia. Tyypillisiä virustyyppijä ovat esimerkiksi polio- ja rotavirukset sekä hepatitis A. (Malkki, Heinonen-Tanski & Jantunen, 1997, s. 31)

Uloste voi sisältää myös parasiitteja, jotka ovat ihmisen suolistossa eläviä alkueläimiä tai matoja. Parasiitti-tartunta saadaan lähes poikkeuksetta reittiä uloste-suu-suoli saastuneen ravinnon tai huonon hygienian johdosta. Maailmanlaajuisesti yleisin taudinaiheuttaja on alkueläin *Giardia lamblia*, jota kantaa noin 200 miljoonaa ihmistä, aiheuttaa ripulia ja pahoinvointia. Suolistomatoja katsotaan olevan joka viidenneksellä maailman väestöstä. Suomessa havaitut parasiitti-infektiot ovat pääasiassa peräisin ulkomailta joko lomamatkalta tuotuja tai ulkomailta saapuneiden matkailijoiden tai maahanmuuttajien tuomia. Suomessa esiintyviä parasiitteja ovat giardia, leveä heisimato, kihomato ja satunnaisesti *Entamoeba histolytica* ja suolinkainen eli *Ascaris lumbricoides*. (Siikamäki, Kyrönseppä & Jokiranta, 2002)

Edellä mainitut taudinaiheuttajat ovat sopeutuneet ihmiskehon anaerobiisiin oloihin hyvin ja isolle osalle kosketus ilman kanssa ja mahdollinen kompostointiprosessi ovat kohtalokkaita. Osa bakteereista, viruksista ja parasiiteista kuitenkin selviävät epäsuotuisissakin olosuhteissa pitkään ja voivat näin aiheuttaa terveydellistä haittaa maaperän tai veden välityksellä. (Malkki, Heinonen-Tanski & Jantunen, 1997, s. 31)

5.3 Suotoneste

Suotonestettä muodostuu silloin, kun virtsaa tai vettä johdetaan ulostemassan läpi. Neste kertyy massan alaosaan, ellei sitä johdeta pois esimerkiksi erilliseen astiaan. Silloin kun ulostemassan läpi tihkunut neste on ollut virtsaa, on tämä tumma neste hyvin ravinnepitoista, erityisesti typen osalta. Käymälämakin läpi suodattava suotoneste on epähygieenisenä, sen sisältämien ulosteperäisten bakteerien sekä muiden taudinaiheuttajien takia. Lisäksi ulosteesta sitoutuu suotonesteeseen orgaanista ainetta. (Käymäläseura Huussi ry, n.d.; Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto ry, n.d.a)

Suotonestettä syntyy myös kompostoinnin yhteydessä, jolloin mikrobien hajotustoiminnan yhteydessä eloperäisen materiaaliin sitoutunut vesi erottuu kiinteästä aineesta. Vesi haihtuu vesihöyrynä tai tihkuu kompostoituvan massan läpi ja muodostaa hyvin ravinnepitoista suotonestettä (Tuominen, 2008, s. 64 - 67).

Kompostikäymälöissä syntyvän suotonesteen määrään vaikuttaa kompostointiprosessin toimivuus, nestettä sitovan kuivikkeen määrä sekä kuormitus. Hyvin toimivassa kompostikäymälässä suotonestettä muodostuu vain vähäisiä määriä tai ei lainkaan. (Käymäläseura Huussi ry, n.d) Myös sillä on merkitystä, erotellaanko virtsa jo istuimessa vai suodattuuko se käymälämaikin läpi. Kompostikäymälästä muodostuvan suotonesteen määrää selvittäneet tutkimukset on tehty yleensä joko vapaa-ajan asutuksen ja vakinaisen asutuksen kohteissa, jolloin niiden tulokset eivät ole suoraan sovellettavissa yleisökuivakäymälöihin. Suotonesteen määrää on selvitty muun muassa käymäläjätteen kompostointikokeessa Ranskassa, jossa todettiin nelihenkisen perheen käymäläjätteestä kertyvän keskimäärin 1,79 litraa suotonestettä päivässä. Käymäläjätteen seassa käytettiin hiilipitoista lisäainetta sitomaan hajuja ja kosteutta. (Nasri, Florent & Fouché, 2017). Malkki (1995, s. 44) toteaa, että useissa laskelmissa käytetään suotonesteen vuosiarviona 200 litraa, joka vastaa melko hyvin Nasrin ym. (2017) tutkimuksen tulosta.

Kompostikäymälän suotonesteen koostumus riippuu virtsan ja ulosteen koostumuksista, joten vaihtelut ravinnepitoisuuksien osalta voi olla suurta. Laajempaa tutkimustietoa kuivakäymälän suotonesteen koostumuksesta on hyvin vähän saatavilla. Vuonna 1995 julkaistun Työtehoseuran kompostikäymäläoppaassa (Malkki, s. 43) on koottu yhteenvetotaulukko (taulukko 3) kompostikäymälän suotonesteen tyyppillisestä koostumuksesta. Taulukosta havaitaan suotonesteen sisältävän runsaasti typpeä ja fosforia, tosin melko suurella vaihteluvälillä. Suotoneste on joko neutraalia tai emäksistä. Emäksisyys johtuu suotonesteessä olevan typen hajoamisesta ureaasi entsyymien avulla ammoniumioneiksi ja ammoniakiksi, jonka ansiosta suotonesteen pH nousee. Ravinteiden lisäksi suotoneste sisältää ulosteperäisiä bakteereja ja taudinaiheuttajia, jonka takia se usein rinnastetaan hygienia- tasoltaan ulosteeseen.

Taulukko 3. Kompostikäymälän suotonesteen tyypillinen koostumus Malkin (1995, s. 43) mukaan.

	Vaihteluväli	Yksikkö
kuiva-aine	1,5 - 5	%
pH	7-9	
johtoluku	2000-5000	mS/m
kemiallinen hapenkulutus	400-6000	mg O ₂
biologinen hapenkulutus	400-6000	mg O ₂
fosfori	400-1000	mg / litra (tot. P)
typpi (<10% NO ₃)	600-2800	mg /litra (NH ₃ + NH ₃)
hygienia	< 2	TKB /g

6 KUIVAKÄYMÄLÄ JA SEN TOIMINTAPERIAATTEET

Kuivakäymälällä tarkoitetaan käymälää, jossa ei käytetä huuhteluvettä tai sitä käytetään hyvin vähäinen määrä. Vähävetisen käymälän katsotaan täyttävän kuivakäymälän määritelmän silloin kun käymäläjäte käsitellään kiinteistöllä. Käymäläseura Huussi ry (2018a) luokittelee kuivakäymälät seuraaviin alaryhmiin.

- Kompostoivat kuivakäymälät
- Erottelevat kuivakäymälät
- Haihduttavat kuivakäymälät
- Pakastavat kuivakäymälät
- Tuhkaavat kuivakäymälät
- Kuivapisuaarit
- Vähävetiset käymälät

Kuivakäymälä voi sijaita joko asuinrakennuksen sisällä tai ulkotiloissa. Toimintaperiaatteet ja käyttö ovat pääosin samanlaisia, toki laitekohtaisia eroja on olemassa. (Käymäläseura Huussi ry, 2018c). Kaikki kuivakäymälät, tuhkaavia malleja lukuun ottamatta tarvitsevat kuiviketta, jota lisätään jokaisen käyttökerran jälkeen tai käymälän valmistajan ohjeiden mukaisesti. Lisäksi kaikki käymälämallit pakastavaa lukuun ottamatta tarvitsevat erillisen ilmanvaihdon. (Käymäläseura Huussi ry, 2018a).

Kuivakäymälöiden osalta ei ole olemassa oma standardointia, eikä järjestelmällistä testaustoimintaa tehdä Suomessa tai Euroopassa, joilla varmistettaisiin laitteen toimivuus yhteismitallisille testeillä. Ainoa käytössä oleva testausmetodi liittyy pohjoismaiseen joutsenmerkkiin. Kriteerit on laadittu käymälän elinkaarinäkökulmasta ja kriteerien tarkoitus on varmistaa tuotteen ympäristöystävällisyys tuotannon, käytön ja toiminnan kannalta.

(Suomen ympäristömerkintä Oy, n.d.). Ainoa kuivakäymälä, jolle joutsenmerkki on myönnetty, on ruotsalainen sisäkäyttöön tarkoitettu MulToa 65. (Käymäläseura Huussi ry, 2018b; MulToa, 2018)

Kuivakäymälöiden luokittelu ei ole yksiselitteinen, saati ongelmaton. Edellä esitetty Käymäläseuran Huussi ry:n tekemä luokittelu antaa kuitenkin hyvän yleiskuvan markkinoilla olevista kuivakäymälöistä niiden pääasiallisen toimintaperiaatteen mukaan. Tässä selvitystyössä kuivakäymälöiden tarkastelu rajataan koskemaan vain ulkokäyttöön soveltuvia kuivakuivakäymälöitä, joiden toiminta perustuu käymäläjätteen kompostointiin. Lisäksi tarkastelussa huomioidaan edellä mainittuihin käymälöihin liitettäviä nesteiden erotteluun ja käsittelyyn liittyviä ratkaisuja. Näin ollen esimerkiksi haihduttavat, pakastavat ja tuhkaavat kuivakäymälät sekä vähävetiset kuivakäymälät jäävät tarkastelun ulkopuolelle.

6.1 Kompostikäymälä

Kompostikäymälän toiminta perustuu käymäläjätteen kompostointiin, jossa eloperäinen aines hajoaa aerobisissa olosuhteissa ainakin osittain. Kompostikäymälän tarkoitus on muuttaa kiinteä käymäläjäte eli käymälämakki ravinteikkaaksi maanparannusaineeksi ja saada ravinteet näin hyötykäyttöön. Käymälämakki on ulosteesta, vessapaperista ja kuivikkeesta koostuva massa, joka kerätään yhteen astiaan tai tilaan. Käymälämakin seassa on usein myös virtsaa, joka on imeytyneenä massaan. Kun olosuhteet ovat suotuisat, käymälämakki esikompostoituu tai jos aikaa on riittävästi, niin se kompostoituminen tapahtuu kokonaan. Esikompostoinut makki on jälkikompostoitava erillisessä kompostissa. (Malkki, 1995, s. 6) Käymäläjätteen kompostointiprosessi on selitetty tarkemmin luvussa 7.1.

Kompostikäymälä-termiä on kritisoitu sen epätäsmällisyyden takia, sillä kompostoinnissa pyritään nopeaan orgaaniseen aineksen hajoamiseen, joka ei toteudu, jos olosuhteet kompostoitumiselle ovat epäsuotuisat. Rinnalla käytetään myös termiä biologinen käymälä. Vakiintuneiden nimikkeiden muuttaminen on kuitenkin hidasta. (Malkki, 1995, s.6)

Yksinkertaisimmillaan kompostikäymälä koostuu kahdesta päällekkäisestä astiasta, joista päällimmäisen pohjassa on reiät makin läpi tihkuvan suotonestettä varten. Ylempi astia kerää kiinteän aineksen eli ulosteen, vessapaperin ja kuivikkeen. Alempi astia kerää talteen suotonesteen, joka voidaan imeyttää esimerkiksi astiassa olevaan turpeeseen tai johtaa erilliseen säiliöön. Mahdolliset hajuhaitat vältetään käyttämällä riittävästi kuiviketta ja huolehtimalla kompostoituvan massan ilmastuksesta. Tällainen käymälämalli toimii kohtuullisesti kesälämpötiloissa. (Malkki, 1995, s.6-8)

Kompostikäymälän toiminta edellyttää käymälän käyttäjiltä tiettyjä toimia, jotka vaikuttavat suoraan käymälän käyttömukavuuteen sekä itse kompostointiprosessin toimivuuteen. Yleisesti ottaen käymälän sisätilojen siistey-

destä huolehtiminen on jokaisen ulkokäymälässä kävijän tehtävä. Yleisökäymälöiden osalta käymälän säännöllisesti puhtaanapidosta ja huollosta vastaa yleensä jokin nimetty taho. (Kuivakäymäläseura Huussi ry, n.d.)

Kompostikäymälät voidaan karkeasti jakaa jatkuvatoimisiin ja panostoimisiin käymälöihin. Jatkuvatoimisessa kompostikäymälässä kompostointiprosessi on koko ajan käynnissä ja käymälästä poistetaan vain pisimpään kompostoitunut käymälämäkki sitä mukaa kun tyhjennys on tarpeen. Tällöin kompostointiprosessi tuoreemmassa käymälämäkissä voi jatkua häiriintymättä. Panostoimisesta kompostikäymälästä tyhjenetään samalla kertaa koko säiliö, jolloin käymälämäkin joukossa on vanhempaa ja tuoreempaa käymälämäkettä. Edellä kuvattujen lisäksi kompostikäymälässä voi olla esimerkiksi karusellimainen rumpukompostointisäiliö (Kuva 8), joka on eräänlainen jatkuvatoimisen ja panostoimisen kompostikäymälän yhdistelmä. Karusellimaisesti vaakatasossa pyörivä käymälämäkkisäiliö on jaettu pienempiin osastoihin, joissa käymäläjäte saa, osaston täytyttyä, kompostoitua rauhassa. Yhden osaston täytyessä pyöräytetään tyhjä osasto istuinaukon alle. Käymäläjäätteen tyhjennys aloitetaan astia kerrallaan siinä vaiheessa, kun kaikki osastot ovat täynnä. Kompostikäymälöiden rakenteellisia ja toiminnallisia eroja on esitelty kattavasti muun muassa vuonna 1994 E. Juhani Tenhunen (1994) ympäristöministeriölle tekemässään kompostikäymälöiden nykytilaselvityksessä. Vaikka kyseinen selvitys kohdentuu vuoteen 1994, on siinä kuvatut kompostikäymälöiden perusrakenteet ja toiminnallisuuteen vaikuttavien tekijöiden kuvaukset edelleen käyttökelpoisia ja luovat perustaa uuden tekniikan kehittämistyölle.



Kuva 8. Kekkilän karusellimaiseen kompostointisäiliöön perustuva kompostoiva kuivikekäymälä ylhäältä päin kuvattuna (Kekkilä, n.d.c.).

Kompostikäymälässä käytetään yleensä kuiviketta jokaisen käynnin jälkeen. Kuivikkeen tarkoitus on sitoa käymälässä olevaa nestettä. Tällä ehkäistään liiasta nesteestä aiheutuvia hajuhaittoja sekä parannetaan kompostoitumista. Hyvä kuivike on kuivaa ja se sisältää sekä kosteutta imevää ainesta, että makin rakennetta kuohkeuttavaa karkeampaa ainesta. Hyvänä kuivikeseoksena pidetään sellaista, jossa on 50 % puuhaketta ja 50 % lannoittamatonta raakaturvetta. Lisättävän kuivikkeen määrä vaihtelee laitekohtaisesta vaihdellen 0,1 - 0,3 litraa per käyttökerta. Kuivikkeen käyttö tulisi vastata aina käymälän käyttömäärää. Liian runsas kuivikkeen käyttö täyttää turhaan käymälämakkiastiaa ja liian vähäisellä käytöllä aiheutetaan liiasta nesteestä johtuvia ongelmia. (Kuivakäymäläseura Huussi ry, n.d.)

Kompostikäymälän toimintaa voidaan tarvittaessa nopeuttaa markkinoilla olevilla mikrobipohjaisilla lisäaineilla mutta niiden käyttö ei ole välttämätöntä. Lisäaineita valitessa on kuitenkin syytä olla tarkkana, että aine on tarkoitettu nimenomaan kuivakäymälälle ja ettei lisäravinteilla heikennetä kompostoitumisen kannalta suotuisaa hiili-typpisuhdetta. Kompostikäymälään ei saa lisätä mitään kemikaaleja tai kalkkia, sillä ne häiritsevät kompostikäymälän luontaista bakteeritoimintaa. (Kuivakäymäläseura Huussi ry, n.d.)

Kompostikäymälän ongelmaksi ulkokäytössä muodostuu kylmät ajanjakso, jolloin kompostikäymälän massa voi jäätymään. Tällöin kompostoituminen pysähtyy ja käymälälaitte täyttyy nopeasti. Tämä tekee myös käymälän tyhjentämisestä hankalaa. Tilanteeseen voidaan varautua tyhjentämällä käymälä syksyllä tai hankkimalla riittävän isolla säiliöllä varustettu käymälä. Lisäksi voidaan käyttää erillisiä vaihtoastioita, joita on mahdollista liikutella täytenäkin. (Kuivakäymäläseura Huussi ry, n.d.) Lämpöeristämällä ja tuuletusta pienentämällä saadaan pienennettyä lämpöhukkaa, mikä parantaa kompostikäymälän toimivuutta kylmissä olosuhteissa (Biolan, n.d.a.; Kekkilä, n.d. s. 4 - 5).

Käymälä on tyhjennettävä aika ajoin ja tyhjennysväliin vaikuttaa käymälälaitteen tilavuus, kuormitus ja massan hajoamisnopeus. Mitä suurempi säiliö käymälälaitteessa on, sitä pidempään massan voi kompostoitua astiassa. (Malkki, 1995, 23, 35 - 37) Markkinoilla olevia kompostointiin perustuvia käymälöitä on olemassa hyvin eri kokoisia tilavuuksien vaihdeltaessa noin 50 litrasta muutaman tuhanteen litraan. Laittevalmistajat ilmoittavat yleensä käymälän kapasiteetin käyttäjämäärän mukaan tai käyttäjävuorokausina. Kotikäytössä olevien kompostikäymälöiden osalta tyhjennysväli on paremmin ennakoitavissa, kun kuormitus on pääsääntöisesti vakio. Yleisikäytössä olevien käymälöiden kuormitusmääriä ei voida etukäteen arvioida ja kuormituksessa saattaa olla merkittäviä vaihteluja eri vuodenaikoina.

Kompostikäymälän tyhjennys tapahtuu yleisimmin joko käymälän takaosassa sijaitsevan erillisen huoltoluukun kautta tai käymälän yläosan kautta. Huoltoluukun kautta tapahtuva tyhjennys tehdään yleensä lapiolla

ja makkiastiaa ei tyhjennetä kokonaan. Tyhjennys voi tapahtua myös irrottamalla makkiastia väliaikaisesti käymälälaitteesta ja tyhjentämällä astia jatkokäsittelypaikkaan. Irrotettava astia voi olla myös vaihtoastia, joka toimii jälkikompostointiastiana. Tyhjennyksen osalta on hyvin paljon laitekohtaisia eroja.

6.2 Virtsan erottelu

Virtsan erottelulla voidaan saavuttaa monia hyötyjä, jotka liittyvät virtsan hyötykäyttöön ja kiinteän jätteen kompostointiin. Virtsan erottelulla pyritään ensisijaisesti estämään ulosteen ja virtsan sekoittuminen. Virtsan joutuminen ulosteen sekaan nostaa käymälämakin pH:ta, joka luo epäsuotuisat olosuhteet monelle taudinaiheuttajalle mutta samalla hidastaa orgaanisen aineen hajoamista (Jönsson ym. 2004; Hill ym, 2012). Lisäksi virtsan erottelulla vältetään ulosteessa olevien taudinaiheuttajien sekoittuminen virtsaan, joka vähentää ulosteperäisiä taudinaiheuttajia sisältävän nesteen määrää käymälässä.

Virtsan erotteluun on olemassa erilaisia teknisiä ratkaisuja. Yleisin menetelmä on kahteen osastoon jakautuva käymäläistuim, joista toinen osasto kerää virtsan ja toinen ulosteen. Tällainen virtsan erottelu edellyttää kuitenkin sitä, että henkilö tekee tarpeensa istuallaan. Virtsan erottelu ei kuitenkaan ole täydellistä. Ihmisen anatomiasta ja käymäläkäyttäytymisestä johtuen osa virtsasta voi ohjautua kiinteän jätteen sekaan. Lisäksi erotellun virtsan sekaan voi kulkeutua ulosteen sisältämiä taudinaiheuttajia erottelevan mekanismin likaantuessa ulosteesta (Höglund, Stenström, Jönsson & Sundin, 1998).

Virtsan erottelu voi olla kiinteästi sisäänrakennettuna käymäläastiaan kuten Biolanin Populett-käymälässä tai jälkeempäin asennettavana kevyenä istuinosaan kuten Separett Pikkula 501:ssä (kuva 9). Biolan, n.d.a; Separett, n.d.) Mulliksella on myös oma versionsa virtsan erottelevasta istuimesta mutta se edellyttää siihen sopivan käymäläistuimen hankintaa (kuva 24) (BAT Systems, n.d.). Virtsan erotteluun voidaan käyttää myös erilisiä kuivapisaareja, jonka voi asentaa käymälätilan yhteyteen.



Kuva 9. Separett Pikkula 501 – virtsan erotteleva istuinosa (Separett, n.d.).

6.3 Katsaus käytössä oleviin kuivakäymäläratkaisuihin

Markkinoilla on useita erilaisia kuivakäymälöitä. Merkittävimmät erot eri valmistajien käymälämallien osalta liittyvät käymälöiden jätesäiliön tilavuuteen, tyhjennystapoihin, ilmanvaihtoon sekä kylmyydeltä suojaamisessa eli jäteastian eristämisessä. Lisäksi käymälöissä voi olla sisäänrakennettuna virtsan erottelumekanismia, kuivikkeen annostelija tai muuta käytettävyyttä parantavia ominaisuuksia. Koska tämä selvitystyö keskittyy vain yleisökäyttöön soveltuviin kuivakäymälöihin, on seuraavasta tarkastelusta rajattu pois pienikokoisimmat eli alle 200 litraiset käymälämallit.

Biolan Populett 200 (kuva 10) kompostikäymälä koostuu kannesta sekä vaihdettavasta käymäläjäteastiasta. Lisäksi käymäläastiassa on säädettävä ilmanvaihto. Astian pohjalla on irrotettava välipohja, jonka reikien kautta ylimääräinen neste pääsee valumaan astian pohjatilaan. Nesteen poisjohdattamista varten on oma letku astian pohjassa. Käymäläastian pohjassa, toisessa reunassa, on pyörät liikuttelua helpottamaan. Käymälässä on sisäänrakennettu virtsan erottelusysteemi, jonka voi ottaa tarvittaessa käyttöön. Virtsan erottelu tapahtuu istuinaukon etureunassa olevan suppilon lähtevän putken avulla. Erottelumekanismiin päällä on ritilä, jolla estetään virtsan erotteluputken tukkeutuminen. Eroteltu virtsa johdetaan käymäläastian pohjalle samaan tilaan suotonesteen kanssa. Käymäläastian tyhjennys tapahtuu joko lapioidulla tai kaatamalla astia tyhjäksi. Käymälämakki voidaan jättää kompostoitumaan astiaan, jos käytetään erillistä vaihtoastiaa. Tätä varten on vaihtoastioille olemassa oma umpikansi. Tällä hetkellä Populett-käymälää on saatavilla enää 200-litraisena mutta aikaisemmin sitä valmistettiin myös 300-litraisena. (Biolan, n.d.a)

Green Toilet – kompostikäymälä (kuva 10) on toimintaperiaatteeltaan samantyyppinen kuin Biolan Populett mutta siinä ei ole sisäänrakennettua virtsan erottelua. Lisäksi käymäläastiassa olevan välipohjan rakenne mahdollistaa astian pohjalla olevan suotonesteen kapillaarisen nousemisen takaisin käymälämassaan, jos käymälämakki alkaa kuivua liikaa. Green Toilet-käymälää on saatavilla kahta kokoa 120 litraisena ja 330-litraisena. (Pikku Vihreä, n.d.a.)



Kuva 10. Green Toilet 330 ja Biolan Populett 200-kompostikäymälät. (Pikku Vihreä, n.d.; Biolan, n.d.a.)

Ekolet Onni (kuva 11) on tilavuudeltaan 350 litrainen kompostikäymälä, jonka käymäläästia on jaettu pystysuunnassa virtsan erottelevaan suodatusosastoon ja kiinteän jätteen keräävään osastoon. Väliseinänä toimii irrotettava nestettä läpäisevä muovilevy. Käymälästä valuvat nesteet johdetaan ulos käymäläästian alaosassa olevan reiän kautta pois. Ilmanvaihto käymäläästiassa tapahtuu alaosan reiän ja virtsan suodatusosaston sekä käymälän kannessa olevan poistoputken avulla. Ilmanvaihdon toiminnan kannalta on tärkeää pitää käymälän istuinluukku suljettuna silloin kun käymälää ei käytetä. Käymäläästian etuosassa olevan virtsan suodatusosasto täytetään kuorikatteella tai olki silpulla. Ekoletin tyhjennys tapahtuu joko lapiomalla tai kaatamalla astia tyhjäksi (Ekolet Oy, 2019.)

Ekolet Onni-käymälään kuuluu erillinen suotonesteen seisotusastia. Käytännössä käymälänesteet johdetaan putkea pitkin erillisen seisotusastiaan, jossa suotonesteen tulee viipyä vähintään 10 päivää yli 20 asteen lämpötilassa. Tänä aikana suotonesteessä olevien haitallisten taudinaiheuttajien määrä laskee valmistajan mukaan sillä tasolle, että suotoneste voidaan johtaa maaperään. Seisotusastian koko määräytyy kuormituksen mukaan. mutta normaalissa mökkikäytössä riittää valmistajan mukaan 20 litran seisotusastia, kun taas leirintäaluekäytössä suositeltava koko on noin 80 litraa (Ekolet Oy, n.d.; Ekolet Oy, 2017; Ekolet Oy, 2019).



Kuva 11. Ekolet Onni-käymäläästia, jossa käymäläästia on jaettu kahteen osastoon pystysuunnassa. (Ekolet Oy, 2019)

Lämpöeristettyjä kompostikäymälöitä ovat esimerkiksi Biolanin Eco, Kekkilän Tehokäymälä, Huussikäymälä sekä Jitan Huussi-Ukko kompostoiva kuivikäymälä. Käymäläästioiden tilavuudet vaihtelevat hieman valmistajasta riippuen. Esimerkiksi Biolanin Eco on tilavuudeltaan 200-litrainen, Kekkilän Tehokäymälä 230-litrainen ja Jitan käymälä 300 - litrainen. Toimintaidealtaan ja rakenteeltaan käymälät ovat hyvin samankaltaisia. Käymäläästian lämpöeristyksellä pyritään edistämään käymäläjätteen kompostoitumista myös kylminä vuodenaikoina sekä estämään käymälämakin jäätymistä. Kaikissa käymälöissä on erillinen ilmanvaihto, joka on säädettävissä. Käymälöiden tyhjennys tapahtuu käymälä alaosassa olevan huoltoluukun kautta esimerkiksi lapiolla. Käymälän suotonesteen johdetaan alapohjassa olevan letkun kautta ulos. (Biolan, n.d.b.; Kekkilä, n.d.a; Kekkilä, n.d.b.; Jita, n.d.)



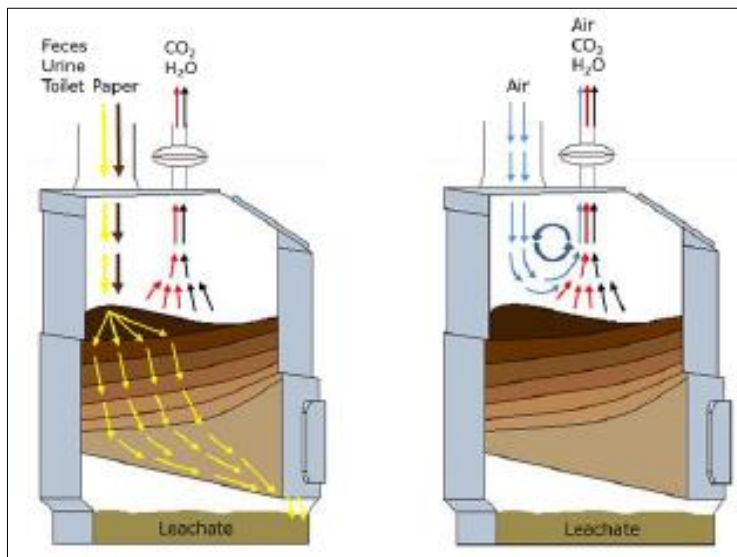
Kuva 12. Kekkilän Tehokäymälä. Vasemmalla rakennekuva ja oikealla käymälä edestäpäin kuvattuna. (Kekkilä, n.d.a; Kekkilä, N.d.b)

Ecoteco kompostoiva pytty – käymälä (kuva 13) on toimintaperiaatteeltaan samankaltainen kuin edellä kuvatut Biolan Populett ja Green Toilet-käymälät mutta se on lämpöeristetty. Käymälään on saatavilla vaihtoastia ja käymälääastian pohjassa on nesteen erotteleva välipohja. Lisäksi käymälän ilmanvaihtoa on kehitetty siten, että korvausilma otetaan sekä astian ylä- ja alaosan kautta. Käymäläästia on tilavuudeltaan noin 200 litraa. Käymälääastian alla on irrallinen käymälän suotonesteen koontisäiliö, jonka kautta neste voidaan johtaa haluttuun paikkaan. (Ecoteco, n.d.a; Ecoteco, n.d.b)



Kuva 13. Ecoteco-käymälä kuvattuna edestä (vasen) ja ylhäältä (oikea). Käymälääastian pohjalla oleva nesteen erotteleva välipohja näkyy oikealla kirkkaana reikälevynä. (Ecoteco, n.d.a; Ecoteco, n.d.b)

Ruotsalaisilta käymälävalmistajilta, Clivukselta ja Mullikselta, löytyy suureen säiliötilaan perustuvia kompostoivia käymälöitä. Clivus (kuva 14) valmistaa suuria käymäläjätēsäiliöitä, joihin voidaan liittää yksi tai useampi käymäläistuin riippuen säiliön koosta. Säiliöiden kompostointitilavuus vaihtelee M100 mallin 650 litrasta M300 mallin 4200 litraan. Valmistajan mukaan toiminta perustuu käymäläjätteen jatkuvaan kompostoitumiseen, jonka säiliön iso tilavuus mahdollistaa. Tällöin käymäläjäte saa kompostoitua 5-10 vuotta ennen sen poistamista säiliöstä. Tämä tietysti edellyttää, että jätēsäiliö on oikean kokoinen suhteessa kuormitukseen. Tällöin käymälämakin pitäisi olla täysin kompostoitunutta ja käytettävissä maanparrannusaineena. Käymälän suotoneste kertyy säiliön pohjalle omaan säiliöön, josta se voidaan johtaa erillistä letkua pitkin ulos. Valmistajan testituloksiin perustuen käymälän pohjalla oleva suotoneste käy läpi nitrifikaatioprosessin ja on lopulta taudinaiheuttajista vapaa ravinnepitoinen neste. Nitrifikaatiossa virtsassa oleva ammonium-tyyppi hapettuu nitraatiksi. Säiliöllä on erillinen tuuletusputki, jonka kautta ylimääräinen kosteus pääsee poistumaan. Korvausilma käymäläjätēastiaan otetaan istuinreiän kautta. (Clivus Multrum, n.d.a; Clivus Multrum, n.d.b.)

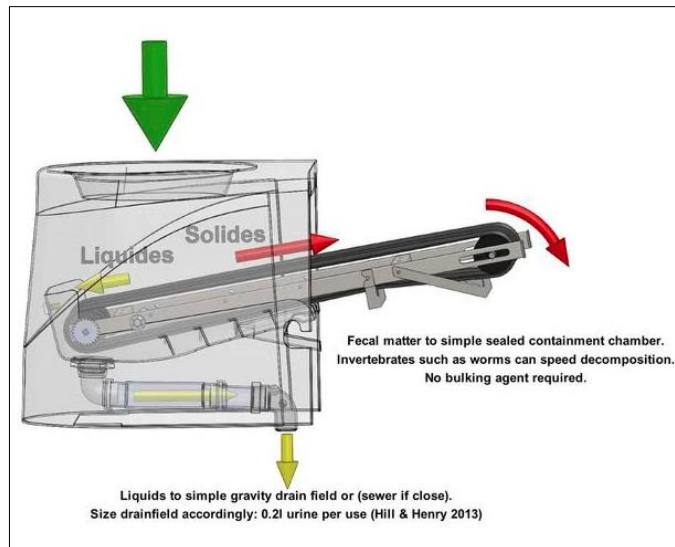


Kuva 14. Clivus-käymälän toimintaperiaate perustuu riittävän suureen käymäläjätēsäiliöön ja jatkuvaan kompostoitumisprosessiin. Kuvassa on havainnollistettu nestemäisen ja kiinteän jätteen kulua ja kerrostumista astiassa (vasen) sekä ilman kiertoa säiliössä (oikea). (Clivus Multrum, n.d.b.).

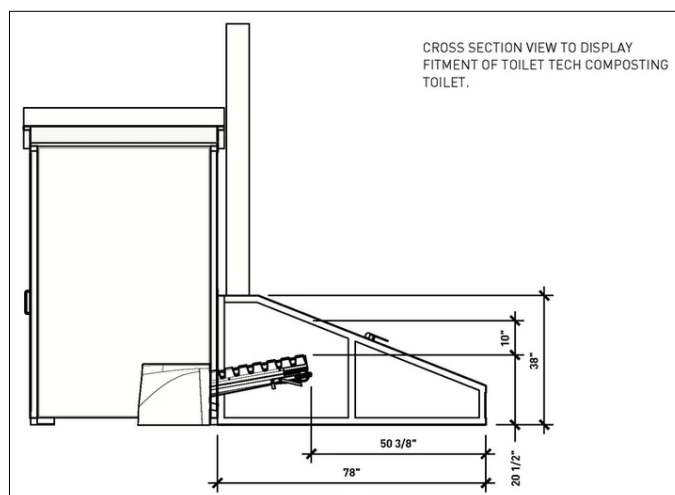
Mullis-käymälät ovat Clivuksen kanssa hyvin samanlaisia toimintaperiaateeltaan eli iso käymäläjätēsäiliö yhdistetään yhteen tai useampaan käymäläistuimeen. Mullis-käymälä on tosin valmistettu ruostumattomasta teräksestä, kun taas Clivus on valmistettu 6 mm paksuisesta ämpärimuovista. Mulliksen jätēsäiliöitä löytyy useita eri kokoja ja malleja mutta yleisökäytön kannalta soveltuvimmat kokonsa puolesta ovat Mullis Standard ja Mullis 2000. Merkittävin ero näillä kahdella on käymälän ulkomuoto. Clivus on rakenteeltaan korkea, kun taas Mullis on vaakatasossa pitkänomainen. Mullis-käymälä perustuu myös jatkuvaan kompostointiprosessiin, joten käymälämakkia tyhjennetään vain vähän kerrallaan. Käymälän kuormituksesta riippuen ensimmäiset tyhjennykset tehdään valmistajan mukaan 2 - 5 vuoden kuluttua käyttöönotosta, jonka jälkeen tyhjennystarve on 1 - 4 kertaa vuodessa. Mulliksessa on mahdollista käyttää virtsan erottelua, jolloin virtsa voidaan ohjata istuimen kautta joko erilliseen säiliöön tai käymälämakin päälle erillistä virtsan levittävää peltiä apuna käyttäen. Mullista voi käyttää myös ilman virtsan erottelua. (BAT Systems Oy, n.d) Mulliksen toimintaperiaate on kuvattu tarkemmin Skuleskogenin kansallispuiston käymäläselvityksen yhteydessä luvussa 8.1.3.

Ranskalainen Ecodomeo on kehittänyt kuivakäymälän, joka poikkeaa merkittävästi edellä kuvatuista kuivakäymälätekniikoista. Kyseessä on Behind The Wall – käymälä (BTW) (Kuvat 15 & 16) ja se on suunniteltu suuren volyymin yleisökäymälöihin. Kyseessä on virtsan erotteleva kuivakäymälä, jossa kiinteä käymäläjäte siirtyy jalkavivun avulla kumimattoa pitkin käymälän takaseinän toisella puolella olevaan tilaan. Uloste voidaan näin kompostoida erillisessä tilassa tai kerätä erilliseen astiaan poiskuljetusta varten. Tekniikka on käytössä useissa kansallispuistoissa Pohjois-Amerikassa

ja se on todettu toimintavarmaksi yleisökohteilla. Laitte soveltuu myös myös kylmiin olosuhteisiin. (Toilet Tech Solutions, n.d.a; Ecodomeo, n.d.; Ortega, n.d.)



Kuva 15. Ecodomeon BTW - tekniikka, jossa kiinteä jäte siirtyy kumimattoa pitkin vaakatasossa pois erilliseen tilaan ja virtsa erotellaan painovoimaisesti alaosassa olevan putken kautta (Toilet Tech Solutions, n.d.a).



Kuva 16. Toilet Tech Solutionsin (n.d.b) rakennemalli Ecodomeon BTW – käymälälaitteen sijoittamisesta käymälärakennukseen.

BTW-käymälässä eroteltu virtsa voidaan johtaa joko erilliseen säiliöön tai maameytyskenttään (Toilet Tech Solutions, n.d.c.). Maameyttyämön toiminta perustuu maaperän mikrobien tekemään hajotustoimintaan, jossa poistetaan nesteestä orgaanista ainesta, taudinaiheuttajia ja typpeä. Samalla osa fosforista sitoutuu maahan. (Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto, n.d.c). Geoffrey Hillin ja Toilet Tech Solutionsin (myöhemmin TTS)

kehittämässä virtsan maimeyttämössä virtsa johdetaan ensin 20 litran seisotusastiaan, jonka avulla vähennetään mahdollisten virtsaan sekoittuneiden taudinaiheuttajien kulkeutumista imeytyskenttään ja saostetaan mahdollinen kiinteä aines säiliön pohjalle. Seisotusastiasta virtsa johdetaan imeytyskenttään, jonka koko määräytyy maaperän sekä arvioidun virtsakuormituksen mukaan. (Toilet Tech Solutions, n.d.c)

Virtsan imeytyskentän (kuva 17) mitoitus perustuu Hillin mukaan Yhdysvalloissa voimassa olevaan ohjeistukseen asuinkiinteistöjen yhteydessä olevien maimeytyskentän mitoituksesta, jota on skaalattu vastaamaan yleisökuivakäymälästä peräisin olevaa virtsamäärää. Koska virtsa on kuivakäymälässä laimentumatonta, toisin kuin asuinkiinteistöjen jätevedessä, on maimeyttämön mitoitus 10-kertaistettu. Tällä on haluttu varmistaa se, ettei maaperään pääse muodostumaan liian korkeita ammoniumpitoisuuksia, joka rajoittaisi maaperän bakteerien ja pieneliöiden toimintaa. Tämä luonnollisesti heikentäisi myös imeytyskentän puhdistuskykyä. (Hill, 2013, s. 112-113)

Pohjois-Amerikassa olevilla esimerkkikohteilla imeytyskentän koko on pienimmillään noin 10 neliöjalkaa eli noin 1 m². Imeytyskentän pientä kokoa perustellaan siihen vuorokautisesti johdettavan nestemäärän vähäisyydellä verrattuna asuinkäytössä olevien imeytys- tai suodatuskentän kokoon. (Toilet tech solutions, n.d.c., Heubner, 2016)



Kuva 17. Maimeyttämön perustamisvaiheessa asennetaan maimeyttämön putki ja virtsan seisotusastia maaperään. (Toilet tech solutions, n.d.c.).

Kuivakäymälöistä peräisin olevan nestemäisen jätteen, erityisesti virtsan, käsittelyllä tavoitellaan pääsääntöisesti nesteen hygienisointia, tilavuuden pienentämistä stabilointia tai ravinteiden talteenottoa (Malila, Viskari &

Kallio, 2019, s.14). Kuivakäymälöistä peräisin olevan virtsan tai suotonesteiden käsittely käymälän yhteydessä on osoittautunut jokseenkin haastavaksi varsinkin silloin kun kyse on suuremmista nestemääristä kuten yleiskäymälöissä. Yksinkertaisin ja yleisimmin ohjeistettu toimintatapa nesteiden osalta on kerätä ne erilliseen astiaan ja joko viemään käsiteltäväksi jätevedenpuhdistamolle tai jos mahdollista, varastoimaan riittävän pitkä aika umpinaisessa astiassa nesteen hygienisoimiseksi (Käymäläseura Huussi ry, n.d). Painavan nesteen kuljettamiseen jatkokäsiteltäväksi sisältyy kuitenkin omat haasteensa ja varastoiminen edellyttää asianmukaisia tiloja sekä sopivan loppusijoituspaikan runsasravinteiselle nesteelle. Käymälän yhteydessä tapahtuvaan nesteiden käsittelyyn on olemassa jonkin verran teknisiä ratkaisuja sekä menetelmiä, jotka eivät kuitenkaan ole yleistyneet tai sovellu sellaisenaan käytettäväksi yleiskäymälöissä luonnon virkistyskäyttöalueille Suomessa. Kuivakäymälän suotonesteen hygienisointiin ja nesteen sisältämien ravinteiden talteenottoa varten on kehitetty kaksi kotimaista ratkaisua, jotka esitellään seuraavaksi.

Biolanin Suotis (kuva 18) on fysikaaliseen, kemialliseen ja biologiseen suodattamiseen perustuva ratkaisu, joka sitoo nesteessä olevat ravinteet ja orgaanisen aineksen suodattimessa oleviin massoihin. Lisäksi suodatusprosessin aikana nesteen pH nousee, joka tuhoaa taudinaiheuttajien. Suodatuksen jälkeen nesteen voi valmistajan mukaan johtaa suoraan maaperään. Suotiksen sisällä olevat suodatinaineet riittävät kuitenkin vain noin 60 suotonestelitran käsittelyyn, joten se on yleiskäymäläkäyttöön liian pieni. (Biolan, n.d.c)

GeoTrap huussisuodatin, on Suotiksen kaltainen suotonesteen puhdistukseen tarkoitettu ratkaisu, jonka puhdistusteho perustuu GeoTrap ravinnesiapparimassaan. Taudinaiheuttajien puhdistuksen osalta massa vastaa käytännössä hiekkasuodatusta (Laiho, 2020a). GeoTrap massalla käsitellyt nesteet voidaan valmistajan mukaan johtaa suoraan maaperään. Valmistajan mukaan normaali kesämökkikäytössä massa tulisi vaihtaa kerran vuodessa ja yleiskäytössä 2-3 kertaa vuodessa käyttömääristä riippuen. (Pikku Vihreä, n.d.b.) Se, miten suurta kuormitusta GeoTrap yleiskäytössä kestä, jää kuitenkin epäselväksi. Ravinnesiapparimassaa valmistavan Nanogeo Finland Oy:n mukaan 1 kg GeoTrap massa pystyy sitomaan noin 40 g typpeä, kun nesteenä on virtsa tai suotoneste (Laiho, 2020b). Lisäksi fosfori saostuu käytännössä kokonaan typen sitoutumisreaktion seurauksena. Molempien menetelmien osalta nesteen puhdistuksessa käytettävien massojen määrät tulisivat nousemaan suuriksi, kun huomioidaan yleiskäymälöiden nestemäärät. Tämä nostaa käyttökustannuksia ja on huomioitava huollon suunnittelussa. Lisäksi molempien suodattimien osalta tulisi ratkaista se, miten laitteen toimintakyky voidaan varmistaa kylminä vuodenaikoina ja estää jäätyminen.



Kuva 18. Suotonesteen puhdistukseen tarkoitettuja suodattimia. GeoTrap (vas.) ja Biolan Suotis (oik.) (Pikku Vihreä, n.d.b., Biolan, n.d.c.).

Virtsassa olevan veden haihdutukseen perustuvilla ratkaisuilla voidaan pienentää kerätyn virtsan tilavuutta ja samalla painoa, mikä helpottaa virtsan kuljetusta ja käsittelyä. Haihdutus edellyttää lämpöenergiaa, jota saadaan esimerkiksi auringosta tai sähköenergiaa apuna käyttäen. Lisäksi haihdunta edellyttää riittävän tehokasta tuuletusta, jota voidaan tehostaa tuulettimilla. (Depledge, 1997, s. 15 - 20). Haihduttamisen yhteydessä on vaara, että merkittävä osa tuestä haihtuu, joka tulee huomioida varsinkin silloin kun tavoitteena on ravinteiden talteenotto ja hyötykäyttö. Edellä todetut tekijät asettavat käytännön haasteita soveltaa olemassa olevia haihdutusratkaisuja Suomen kylmissä olosuhteissa varsinkin kohteilla, joissa ei ole verkkovirtaa saatavilla.

Yhtenä potentiaalisena haihdutusratkaisuna voisi olla Ruotsin maatalousyliopisto (SLU) kehittämä alkalinen haihdutusmenetelmä, jossa eroteltu virtsa imeytetään puutuhkaan tai muuhun kantoaineeseen. Kantoaineen tarkoitus on nostaa virtsan pH:ta ja estää ammoniakkin haihtuminen. Virtsan sisältämä vesi haihdutetaan kantoaineesta johtamalla käsittely-yksikköön lämmintä ilmaa, josta vesihöyry johdetaan tehostetun tuuletuksen avulla pois. (Malila ym., 2019, s. 17) Alkalista haihdutusmenetelmää on testattu kenttäolosuhteissa muun muassa Suomessa puolustusvoimien kuiväkäymälässä MORTTI-hankkeen toimesta vuonna 2019. Hankkeen loppuraportin mukaan testatulla tekniikalla saatiin noin 1000 käymäläkäyntikerran virtsamäärä muutettua lopputuotteeksi, joka painoi noin kymmenesosan alkuperäisen virtsan painosta (Malila ym., 2019, s. 43). Edelle kuvattu ratkaisu edellyttää tässä vaiheessa sähkövirtaa, joka rajaa sen käyttömahdollisuuksia luonnon virkistyskäyttöalueilla. Myös teknisessä toimintavarmuudessa on vielä kehitettävää erityisesti ravinteiden talteenoton näkökulmasta (Malila ym., 2019, s.44). Jos tarvittava lämpö- ja sähköenergia olisi mahdollista tuottaa myös vaihtoehtoisilla energiamuodoilla kuten aurinkoenergialla, voisi menetelmällä vähentää merkittävästi yleisökuiva-

käymälöiden nesteiden hallintaan liittyviä ongelmia. Vaikka SLU:n kehittämä menetelmä on kehitetty nimenomaan erotellulle virtsalle, voisi haihdutusmenetelmää soveltaa myös suotonesteeseen. Tämä luonnollisesti edellyttäisi jatkotutkimusta esimerkiksi sopivan kantoaineen löytämiseksi suotonesteelle.

6.4 Kuivakäymälätekniikan valintaan vaikuttavat tekijät yleisökohteilla

WHO:n (2018, s. 14) mukaan sopivan käymälätekniikan valinta tulee perustua tapauskohtaiseen harkintaan eikä ole yhtä toimivaa ratkaisua, joka soveltuisi kaikkiin tilanteisiin. Käymälätekniikan valintapäätöksessä tulisi huomioida alueen fyysiset, sosiaaliset ja yhteiskunnalliset olosuhteet. Näitä ovat esimerkiksi käyttäjämäärissä tapahtuvat muutokset, ympäristönsuojelu, valitun tekniikan elinkaarikustannukset, rahoitusvaihtoehdot sekä resurssit ja toimintaympäristön asettamat puitteet käymälämäärälle, ylläpidolle ja käymäläjätteen käsittelylle.

Edellä mainittujen näkökulmien lisäksi on tärkeää ennakoida kuormituksen laatu eli ulosteen ja virtsan suhde kuormituksessa. Erityisesti kasvillisuudeltaan avoimien uimarantojen ja pysäköintialueiden tai muiden vastaavien julkisten paikkojen yhteydessä olevissa kuivakäymälöissä virtsan osuus kokonaiskuormituksesta on selvästi suurempi mitä kohteilla, jotka sijaitsevat kasvillisuudeltaan peitteisemmissä ja syrjäisemmissä kohteissa. (Ehn, 2019a)

7 KUIVAKÄYMÄLÄJÄTTEEN KOMPOSTOINTI JA KÄSITTELY

Kuivakäymälöiden jätteen käsittelyä tarkastellaan usein käymäläjätteen sisältämien ravinteiden kierrätyksen näkökulmasta. Tällöin kiinteä jäte muutetaan kompostoinnin avulla hyötykäyttöön soveltuvaksi raaka-aineeksi kuten maanparannusaineeksi kun taas virtsa on jo sellaisenaan lähes täydellistä ravinneliuosta kasveille. (Käymäläseura Huussi ry, n.d., s. 2) Koska kompostointi on yleinen menetelmä kuivakäymälöiden jätteen käsittelyssä, perehdytään tässä luvussa tarkemmin kuivakäymäläjätteen kompostointiin sekä käymäläjätteen käsittelyyn liittyviin riskeihin.

7.1 Kompostoitumisprosessi

Kompostointi perustuu luonnon omaan prosessiin, jossa eloperäinen jäte hajoaa hapellisissa olosuhteissa mikrobien toiminnan ansiosta humukseksi. humus on tummaa eloperäistä multamaista ainetta, joka hajoaa hitaasti maaperässä luovuttaen siihen sitoutuneita ravinteita. Hajotustoiminnasta vastaavat mikrobit ovat erilaisia luonnossa esiintyviä bakteereja,

sieniä, sädesieniä ja maaperän eläimiä kuten lierot. Eloperäisen materiaalin kompostoitumisen yhteydessä syntyy humusta, hiilidioksidia, lämpöenergiaa, vettä ja ravinnesuoloja. (Tuominen, 2008, s. 11, 85)

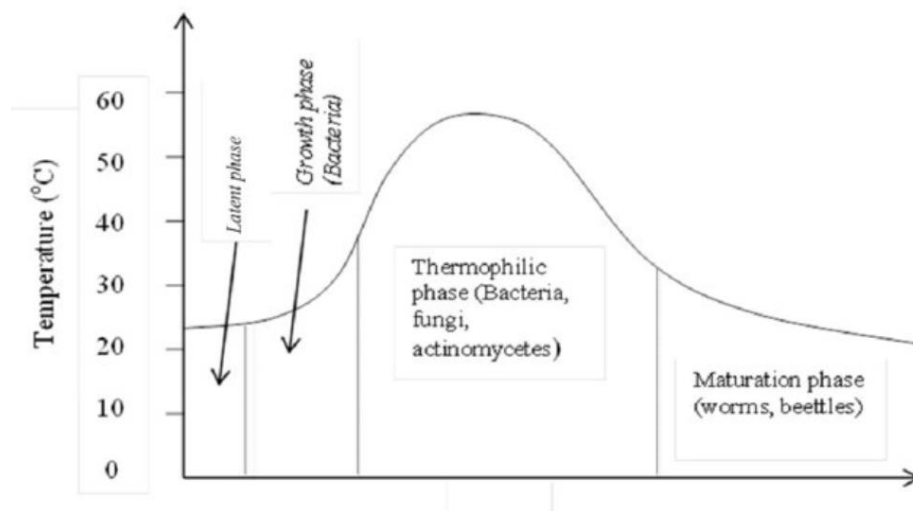
Kompostoituminen on luonnon tapa kierrättää kasveihin ja eliöihin sitoutuneet ravinteet ja hiili takaisin kiertoon. Kompostoitumista tapahtuu kaikkialla luonnossa, kunhan olosuhteet ovat siihen sopivat. Silloin kun kompostointi tapahtuu ihmisen toiminnan kautta, se edellyttää aina kompostin aktiivista hoitamista. Erona luonnossa tapahtuvan ja ihmisen myötävaikutetun kompostoitumisen välillä on yleensä tavoite kompostoitumisen nopeuttamiseen. (Tuominen, 2008, s. 11, 26)

Kompostoitumisen kannalta tärkeitä asioita ovat happi, kosteus ja ravinnesuhteet. Hajotustoimintaa tekevät mikrobit tarvitsevat happea, jolloin kompostoitavan massan on oltava riittävän kuohkeaa. Massan on oltava myös riittävän kosteaa, sillä liian kuivassa mikrobit eivät kykene lisääntymään ja ne kuolevat joutuessaan liian kuiviin olosuhteisiin. Liika kosteus on toisaalta pahaksi eli jos kompostimassa on hyvin märkää, se alkaa tiivistymään ja ilmavuus heikkenee, mikä on mikrobeille haitallista. (Tuominen, 2008, s. 29 - 33)

Pelkät olosuhteet eivät riitä kompostoitumiseen vaan mikrobit tarvitseva myös ravintoa oikeassa suhteessa. Tärkeimpänä tekijänä on orgaanisen hiilen ja typen määrä sekä niiden keskinäinen suhde massassa. Hiiliyhdisteet ovat mikrobeille tärkeä energianlähde, jota ilman ne eivät elä. Hiiltä on kaikessa eloperäisessä materiaalissa mutta erityisen paljon puumaisessa aineessa, kuten kuolleissa kasvinosissa, puiden lehdistä ja tietenkin puiden rungossa ja oksissa. Typpi on tärkeä proteiinien ja nukleinihappojen rakennusaine ja luonnossa erityisesti kasvit eivät pysty kasvamaan ilman typpeä. Mikrobeille typpi on tärkeä lisääntymisen kannalta, sillä ilman typpeä mikrobien määrä ei myöskään lisäänty. Typpeä on erityisen paljon virtsassa sekä lietelannassa, jossa virtsa ja uloste ovat sekaisin. Myös ruokajätteet ja vihreät kasvin osat kuten ruoho ovat hyvin typpipitoisia. Jotta tilanne olisi ideaali kompostoitumisen kannalta pitäisi alkuaine hiilen (C) ja typen eli C:N suhteen olla kompostissa 25 - 35:1 eli hiilipitoista ainesta pitäisi olla 25 - 35 kertaa enemmän mitä typpipitoista ainesta. Tällöin hajotustyötä tekeville eliöille on tarjolla riittävästi ravintoa ja edellytykset lisääntyä, joka nopeuttaa kompostoitumista, kun hajotustyötä tekeviä mikrobeja on enemmän. (Tuominen, 2008, s. 33 - 35)

Kompostoituminen etenee kolmessa eri vaiheessa: lämpeneminen eli mesofiilinen, kuumavaihe eli termofiilinen ja jäähtymisvaihe (kuva 19). Siinä vaiheessa, kun kompostoituvaa massaa on riittävästi ja olosuhteet ovat mikrobeille suotuisat, alkaa niiden määrä lisääntyä ja mesofiilinen prosessi käynnistyy kunnolla. Tätä kutsutaan lämpenemisvaiheeksi, joka kestää ympäristön lämpötilasta riippuen muutamasta päivästä jopa viikkoihin. Alhainen lämpötila hidastaa mikrobien toimintaa. Lämpenemisvaiheessa bakteerit, sienet ja sädesienet hajottavat liukoisia ja hiilipitoista jätettä kuten

sokereita, rasvoja, tärkkelystä sekä yksinkertaisia typpiyhdisteitä. Lämpötila nousee 40 – 50 asteeseen ja kompostoituva massa muuttuu hetkellisesti happamaksi. Seuraava vaihe on termofilinen eli kuumavaihe, jossa säde-, home ja hiivasienet sekä mikrobit jatkavat hajotustyötä, hajottamalla typpipitoisia valkuaisaineita ja muita helposti hajoavia ravintoaineita. Tässä kohtaa myös vettä alkaa haihtua vesihöyryn ja nesteen muodossa. Kuumavaiheessa tehokkaaseen kompostoitumiseen riittää 35 - 50 asteen lämpötila mutta lämpötila voi nousta parhaimmillaan jopa 80 asteeseen, jolloin osa mikrobeista ei kuitenkaan pysty enää toimimaan. Kuumavaiheen lämpötilaan vaikuttaa jätteen määrä, kompostin täyttöaste ja ympäristön lämpötila. Kuumavaiheessa kompostin pH nousee neutraaliksi. Kun sienet ja bakteerit ovat käyttäneet helposti hajoavat ravintoaineet ravinnoksi, alkuhajottajien toiminta vähenee ja kompostin lämpötila laskee lähellä 20 astetta. Tätä vaihetta kutsutaan jäähtymisvaiheeksi. Tässä kohtaa jäljellä on enää hiilipitoiset kuituaineet kuten selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini, jotka kelpaavat ravinnoksi maaperän muille eliöille kuten hyönteisille ja lieroille. Hitaimmin hajoava on ligniini, jota on puuaineessa ja puiden lehdistä. Siinä vaiheessa, kun kompostin lähtöaineita ei enää erota massasta, pois lukien hitaasti hajoava puumainen jäte, komposti on puolikypsää eli kompostoituminen on edelleen käynnissä. Täysin kypsää kompostimassa on siinä vaiheessa, kun se ei enää lämpene eli hajotustoiminta mikrobien toimesta on päättynyt. Kompostoituaan kompostimassan tilavuus pienenee merkittävästi jopa 80 %:a lähtötilavuudesta. (Tuominen, 2008, s.64-67)



Kuva 19. Kompostoitumisprosessin vaiheet (Vigneswaran, Kandasamy & Johir, 2016).

7.2 Kuivakäymäläjätteen kompostointi

Kuivakäymälän kiinteä käymäläjäte tulee Suomen ympäristökeskuksen (2013) ohjeistuksen mukaan kompostoida vähintään 12 kuukautta ennen kuin sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi maanparannusaineena. Myös jäätyneen kuivakäymäläjätteen osalta tulee noudattaa jälkikompostoinnista

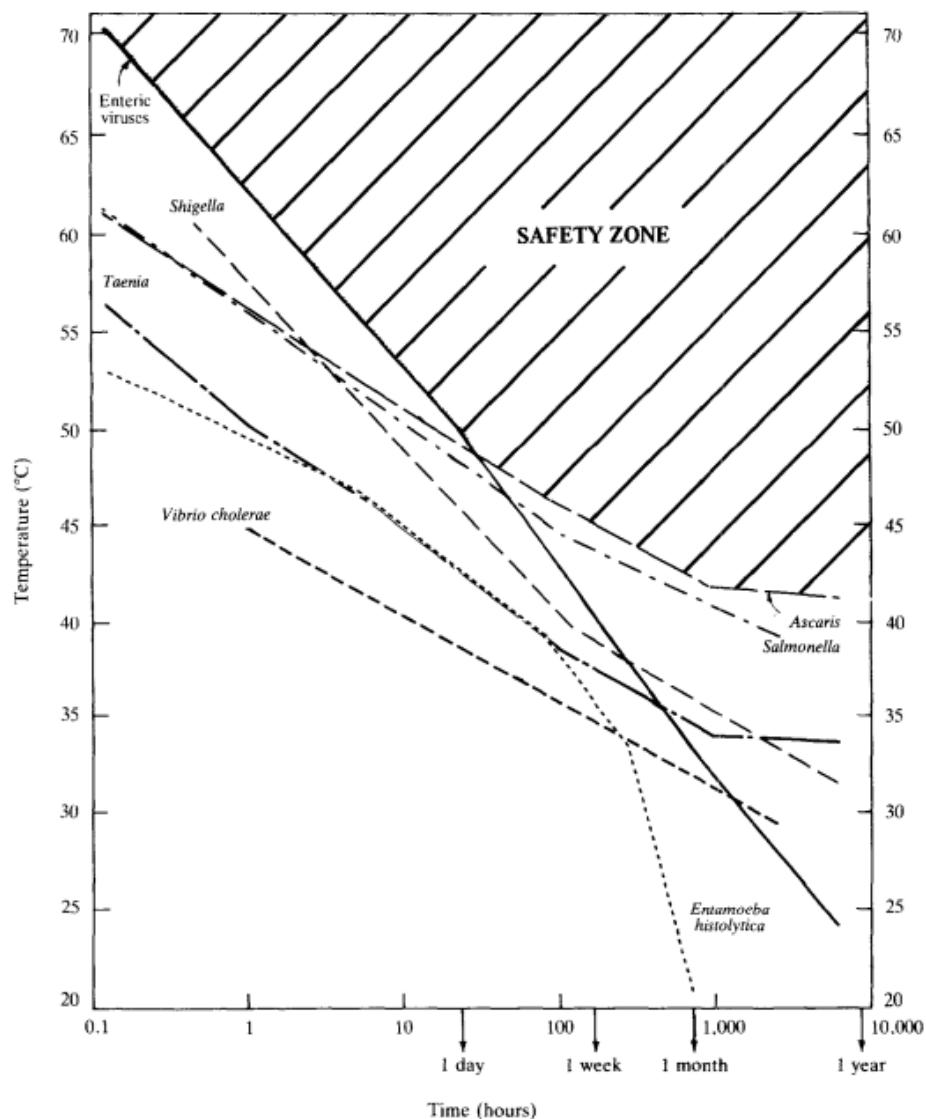
annettuja ohjeita (Suomen Vesiensuojeluyhdistysten liitto, n.d.a). Jos valmista kompostia halutaan käyttää syötävien kasvien kasvualustana, suositusaika kompostoinnille on 2 vuotta. Käsittelyn kesto lasketaan siitä hetkestä, kun tuoretta käymäläjätettä ei enää lisätä kompostoitavaan massaan (Käymäläseura Huussi ry, 2013). WHO (2016, s. 68) minimisuositus käymäläjätteen kompostointiajaksi on vähintään viikko yli 50 asteen lämpötilassa koko massan osalta. Jos edellä mainittua lämpötilaa ei varmuudella saavuteta, edellytetään pidempää käsittelyaikaa. Myös pelkällä käymäläjätteen varastoinnilla, 1,5 - 2 vuotta 2 - 20 asteen lämpötilassa, voidaan käymäläjätteessä olevat, tauteja aiheuttavat mikrobit, saada tuhoutua ja virusten määrä saadaan laskemaan riskirajojen alapuolella. Kuitenkin *E.coli* ja *Salmonella* bakteerien määrät voivat myöhemmin alkaa lisääntymään, jos massaan kosteus nousee. (WHO, 2006, s.69)

Käymäläjätteen kompostoitumisessa pätevät samat periaatteet mitä muidenkin eloperäisten jätteen kompostoinnissa (Malkki, 1995, s. 33). Kompostoinnin nopeus ja tehokkuus riippuvat hajotustoiminnasta vastaavien mikrobien elinoloista kuten edellä on kuvattu. Kuivakäymäläjätteen käsittelyyn sisältyy aina hygieniariski ulosteperäisten taudinaiheuttajien takia. Osa taudinaiheuttajista tuhoutuu joutuessaan hapellisiin olosuhteisiin mutta osa selviää pitkiäkin aikoja hapellisissa olosuhteissa. (Malkki, Heino-Tanski & Jantunen, 1997, s. 31) Taudinaiheuttajien tuhoamiseen voidaan käyttää WHO:n (2006, s.68 - 69) lämpökäsittelyä, alkalisointia eli pH:n nostoa, polttoa tai esimerkiksi pitkäaikaissäilytystä. Näistä alkalisoinnilla, lämpökäsittelyllä ja poltolla voidaan saavuttaa täysin hygienisoitu lopputuote.

Kompostointiprosessin termofilisessä vaiheessa tapahtuva lämpötilan nousu tuhoaa massassa olevien taudinaiheuttajia. Normaalit suolistobakteerit ja loisten munat tuhoutuvat jo 45 - 50 asteen lämpötilassa mutta osa haitallisista suolistobakteereista ja viruksista vaatii jopa 60 - 70 asteen lämpötilan, johon päästään vain aivan kompostoitavan massa keskellä. (Käymäläseura Huussi ry, 2013) Bakteereille suotuiset elinolosuhteet ovat neutraalissa ympäristössä pH:n ollessa 6 - 8. Useimmat virukset säilyvät elossa pH:n ollessa 5 - 9. (Ruokavirasto, n.d.)

Alla olevasta kuvasta (kuva 20) nähdään, miten ulosteessa olevien taudinaiheuttajien tuhoutumiseen vaikuttavat ajan ja lämpötilan yhdistelmä. Kuvaaan pystyakseli kuvaa lämpötilaa ja vaakaa-akseli aikaa ensin tunteina ja lopussa päivinä, viikkoina ja kuukausina. Käytännössä, mitä korkeampi lämpötila saavutetaan, sitä lyhyempi aika vaaditaan taudinaiheuttajien tuhoutumiseen. Kuviossa vinoviivoitetulla alueella kuvataan niin sanottua turva-alueita, jolloin ajan ja lämpötilan yhdistelmä on riittävä ulosteen hygienisointiin eli uloste on vapaa ulosteperäisistä taudinaiheuttajista. Taulukon mukaan ulosteen hygienisointiin riittävät alarajat ovat: 1 tunti ja 62 astetta, 1 vuorokausi ja 50 astetta sekä 1 viikko ja 46 astetta. Taudinaiheuttajien tuhoutuminen ulosteperäisestä massasta edellyttää, että riittävä lämpötilan ja ajan yhdistelmä saavutetaan koko massan osalta. Kaikkein

sitkeimpiä taudinaiheuttajista ovat *Ascaris*-suvun edustajat eli erilaiset sukkulamadot sekä enterovirukset. (Feachem, Bradley, Garelick & Mara, 1983, s. 79)



Kuva 20. Ajan ja lämpötilan vaikutus ulosteessa olevien taudinaiheuttajien tuhoutumiseen (Feachem, Bradley, Garelick & Mara, 1983, s. 79)

Ulosteperäinen jäte vetää puoleensa myös kärpäsiä, jotka munivat ulosteen sekaan. Kärpäsen toukat selviytyvät alle 50 asteen lämpötiloissa, joten riittävän korkealla kompostointimassan lämpötilalla saadaan myös kärpäsen toukat tuhattua. On kuitenkin huomioitava se, että kärpäsen toukat osaavat hakeutua tarvittaessa kompostoituvan massan viileämpiin osiin kuten reunoille. Tästä syystä on tärkeä huolehtia massan sekoittamisesta sekä koko massan osalta riittävän tehokkaan kompostoitumisprosessin toteutumisesta erityisesti lämpötilan suhteen. (Feachem, Bradley, Garelick & Mara, 1983, s. 80)

Merkillepantavaa on monen taudinaiheuttajan selviytymiskyky erityisesti kylmissä olosuhteissa, jolloin käymäläjäte pääsääntöisesti jäätyy. Tästä hyvänä esimerkkinä on Adhikarin, Barnesin, Schiewerin & Whiten (2007) Alaskassa tekemä tutkimus, jossa selvitettiin koliformisten bakteerien selviytymistä Alaskan talvessa. Tutkimuksen tulosten mukaan suurin osa koliformisista bakteereista selviytyivät yli puoli vuotta säilytyslämpötilan ollessa lähes -30 astetta. Samaan aikaan huoneenlämmössä olleista bakteereista kuoli lähestulkoon kaikki.

Kompostikäymälästä tyhjennettävä käymäläjäte on yleensä osittain kompostoitunutta, joten se tulee jälkikompostoida erillisessä kompostissa. Tämä pätee myös jäätyneeseen käymälämakkiin. Jos käymälässä ei ole käytetty kuiviketta, tulee kuiviketta sekoittaa massan sekaan jälkikompostia kasatessa. Suomen sääoloissa jälkikompostointia suositellaan tehtäväksi vuoden verran kuten edellä on todettu. Käytännössä kompostoitumiselle suotuisat olosuhteet lämpötilan puolesta on vain kesäaikaan. Täydellisesti kompostoitunut käymäläjäte on tasarakeista ja tuoksuu sekä näyttää mullalta. (Kuivakäymäläseura Huussi ry, n.d.)

Käymäläjätteen täydellisen kompostoitumisen kannalta on tärkeä huolehtia massan riittävästä ilmastuksesta ja kosteudesta. Liian märissä ja hapetomissa olosuhteissa anaerobiset bakteerit käynnistävät mätänemisen, jonka tuloksena syntyy ympäristölle haitallisia yhdisteitä sekä pahanhajuisia kaasuja. Kosteuden säätelemiseksi ylimääräinen neste voidaan imeyttää kuivikkeeseen ja johtaa pois astian pohjan kautta ja riittävällä ilmanvaihdolla mahdollistetaan nesteen haihtuminen. (Malkki, 1995, s. 34)

Käymäläjätteen kompostoinnissa harvoin saavutetaan taudinaiheuttajien tuhoamiseen vaadittavaa lämpötilaa, kun on kyse maastossa olevista yleisökuivakäymälöistä tai yleisökuivakäymälöistä, joissa on virtsan erottelu. (Hill, Baldwin & Vinnerås, 2012; Chapman, 1993, s. i-ii;). Samaan johtopäätökseen on tultu kotitalouksien yhteydessä tapahtuvan käymäläjätteen kompostoinnin suhteen. (Guardabassi, Dalsgaard & Sobsey, 2003, s. 7; Nasri ym. 2017). Riittävän lämpötilan saavuttaminen kompostimassassa ei kuitenkaan takaa koko massan hygienisoitumista, sillä lämpötila massassa voi vaihdella esimerkiksi sen reuna-alueilla. Tähän voidaan vaikuttaa esimerkiksi lämpötilan aktiivisella seuraamisella kompostin eri osissa sekä kompostimassan kääntelyllä. Myös sillä on merkitystä, tapahtuuko kompostointi suljetussa tilassa vai puoliavoimessa aumassa, mikä vaikuttaa suoraan lämmön haihduntaan ja massan pintalämpötilaan. (Guardabassi, Dalsgaard & Sobsey 2003, s. 8) Käymäläjätteen kompostointiprosessin hallinnan ja hygienisoinnin näkökulmasta WHO suosittaakin, että kompostointi tehdään keskitetysti käymäläjätteen syntypaikan ulkopuolella (WHO, 2016, s.68).

Hill ym. (2012) kuvailevat luonnon virkistyskäyttöalueilla olevien kompostointiin perustuvien yleisökäymälöiden kompostointiprosessin olevan hidasta orgaanisen aineen hajoamista, jota usein hidastaa käymäläjätteen

seassa olevan virtsan aiheuttama korkea ammoniumpitoisuus. Toimiva kompostointiprosessi edellyttää tasaista orgaanisen aineen syöttöä, prosessin seuranta sekä ylläpitoa. Tämän toteuttaminen ei ole kovin kustannustehokasta, silloin kun lopputuote joudutaan joka tapauksessa kuljettamaan muualla jatkokäsiteltäväksi, hävitettäväksi tai uudelleen käytettäväksi. Hill ym. (2012) toteavatkin, että kompostikäymälä käsitteenä (*composting toilet*) tulisi korvata käsitteellä kuivakäymälä (*dry toilet*), kompostikäymälä käsitteen aiheuttaessa sekaannusta prosessin suorituskyvystä.

Kuivakäymälän nestemäinen jätteen eli virtsan tai suotonesteen vanhetaminen tapahtuu varastoimalla sitä umpinaisessa astiassa, jolla varmistetaan, että nesteessä olevat taudinaiheuttajat tuhoutuvat. Vanhettamisessa nesteen pH nousee ja tämän seurauksena taudinaiheuttajat tuhoutuvat (Käymäläseura Huussi ry, 2018e). Patogeenien tuhoutumiseen vaikuttavat paitsi varastointiaika mutta myös lämpötila, jota nostamalla tuhoutumista saadaan tehostettua (WHO, 2006, s. 70). Eroteltu virtsa on normaalista hyvin puhdasta verrattuna ulosteeseen (Jönsson ym. 2004, s. 11). Virtsan osalta suositus varastointiajalle on yleisökäymälöiden osalta 1 - 6 kuukautta ja yksityistalouksissa vähintään 1 kuukausi (taulukko 4). Ympäristökeskuksen ohjeiden mukaan virtsan varastointiajaksi suositellaan jopa 6 – 12 kuukautta. Virtsan jälkikäsitteily suositus perustuu siihen, että erotellun virtsan sekaan voi erottelusta huolimatta päästä kiinteää ulostetta, joka aiheuttaa hygieniariskin. Suotonesteen osalta varastointi tulee kestää saman kuin käymäläjätteen kompostoinnin eli 12 kuukautta, koska siinä esiintyy virtsaa enemmän taudinaiheuttajia. Varastointilämpötilalla voidaan nopeuttaa nesteen hygienisointia. Varastoinnin jälkeen nesteitä voi hyödyntää esimerkiksi kompostin herätteenä tai kastelulannoitteena, kunhan levityksessä jätetään 20 metrin suojavaiohyke kaivojen ja vesistöjen ympärille. Suotonestettä ei suositella käytettävän syötävälle kasveille vanhettamisesta huolimatta. (Käymäläseura Huussi Ry, 2013; Suomen ympäristökeskus, 2013)

Taulukko 4. Kuivakäymäläjätteen suositellut käsittelyajat eri käyttötarkoituksia varten Suomessa, kun käymälä on kotitalouskäytössä. Taulukkoon kootut käsittelyajat perustuvat WHO:n suositukseen, joita on sovellettu turvallisuus- ja varovaisuusperiaatteiden mukaisesti Suomen olosuhteisiin. (Käymäläseura Huussi ry, 2013; kts. myös WHO, 2006)

Tuotos	Käsittely	Kesto	Käyttö
Kiinteä käymäläjäte	Kompostointi	vähintään 1 v	kasvien katteena, maanparannukseen
Eroteltu virtsa	Vanhentaminen säiliössä	1 kk	kompostin tehoaineena kastelulannoitteena*
Suotoneste	Kompostointi Vanhentaminen säiliössä	1 vuosi 1 vuosi	kompostin tehoaineena kastelulannoitteena*

* Levityksessä jätetään 20 m suojavaiohyke kaivojen ja vesistöjen ympärille.

7.3 Kuivakäymäläjätteen vaikutukset ympäristölle

Kuivakäymäläjäte sisältää runsaasta ravinteita, jotka vesistöihin joutuessa aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä. Puhdistamattomassa talousjätevedessä on yli 1000-kertainen määrä fosforia ja typpeä yli 100-kertainen määrä verrattuna luonnontilaisiin oja- ja järvivesiin. Kuten edellä on todettu, valtaosa talousjätevesien ravinnekuormasta koostuu nimenomaan käymäläjätteen sisältämistä ravinteista. Kuivakäymäläjätteen aiheuttamat ympäristövaikutukset ovat pitkälti riippuvaisia sen nestemäisen jätteen, joko virtsan tai suotonesteen, hallinnan onnistumisesta (Malkki, 1995, s. 43). Rehevöityminen näkyy vesistön levätuotannon lisääntymisenä ja sinileväkukintoina. Jätevesissä oleva orgaaninen aines yhdessä ammoniumtyypen kanssa kuluttaa vesistön happea, joka voi pahimmillaan muuttaa pienet ojat ja purot hapettomiksi. (Suomen vesiensuojeluyhdistys, n.d.b)

Ympäristöön kulkeutuessa käymäläjätteessä olevien ulostebakteerien ja virusten määrä alkaa vähentyä. Tähän vaikuttavat laimentuminen sekä taudinaiheuttajien kuoleminen niille epäedullisissa olosuhteissa. Muun muassa auringon UV-valo tappaa mikrobeja. Lisäksi taudinaiheuttajat eivät juurikaan pysty lisääntymään ihmiskehon ulkopuolella. Taudinaiheuttajat kuitenkin säilyvät taudinaiheuttamiskykyisinä kohtuullisen pitkiä aikoja myös ihmiskehon ulkopuolella. Suolistoperäiset bakteerit ja virukset ovat alun perin sopeutuneet hapettomiin olosuhteisiin ja tästä syystä ne selviävät maaperässä tai pohjavedessä pitkään, jopa kuukausia, taudinaiheuttamiskykyisinä. Bakteerien ja virusten kulkeutumiseen maaperässä vaikuttavat maaperän laatu sekä pidättymiskyky eli mitä vettäläpäisempi maa-aines on, sitä paremmin taudinaiheuttajat kulkeutuvat maaperässä. Vesistöissä taudinaiheuttajat selviytyvät päivistä kuukausiin. Suomen olosuhteet ovat edullisia taudinaiheuttajille, sille ne kestävät pidempään viileissä tai kylmissä olosuhteissa. Erityisesti kylmänä vuodenaikana, jolloin on vähemmän auringonvaloa ja ilman lämpötila on alhainen mahdollistaa taudinaiheuttajille hyvät olosuhteet säilyä taudinaiheuttamiskykyisenä. Erityisesti bakteerin ja alkueläinten muodostamat kesto muodot ovat erittäin säilyviä erilaisissa elinympäristöissä ja sietävät suuriakin olosuhteiden vaihteluja. (Suomen vesiensuojeluyhdistys, n.d.b)

7.4 Kuivakäymäläjätteen vaikutus asiakas- ja työturvallisuudelle

Käymäläjätteen käsittely on sen sisältämän hygieniariskin takia luokiteltavissa työturvallisuuslain mukaisesti biokemiallisia riskejä sisältäväksi työksi, kuten edellä on kerrottu. WHO:n (2018) suosituksissa ihmisperäisen jätteen käsittelystä todetaan, että käymäläjätehuoltoon liittyvien terveysriskien minimoinnin kannalta keskeisintä on pyrkiä välttämään kosketusta ihmisperäiseen jätteeseen tai pyrkiä pitämään kosketusaika mahdollisimman lyhyenä. Altistumisvaara taudinaiheuttajille kohdistuu suoraan käymäläjätteen kanssa kosketuksissa olevien henkilöiden lisäksi heidän työyhteisöön sekä lähipiiriin. Työhön sisältyviin riskeihin vaikuttaa ennen

kaikkea käymäläjätteen laatu sekä määrä mutta myös jätteen käsittelytapa. Esimerkiksi tuoreen käymäläjätteen käsittelyyn sisältyy aina suu-rempi terveysriski verrattuna pidempään maatuneeseen käymäläjätteen. Myös koneellinen käymäläjätteen käsittely vähentää terveysriskejä verrattuna esimerkiksi lapiolla tapahtuvaan käsittelyyn. WHO ohjeistaa, että kaikki työntekijät, jotka ovat tekemisissä käymäläjätteiden kanssa, tulisi kouluttaa ymmärtämään työhön sisältyvät riskit ja toimimaan työhön liittyvien ohjeiden mukaisesti. Lisäksi työntekijöiden tulisi käyttää seuraavia henkilökohtaisia suojarusteita: käsineet, maski, päähine, kokohaalari sekä vedenpitävät jalkineet. (World Health Organisation, 2018, s.39 - 40)

Yleisökuivakäymälöiden sekä muiden yleisien käymälämallien osalta, jotka sijaitsevat luonnon virkistyskäyttöalueilla, tulee huomioida myös asiakas-turvallisuuteen liittyvät tekijät. Kuten edellä on kuvattu, käymäläjätteen sisältyy merkittäviä terveysriskejä, joita ennakoimalla ja minimoimalla voidaan ehkäistä mahdollisia terveystahittoja. Yleisiä käymälöihin liittyviä terveysriskejä voidaan välttää varmistamalla, että käymälätilat ja laitteet soveltuvat kaikille todellisille käyttäjille ja käymäläjätehuolto on toimiva koko huoltoketjun osalta. Lisäksi käymälätilat tulee pitää siistinä ja mahdolliset ulosteperäiset tahrat tulisi puhdistaa mahdollisimman nopeasti. Yleisessä käytössä olevien käymälöiden osalta siivous tulisi tehdä systemaattisesti tietyin väliajoin. (World Health Organisation, 2018, s.39 - 40)

WHO:n (2018) suositusten mukaan yleisökuivakäymälän tulisi täyttää seuraavat vaatimukset:

- turvallinen sijainti ja sisäänkäynti
- sisäpuolelta lukittava ovi ja valot sisällä
- käsienpesumahdollisuus, sisältäen veden ja saippuan
- roska-astia terveysteille tms.
- erillinen käymälä miehille ja naisille tai yhteiskäymälä, jossa sekä käsienpesumahdollisuus että roska-astia terveysteille.
- käymälä oltava saavutettava kaikille käyttäjille, esimerkiksi kaiteet, kulkuramppi jne.
- Käymäläastia tulee olla suljettavissa tiiviisti kannella, jonka avulla voidaan pitää jyräjät ja hyönteiset pois käymäläjäteastiasta.
- Käymälässä tulee olla käymäläjätteen sekaan laitettavaa lisäainetta, jolla voidaan peittää jätökset ja näin vähentää hajuhaittoja ja estää kärpäsongelmat.
- käymälällä tulee olla järjestelmällinen ylläpito, jolla varmistetaan käymäläpalvelun toimivuus. (WHO, 2018, s.32, 34)

Edellä kuvatut suositukset ovat tehty yleisohjeeksi asutusalueiden yhteiskäytössä oleville kuivakäymälöille. Tästä huolimatta sitä voi mielestäni soveltaa luonnon virkistyskäyttöalueiden kuivakäymälöihin suurelta osin.

8 LUONNON VIRKISTYSKÄYTTÖALUEIDEN KÄYMÄLÄJÄTEHUOLTO RUOTSISSA JA YHDYSVALLOISSA

Käymäläjätehuoltoon liittyvät haasteet luonnon virkistyskäyttöalueilla eivät rajoitu pelkästään Suomeen vaan vastaavanlaisia haasteita tiedetään esiintyvän käytännössä kaikkialla missä on yleisölle avoimia luonnon virkistyskäyttöalueita. Työn tavoitteen saavuttamiseksi oli perusteltua perehtyä myös Suomen rajojen ulkopuolella olevien luonnon virkistyskäyttöalueiden käymäläjätehuoltoon. Tavoitteena oli havainnoida käymäläjätehuollon nykytilaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tämän tiedon avulla pyrittiin saamaan uusia näkökulmia virkistyskäyttöalueiden käymäläjätehuollon suunnitteluun ja järjestämiseen sekä käytännön ratkaisuja, joita voitaisiin hyödyntää Suomessa. Lisäksi vertailemalla eri maiden toimintamalleja ja käymäläjätehuoltoon vaikuttavia tekijöitä ja haasteita, pystyttiin hahmotamaan paremmin Suomen tilannetta suhteessa muihin maihin. Tarkasteluun valittujen kohdemaiden tuli vastata ilmastollisesta Suomen olosuhteista ainakin sen suhteen, että alueella tuli olla vuosittain yksi pidempi kylmä talvijakso. Tiedonkeruu Ruotsin osalta tapahtui tekemällä viikon kestävä tutustumismatka kesällä 2019 neljään eri virkistyskäyttöalueelle. Yhdysvaltojen osalta tiedonkeruu painottui perehtymällä olemassa oleviin tutkimuksiin, julkaistuihin materiaaleihin sekä internetissä oleviin tietolähteisiin. Lisäksi tavoitteena oli haastatella useamman kansallispuiston edustajaa mutta lopulta tämä toteutui vain yhden kansallispuiston osalta. Tavoitteena oli ulottaa selvitystyö myös Norjaan mutta tämä ei toteutunut sopivien paikallisten kontaktien puuttuessa.

8.1 Käymäläjätehuolto Ruotsin esimerkkialueilla

Ruotsissa käymäläjätehuoltoon tutustuminen kohdentui Färnebofjärdenin, Skuleskogenin ja Tyrestan kansallispuistoihin sekä Tukholman saaristoon (kuva 21). Färnebofjärdenin osalta tiedon keruu tapahtui tekemällä omatoiminen tutustuminen muutamaan käymälään sekä osallistumalla etäyhteydellä kansallispuiston henkilökuntakokoukseen, jossa sain kuulla jätehuoltoon liittyvistä asioista. Muilla edellä mainituilla alueilla vierailin maastossa eri käymäläkohteilla yhdessä paikallisen käymälähuollosta vastaavan henkilön kanssa.



Kuva 21. Mukailtu kartta, josta käy ilmi tutustumiskohteiden maantieteellinen sijainti Ruotsissa (merkitty karttaan punaisilla nuolilla). Kartassa punaisilla pisteillä merkityt kohteet ovat kansallispuistojen opastuskeskuksia (naturum). Alkuperäinen kartta on Naturvårdsverket (n.d.b) [www-sivulla](http://www.sivulla) ja sen on tehnyt Hans Sjögren (n.d.).

Ruotsissa kansallispuistojen ja muiden suojelualueiden ylläpidosta vastaavat alueelliset lääninhallitukset tai ympäristösuojeluviranomaisen määrittämä muu organisaatio. Alueen ylläpidon ja luonnon hoidon tulee noudattaa ympäristönsuojeluviraston tekemää hoito- ja käyttösuunnitelmaa. (Naturvårdsverket, 2019a) Määrärahat alueiden ylläpitoon tulevat ympäristönsuojeluvirastolta (Naturvårdsverket), joka myös omistaa suojelualueiden maa- ja vesiomaisuuden (Uebel, 2019a). Ruotsissa oleva malli poikkeaa siis jonkin verran Suomen suojelualueiden hallintomallista, sillä ylläpitovastuu eri alueista on hajautettu eri toimijoille. Hieman Ruotsin mallia vastaava toimintamalli löytyy Norjasta, jossa hallinta ja ylläpitovastuu on jakautunut usealle toimijataholle ja jokaiselle kansallispuistolle on perustettu oma kuntapäätäjistä koostuva hallintoelin. (Miljødirektoratet, n.d.). Vastaavasti Virossa on käytössä samanlainen toimintamalli, mitä Suomessa on käytössä. (RIIGIMETSA MAJANDAMISE KESKUS, n.d.). Käymäläjätehuollon osalta ei ole olemassa yhtenäisiä kansallisia ohjeita tai suosituksia, jotka koskevat esimerkiksi kansallispuistoja (Uebel, 2019a). Tämä voi johtua osittain siitä syystä, että alueiden ylläpito on hajautettu useille eri toimijoille.

8.1.1 Tyrestan kansallispuisto

Tyrestan kansallispuisto sijaitsee Hanningen ja Tyresön kuntien alueella noin 30 km Tukholmasta etelään. Kansallispuiston pinta-ala on vajaat 2 000 hehtaaria ja sitä ympäröi noin 2 700 hehtaarin laajuinen Tyrestan luonnonsuojelualue. (Tyresta nationalpark och naturreservat, 2019a) Näiden alueiden ylläpidosta vastaa Stiftelsen Tyrestaskogen – säätiö, jonka rahoittajina ovat Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto, Tukholman läänin lääninhallitus, Tukholman kaupunki sekä Haningen ja Tyresön kunnat. (Tyresta nationalpark och naturreservat, 2019b) Vierailukohteena Tyrestan kansallispuisto on hyvin suosittu. Siellä vierailee vuosittain noin 400 000 kävijää ja se on yksi Ruotsin suosituimmista kansallispuistoista (Naturvårdsverket, 2019c) Tähän vaikuttaa Tukholman kaupungin läheisyys sekä kansallispuiston sisääntulon yhteydessä sijaitseva opastuskeskus, joka on keskittynyt esittelemään kaikkia Ruotsin kansallispuistoja.

Tyrestan kansallispuistossa on neljä maastossa olevaa yleisökäymäläkohdetta (liite 8). Alueen reitteihin nähden keskeisimmät käymäläkohteet sijaitsevat Årsjön nuotiopaikan yhteydessä sekä Stensjödalin vuokramökin yhteydessä. Kaikilla kohteilla on aina yksi käymälä paitsi Stensjödäl, jossa on yksi esteetön ja kaksi tavanomaista kuivakäymälää. Näiden lisäksi kansallispuistoalueella ympäröivässä Tyrestan suojelualueella sijaitsee kaksi kuivakäymälä, joista toinen alueen itälaidalla meren rannalla ja toinen suojelualueen pohjoislaidalla Tyresö - Flaten järven rannalla olevalla nuotiopaikalla. Viimeksi mainittua ei kuitenkaan huomioitu tässä tarkastelussa, sillä Ångströmin mukaan sen ylläpito ei kuulu Tyrestan luonnonsuojelualueita ylläpitävälle säätiölle ja käymälä palvelee enemmänkin Tyresön taajaman asukkaiden virkistyskäytön tarpeita. (Ångström, 2019). Alueen itälaidalla oleva käymälä on hyvin vähällä käytöllä, sillä se ei ole edes varsinaisesti reitin varrella (Jackson, 2019). Huomionarvoista on se, että nuotiopaikkoja on alueella huomattavasti enemmän mitä kuivakäymälöitä. Leiriytyminen on sallittua neljällä tulipaikalla mutta vain Årsjössä on oma kuivakäymälä. (Stiftelsen Tyrestaskogen, 2017) Stensjödalin vuokramökin yhteydessä olevien käymälöiden on tarkoitus palvella sekä mökillä majoittuvia että noin 400 metrin päässä sijaitsevalla leiriytymispaikalla majoittuvia retkeilijöitä. Stensjödalin muita kohteita suurempi käymäläkapasiteetti johtuu myös siitä, että vuokrakohteella on mahdollista järjestää lasten leirejä ja muita vastaavia tapahtumia. (Jackson, 2019).

Årsjössä ja Stensjödälissa on käytössä Clivus - kuivakäymälät. Alueen itälaidalla on yksinkertainen tynnyrikäymälä, *tunnness*, joka on tilavuudeltaan noin 20 - 40 litrainen umpinainen tai pohjasta reifitetty saavi, joka tyhjennetään tarpeen mukaan. Clivus - käymälät käydään huoltamassa keskimäärin kaksi kertaa viikossa mutta hiljaisempaan aikaan kuten talvella riittää yksi huoltokäynti viikossa. Käymälöissä käytetään kuiviketta, joka on mullan, turpeen ja sahanpurun sekoitus. Kuivikkeen lisääminen tapahtuu vain huoltohenkilökunnan toimesta huoltokäyntien yhteydessä. Käymälän

ilmanvaihto tapahtuu istuinkannen ja jätesäiliöstä lähtevän ilmanpoistoputken avulla. Ilmanvaihtoa on tehostettu poistoputken päässä olevassa tuuliturbiinilla. Käymälöiden suotoneste, joka kertyy käymäläjäteastian pohjalle, pumpataan pois akkuporakonekäyttöisellä pumpulla jokaisen huoltokäynnin yhteydessä. Årsjön käymälän osalta neste pumpataan huoltokäynnillä kannella suljettavaan astiaan, joka kuljetetaan säätiön ylläpitämän maatilan likavesikaivoon. Sieltä neste johdetaan maatilan omalle jätevedenpuhdistamolle. Stensjödalin käymälöiden osalta nesteet pumpataan keskitetysti yhdellä pumpulla 1 000 litran säiliöön (Kuva 22) odottamaan noin kerran vuodessa tapahtuu imutyhjennystä. (Jackson, 2019)



Kuva 22. Tyrestan kansallispuistossa suotonesteen poisto käymäläastiasta tapahtui akkuporakonekäyttöisellä pumpulla. Vasemmalla Stensjödalin suotonestesäiliö sekä suotonestepumppu ja oikealla Årsjön suotonestepumppu sekä malliesimerkki pumpun käytöstä. Kuva: Lauri Värri

Käymälöiden kiinteä jäte kuljetetaan kunnallisen jätehuollon käsiteltäväksi. Stensjödalin kohteelta käymäläastioiden tyhjennys tapahtuu imutyhjennysautolla samalla kun suotonestesäiliö tyhjenetään. Årsjön käymäläastia tyhjenetään kerran vuodessa lapioimalla kiinteä jäte noin 60 litran kannellisiin saaveihin (Kuva 23). Käymälä sijaitsee vaikeakulkuisen polun päässä, jonka takia tynnyreihin pakattu käymäläjäte joudutaan kuljettamaan ensin noin 300 metrin matka veneellä järven toisella puolella. Tämän jälkeen saavit kuljetetaan auton avolavalla muutama kilometrin verran metsätietä pitkin paikkaan, josta kunnallinen jätehuolto ottaa ne kyytiin. (Jackson, 2019)



Kuva 23. Årsjön käymälän kiinteän jätteen kuljettamista varten olevat kannelliset saavit. Kuva: Lauri Värri

Käymälöiden huollosta vastaava Teckla Jacksonin (2019) mukaan suurimmat ongelmat käymälähuollossa liittyvät Årsjödalin käymälään. Käymäläjätteen poiskuljetus maastosta on aikaa vievää ja hankalaa. Käymälään kertyvä neste on tyhjennettävä usein ja talviaikaan nesteen jäätyminen voi aiheuttaa isoja ongelmia huollon suhteen. Lisäksi käymäläistuimelta käymäläastiaan johtava, halkaisijaltaan noin 30 cm olevan pystyputki on herkkä tukkeutumaan ja tukos on poistettava käytännössä viikoittain ahtaan huoltoluukun kautta (Kuva 24).



Kuva 24. Årsjön Clivus-käymälä tukkeutui helposti käymäläjätteestä ja edellytti viikottaista huoltoa haralla. Kuva: Lauri Värri.

Jacksonin (2019) mukaan käymäläkohteiden vähäisyys maastossa on aiheuttanut jonkin verran ongelmia etupäässä leiriytymiseen soveltuvilla kohteilla. Tästä syystä käymälöiden määrää onkin ajateltu lisättävän tulevaisuudessa. Esimerkiksi Stensjön eteläosassa olevalla nuotiopaikalla retkeilijät ovat käyttäneet leiripaikan läheistä metsikköä tarpeiden tekoon. Ongelmaa on yritetty ratkaista väliaikaisesti raivaamalla metsän alikasvosta nuotiopaikan ympäristöstä. Toimenpiteellä on pyritty lisäämään näkyvyyttä, jonka on toivottu vähentävän tarpeiden tekoa aivan leiripaikan läheisyyteen. (Jackson, 2019).

Ympäristön näkökulmasta alueen käymälöistä ei aiheudu kuormitusta käymälöiden lähiympäristöön, sillä jätteet kuljetetaan pois kunnallisen jätehuollon käsiteltäväksi. Ainoa merkille pantava asia oli Årsjön käymälän haju- ja kärpäsongelma, jotka mahdollisesti johtuvat osin avoinna olleesta huoltoluukusta sekä liian märästä käymälämäkistä. Käymälöiden vähäisyys tai suoranainen puute leiriytymiseen tarkoitettujen kohteiden välittömässä läheisyydessä lisää myös ulosteista peräisin olevaa hygieniariskiä sekä retkeilijöille että työntekijöille.

8.1.2 Färnebofjärdenin kansallispuisto

Färnebofjärdenin kansallispuisto sijaitsee Uppsalan, Gävleborgin, Taalainmaan ja Västmanlandin läänien risteyskohdassa. Kansallispuisto on vajaat 10 500 hehtaaria laaja alue, josta vesistöjä on vajaat 4 300 hehtaaria (liite 9). Kansallispuiston alue levittäytyy leveänä virtaavan Dal-joen molemmin puolin ja se käsittää Färnebofjärden järven lisäksi yli 200 saarta, jokia, koskia sekä tulvametsiä ja kuivalla maalla kasvavia vanhoja metsiä. Dal-joen aiheuttamat, säännöllisin väliajoin toistuvat, tulvat muovaavat maisemaa ja luovat erityisesti linnuille tärkeitä elinalueita. Kansallispuistossa liikutaan tyypillisesti patikoiden maastossa kulkevia reittejä pitkin sekä vesireittejä pitkin veneellä tai kanootilla. Kansallispuistolla on neljä virallista sisäänkäyntiä, kaikista neljästä pääilmansuunnasta. Näiden lisäksi kansallispuistolla on oma opastuskeskus, joka sijaitsee alueen koilliskulmassa. Kansallispuiston ylläpidosta vastaa Gävleborgin lääninhallitus. (Länsstyrelsen Gävleborg, n.d.; Naturvårdsverket, n.d.a)

Kansallispuistossa arvioidaan vierailevan vuosittain noin 90 000 kävijää. Tarkan kävijämäärän arviointi on vaikeaa, sillä alueella pääsee monesta eri suunnasta ja montaa eri reittiä pitkin. Valtaosa käynneistä painottuu kevät - syksy väliselle ajalle mutta reiteillä liikutaan myös talvisin. Suosituimmat kohteet kansallispuistossa ja sen ympärillä olevilla suojelualueilla ovat Östä, Skekarsbo ja Gysinge, jotka sijaitsevat alueen itä- ja koillisosissa. Näistä kaksi ensin mainittua ovat maastokohteita, joiden yhteydestä löytyy retkeilyyn liittyviä rakenteita. Gysingessä sijaitsee alueen opastuskeskus.

Maatossa sijaitsevat yleisökäymälät sijaitsevat suosituimpien tauko- tai nuotiopaikkojen yhteydessä sekä alueen virallisten sisäänkäyntien yhtey-

dessä. Näin ollen kaikilla taukopaikoilla ei ole käymälöitä. Alueella on yhteensä 15 käymäläkohdetta. Puiston pääsisäänkäynnin yhteydessä on kaksi Mullis - käymälää. Muilla käymäläkohteilla on käytössä yksikertainen saavikäymälä, joiden jätehuollossa hyödynnetään alueellisten jätehuoltoyritysten, Vafabmiljö:n ja Avesta Vatten & Avfall AB:n, tarjoamaa käymäläsaavipalvelua. Joillakin saavikäymäläkohteilla on useampi käymälä saamassa rakennuksessa, millä saadaan pidennettyä huoltoväliä.

Färnebofjärdenin kansallispuistossa käytössä olevat saavikäymälät ja niihin liittyvä tyhjennys- ja käsittelypalvelu on toimintamalli, jollaista Suomessa ei ole tietävästi käytössä. Vastaava toimintatapa ei tullut esille myöskään muissa Ruotsissa vierailemissani kohteissa. Palvelu sisältää yrityksen tarjoamat, tilavuudeltaan noin 15 - 30 litran saavit (kuva 25), jotka keräävät kaiken käymäläjätteen. Kuiviketta tai muita lisäaineita ei kansallispuiston saavikäymälöissä käytetä. Saavin täyttyessä se suljetaan kannella ja kuljetetaan paikkaan, josta jätehuoltoyritys noutaa sen. Ainakin Vafabmiljö on rajoittanut astian painoksi 15 kiloa, joka ei saa ylittyä (Vafabmiljö, n.d.b). Saavikäymälöiden tyhjennysväli vaihtelee kahdesta neljään viikkoon riippuen kohteesta. Yleensä saavien vaihdon tekee kansallispuiston kenttähenkilöstö, sillä moni käymälä sijaitsee saareissa tai on muuten vaikeakulkuisen maaston takana. Muutamilla käymäläkohteilla, joille on hyvä tieyhteys perille saakka, jätehuoltoyritys käy vaihtamassa saavit. (Färnebofjärdenin kansallispuisto, 2019) Saavikäymälöiden jätteen loppukäsittely tapahtuu palveluntarjoajien puolesta eli Vafabmiljö:n ja Avesta Vatten & Avfall AB:n toimesta (Jansson, 2019).

Käymäläsaavien tyhjennyspalvelun voi tilata myös yksityisille vapaa-ajan asunnoille. Vafabmiljö - yrityksen hinnaston mukaan edellä kuvatun palvelun kuluttajahinta on noin 620 Ruotsin kruunua eli noin 58 €:a per astian tyhjennys sisältäen arvonlisäveron (Vafabmiljö, n.d.a). Hinta sisältää astian, jätteen poiskuljetuksen kiinteistöltä sekä jätteenkäsittelyn. Kansallispuiston osalta jätehuollon hinnoittelu noudattaa erikseen tehtyä sopimus hinnoittelua, joten lopullinen hinta jäänee kuluttajahintaa pienemmäksi. (Färnebofjärdenin kansallispuisto, 2019)



Kuva 25. Färnebofjärdenin kansallispuistossa käytössä olevia Vafabmiljö - yrityksen käymäläjätosaaveja. Vasemmalla korkea malli ja oikealla matala malli korokkeella. (Vafabmiljö, n.d.b.)

Kansallispuiston pääsisäänkäynnin yhteydessä, Mättön saarelle saavuttaessa, on kaksi Mullis - kuivakäymälää (kuva 26). Toinen käymälöistä on esteetön käymälä. Käymälöissä on käytössä virtsan erotteleva käymäläistuimien mutta käytännössä virtsa ja uloste sekä vessapaperit päätyvät samaan umpinaiseen käymäläkohtaiseen säiliöön. Käymälän seinällä olevassa ohjeessa pyydetään käyttäjiä siivoamaan mahdolliset ulostetahrat käymäläistuimesta käymälätilassa olevalla harjalla sekä huuhtelemalla tahrat pienellä vesimäärällä. Vesi noudetaan vieressä virtaavasti joesta. Käymäläsäiliöllä on oma ilmanvaihtoputki, jolla hajut johdetaan käymälärakennuksen ulkopuolelle. Putken päässä on ilmanvirtausta tehostava Mulliksen oma hattu.



Kuva 26. Färnebofjärdenin kansallispuiston pääsisäänkäynnin yhteydessä olevat Mullis -kuivakäymälät (vas.) poikkeavat kansallispuiston muista käymäläkohteista käymälätekniikaltaan. Mullis-käymälöissä on käytössä mm. virtsan erotteleva istuin (oik.). Kuva: Lauri Värri.

Mullis – käymälöiden jätehuolto on ulkoistettu jätehuoltoyritykselle, joka tyhjentää käymälöiden jätesäiliöt (kuva 27) keskimäärin viiden vuoden välein. Sama yritys huolehtii jätteen asianmukaisesta käsittelystä. Kansallispuiston oma henkilökunta huolehtii ainoastaan käymälärakennuksen sisätilojen siisteydestä. (Färnebofjärdenin kansallispuisto, 2019) Tarkasteltaessa käymäläjätesäiliötä ulkopuolelta oli helposti havaittavissa se, että nestettä tihkuu säiliön lattia- ja seinärakenteen välisestä saumasta käymälän takamaastoon. Epäselväksi jäi, miten Mullis – käymälät ovat tällä kohteella käytännössä asennettu, sillä normaalisti ne eivät edellytä erillisen betonilaatan tai edes sokkelin rakentamista tai erillisiä seinä- tai kattorakenteita.



Kuva 27. Färnebofjärdenin kansallispuiston pääsisäänkäynnin yhteydessä olevien Mullis – käymälöiden katettu käymäläjätesäiliö ja tyhjennysluukku (toinen luukuista rajautuu kuvasta pois). Rakenne poikkeaa tyyppillisestä Mullis-käymälän jätesäiliön rakenteesta. Kuva: Lauri Värri.

Kansallispuiston yleisökäymälöiden jätehuoltoon ei ole, henkilökunnan kanssa käydyn keskustelun perusteella, saatu mitään erityistä ohjeistusta ympäristönsuojelusta vastaavilta viranomaisilta. Henkilökunnan mukaan käymäläjätehuollossa ei esiinny suurempia ongelmia ja nykyinen toimintamalli toimii varsin hyvin. Toisinaan ongelmia aiheuttavat saavikäymälöiden jätteen seassa olevat muoviroskat, joita ei saisi olla käymäläjätteen seassa. Lisäksi Mullis - käymälöissä virtsan erottelun reikä tukkeutuu toisinaan joko vessapaperista tai pakkasella jäätymisen takia. Varsinaisia käymälähuoltoon liittyviä työsuojeluun liittyviä ohjeita esimerkiksi suojavälineiden käytöstä ei ole käytössä. Tyyppillisesti käymälähuoltoon liittyvissä työtehtävissä käytetään ainoastaan suojakäsineitä. (Färnebofjärdenin kansallispuisto, 2019)

8.1.3 Skoleskogenin kansallispuisto ja Högbondenin majakkasaari

Skuleskogenin kansallispuisto ja Högbondenin majakkasaari sijaitsevat Örnsköldsvikin ja Kramforsin kuntien alueella Västernorrlandin läänissä. Alueen luonnonsuojelualueiden ylläpidosta vastaa Västernorrlandin lääninhallitus (Länsstyrelsen Västernorland, n.d.). Vierailemani kohteet kuuluvat maankohoamisalueeseen, jota kutsutaan Ruotsissa nimellä *Höga kusten* eli korkea rannikko. Maankohoamisesta johtuen alue on geologisesti erityislaatuinen kohde. Alueen erityispiirteisiin kuuluvat maaston suuret korkeusvaihtelut, jyrkät kallioseinämät, avokalliot sekä kivikot. Peruskallio on moni paikoin hyvin lähellä maanpintaa, jonka takia ravinteita ja kosteutta sitova kasvumaakerros on ohut (Uebel, 2019a).

Kansallispuiston pinta-ala on noin 3 000 hehtaaria ja retkeilyreittejä alueella on noin 30 km (Naturvårdsverket, 2019b). Vuosittain kansallispuistossa vierailee suojelualueiden ylläpidosta vastaavan Johan Uebelin mukaan noin 70 000 kävijää (Uebel, 2019b) Alueella on kolme pääsisäänkäyntiä: eteläinen, läntinen ja pohjoinen (liite 10). Kävijämääriltään vilkkain on eteläinen sisäänkäynti, jonka kautta arvioitiin kesällä 2019 saapuneen noin 15 000 kävijää muiden pääsisäänkäyntien kävijämäärien jäädessä noin 4000:een kävijään per sisäänkäynti. Lisäksi kansallispuistoon saavutaan vesiteitse kajakeilla ja veneillä sekä patikoimalla rannikkoa seuraavaa Höga kusten - vaellusreittiä pitkin. (Uebel, 2019b) Jokaisen pääsisäänkäynnin yhteydessä on parkkipaikat autoille sekä kuivakäymälärakennus. Sisäänkäyntien läheisyydessä on erillinen iso taukopaikka eväiden syöntiä ja tulentekoa varten. (Naturvårdsverket, 2019b)

Kuivakäymälöitä on yhteensä kolmellatoista kohteella ja lähestulkoon kaikilla taukopaikoilla on kuivakäymälä. Valtaosa käymälöistä on Mullis 2000 – käymälöitä, joissa on tilavuudeltaan 2 m³ käymäläjätessäiliö. Muutamalla kohteella on edelleen käytössä perinteinen tynnyrikäymälä. Mullis-käymälät on sijoitettu kohteille, joihin kohdistuu suurin kävijäpaine eli pääsisäänkäyntien yhteyteen sekä Tärnättvattnen leiriytymispaikalle, joka sijaitsee alueen merkittävimpien nähtävyyksien läheisyydessä puiston keskiosissa. Lisäksi Tärnättsundetin taukopaikan yhteydessä, meren rannalla, on yksi Mullis - käymälä. Eteläisen ja läntisen sisäänkäynnin yhteydessä on molemmissa 3 Mullis – käymälää. Pohjoisen sisäänkäynnin yhteydessä sekä Tärnatvattnenilla on molemmissa 2 Mullis - käymälää. Kansallispuiston Mullis-käymälöissä ei ole käytössä virtsan erottelevaa istuinta vaan virtsa ja uloste johdetaan yhdestä reiästä samaan säiliöön. Pääsisäänkäynneillä käytössä olevien käymälöiden määrää pyritään säätämään sen mukaan mitä sen hetkinen kävijämäärä ja kuormitus edellyttää (Uebel, 2019a). Vierailukäyntini aikana ainakin läntisellä ja pohjoisella sisäänkäynnillä oli molemmilla yhdet käymälät suljettuna. Mullis – käymälöissä ei käytetä käymälämakin sekaan lisättäviä lisäaineita kuten kuiviketta. (Uebel, 2019a).

Mullis – käymälöiden käyttöönottovaiheessa jätessäiliön pohjalle laitetaan noin 400 litraa turvetta, jonka läpi käymälänesteen kulkevat. Turvepatjaa

ei poisteta käymäläjätteen tyhjennyksien yhteydessä, vaan sen annetaan olla paikallaan niin kauan kuin käymälä on toiminnassa. (Uebel, 2019b)

Skoleskogenin ja Högbondenin saarella käytössä olevat Mullis – käymälät ovat ruostumattomasta teräksestä valmistettuja kuivakäymälöitä. Mullis-käymälä on käytännössä iso, sivuprofiililtaan hieman kalteva pitkänomainen käymäläjäteastia (Kuva 28), jossa käymälämakki esikompostoituu, kunhan olosuhteet prosessille ovat suotuisat. Kaltevuus edesauttaa käymälämakkia ja nesteitä valumaan säiliön takaosaa kohden. Jätesäiliössä nesteet painuvat säiliön pohjalla olevaan turvekerrokseen, jonka läpi ne kulkeutuvat kaltevan pohjan ansiosta säiliön takaosaan. Kiinteä jäte erotetaan pohjan turvekerroksesta, noin 20 cm:n korkeudella harvassa kulkevien pitkien metallikiskojen avulla. Kiinteän jätteen liikuttelu säiliön etuosasta takaosaa kohden tapahtuu pitkävartisella Mullis - haravalla, jolla tarvittaessa myös sekoitetaan kompostoituvaa käymälämakkia. Kiinteän jätteen liikuttelu ja käymälämakin tyhjennys on kuvattu tarkemmin liitteessä 4.

Jäteastian takaosassa on letkunippa astian pohjalle kertyvän suotonesteen poisjohtamista varten. Käymälässä voidaan käyttää myös virtsan erottelevaa istuinta. Tällöin virtsa voidaan johtaa joko säiliön ulkopuolelle esimerkiksi toiseen astiaan tai vaihtoehtoisesti virtsalla kastellaan säiliön keskivaiheilla olevaa kuivempaa käymälämakkia erillisen nestettä levittävän reikälevyn avulla. Käymäläastian ilmanvaihto on järjestetty erillisellä poistoputkella, joka ulottuu käymälärakennuksen yläpuolelle.



Kuva 28. Mullis 2000 – kuivakäymälöissä on iso pitkänomainen käymäläjättesäiliö, jossa on kalteva pohjaprofiili. Kuvassa Skuleskogenin kansallispuiston pohjoisen sisäänkäynnin (yläkuva) ja Tärnättvattnenin taukopaikan yhteydessä (alakuva) olevat kuivakäymälät. Kuva: Lauri Värri.

Käymälämakin tyhjennys tapahtuu säiliön yläluukun kautta lapioimalla takaosassa oleva vanhin makki pois säiliöstä. Uebelin mukaan säiliön takaosassa oleva virallinen tyhjennysluukku on todettu liian pieneksi, jonka takia tyhjennys tehdään yläkautta ison luukun kautta. Osittaisen tyhjennyksen jälkeen säiliössä olevaan makkimassaa harataan taemmas. Keski-vaiheilla olevaan makkimassaan sekoitetaan tuorein käymälämakki, jolla Uebelin mukaan pyritään tehostamaan kompostoitumista. Makkimassan haraamisen jälkeen säiliö on etuosastaan eli käymäläistuimen kohdalta tyhjä. Tuoreen makkikasan levityksiä voidaan tehdä myös tyhjennyskäyntien välillä, kunhan säiliössä on riittävästi tilaa tuoreen makin levitykselle. (Uebel, 2019)

Perinteisiä saavikäymälöitä käytetään Uebelin mukaan huollon kannalta kaikkein vaikeapääsyisimmillä ja kuormitukseltaan pienimmillä kohteilla. Skuleskogenin kansallispuistojen saavikäymälässä on yksikertainen käymäläistuim, jonka alla on käymäläjätteitä varten iso saavi (kuva 29). Saavin pohjassa on reiät, joiden kautta suotoneste valuu maan pintaan. Ilman nesteiden poisjohtamista käymälän hajuhaitat lisääntyvät, saavien liikuttelu olisi hyvin hankalaa ja saavit täytyisivät nopeammin. Saavikäymälöissä ei

käytetä kosteutta sitovia ja hajuhaittoja vähentäviä lisäaineita kuten kuiviketta tai purua. Saavikäymäläkohteita on kansallispuiston alueella yhteensä 8 kappaletta, osa rannikolla ja osa puiston keskiosissa. (Uebel, 2019).



Kuva 29. Skoleskogenin kansallispuistossa on edelleen muutamilla kohteilla käytössä perinteisiä saavikäymälöitä. Kuvassa Tärnättholmarnan autiotuvalla oleva saavikäymälä sekä käymälässä käytettäviä saaveja. Kuva: Lauri Värri.

Käymälöiden huolto ja käymäläjätteen kuljetus tapahtuu kansallispuiston ylläpidosta vastaavan henkilöstön toimesta. Käymälöiden huollon yhteydessä siistitään käymälätilat tarpeen mukaan ja tarkistetaan käymäläjättesäilön täyttöaste. Käymälämallista riippuen tehdään joko saavin vaihto tai käymälämakin levittäminen jättesäiliöissä. Pääsisäänkäyntien osalta huoltotoimenpiteet sekä jätteen kuljetukset on kohtuullisen helppo tehdä, sillä kohteille pääsee autolla. Muiden käymäläkohteiden huoltaminen on hyvin hankalaa, johtuen puistoalueen hyvin vaikeakulkuisesta maastosta ja huoltoteiden vähäisyydestä. Käytännössä maastossa olevat käymälöiden huoltokäynnit tehdään jalkaisin ja tarvittavat jätteen kuljetukset pyritään tekemään talvella moottorikelkalla ja rannikolla veneellä.

Uebelin mukaan kiinteä käymäläjäte kuljetetaan kaksinkertaisiin muovisäkkeihin pakattuna kunnalliselle jätteenkäsittelylaitokselle. Suotonesteet johdetaan pääsääntöisesti käsittelemättömänä käymäläkohteiden maaperään (kuva 30). Ainoastaan eteläisen ja läntisen pääsisäänkäynnin yhteydessä käymälöiden suotonesteet kerätään kootusti 1000 litran säiliöön. Eteläisellä pääsisäänkäynnillä nestesäiliö tyhjennettiin kolme kertaa kesän 2019 aikana kun taas läntisellä sisäänkäynnillä nestettä on kertynyt noin 500 litraa vuodessa ja tällöin yksi tyhjennys vuodessa on riittänyt. Suotonestesäiliön tyhjennys tehdään jätehuoltoyrityksen toimesta imutyhjennysautolla. Suotoneste kuljetetaan kunnalliselle jätteenkäsittelylaitokselle käsiteltäväksi. (Uebel, 2019)



Kuva 30. Skoleskogenin kansallispuistossa käymälöiden suotoneste johdetaan suoraan maahan silloin kun sen kerääminen poiskuljetusta varten ei ole mahdollista. Kuva: Lauri Värri.

Uebelin mukaan käymäläjätehuollon suunnittelussa tehdään aina tapauskohtainen arviointi huomioiden kohteen ympäristönsuojelulliset erityispiirteet, käytettävissä olevat resurssit jätehuollon toteutukselle sekä arvioitu kuormituksen taso. Tavoitteena on löytää ympäristön ja huollon kannalta mahdollisimman kestävä ja kustannustehokas tapa toteuttaa käymäläjätehuoltoa. Varsinaista viranomaislupaa ei kansallispuiston käymälöiden jätevesien käsittelytavalle ole mutta seuraavaksi kuvatus Högbondenin majakkasaaren osalta on ympäristöviranomaisen erikseen myöntämä lupa jätevesien käsittelylle. (Uebel, 2019)

Högbondenin majakkasaari on kooltaan pieni suojelukohde mantereen edustalla, jossa Uebelin mukaan käy kesäaikana noin 3 500 – 4 000 kävijää. Saarella olevan vanhan majakan yhteydessä toimii kesäaikana hostelli sekä kahvila, jotka palvelevat saarella vierailevia kesä - elokuun ajan. Kävijöistä suurin osa majoittuu saaren hostellissa. Saari on käytännössä puustoinen

kalliosaari, joka nousee merestä jyrkkäseinämäisenä. Haastavat maastonmuodot, kallioperäisyys sekä sijainti meren keskellä luovat haasteita paikan päällä tapahtuvalle käymälänesteiden käsittelylle sekä kiinteän käymäläjätteen kuljetukselle. Saarella vierailevia kävijöitä varten on kolme Mullis 2000 – käymälää (kuva 31). Lisäksi henkilökunnalla on oma hieman pienempi Mullis-käymälä samassa rakennuksessa. Saaren mairinuouspaikalta majakalle johtavan polun varressa on myös yksi vähällä käytöllä oleva saavikäymälä. (Uebel, 2019)



Kuva 31. Högbondenin hostellin yhteydessä korkean kalliosaaren huipulla sijaitsee yhteensä neljä Mullis-kuivakäymälää. Kuva: Lauri Värri

Käymälänesteiden käsittely tapahtuu Ecotechin BDT-biopuhdistamossa (kuva 32), jonne johdetaan myös kahvilan keittiön jätevedet. Puhdistusprosessin jälkeen nesteet johdetaan lopuksi maaperään. Käymälöissä on virtsan erottelevat istuimet, joten suurin osa puhdistamoon johdetuista käymälänesteistä on virtsaa. Käymäläsäiliöiden pohjalle kertyvä suotoste johdetaan myös puhdistamoon mutta sen määrän arvioidaan olevan melko vähäinen johtuen virtsan erottelusta. Uebelin saamien tietojen mukaan kyseinen malli soveltuu myös käymäläjätevesien puhdistukseen. (Uebel, 2019b) Nykyään myytävät Ecotechin BDT-puhdistamot soveltuvat vain harmaiden jätevesien puhdistukseen (Ecotech AB, n.d). Käytössä oleva nesteiden käsittelytapa on erikseen hyväksytetty viranomaisilla kuten edellä on todettu.



Kuva 32. Högbondenin saarella käymälöistä peräisin oleva nestämäinen jäte käsitellään Ecotechin BDT-biopuhdistamossa. Kuva: Lauri Värri.

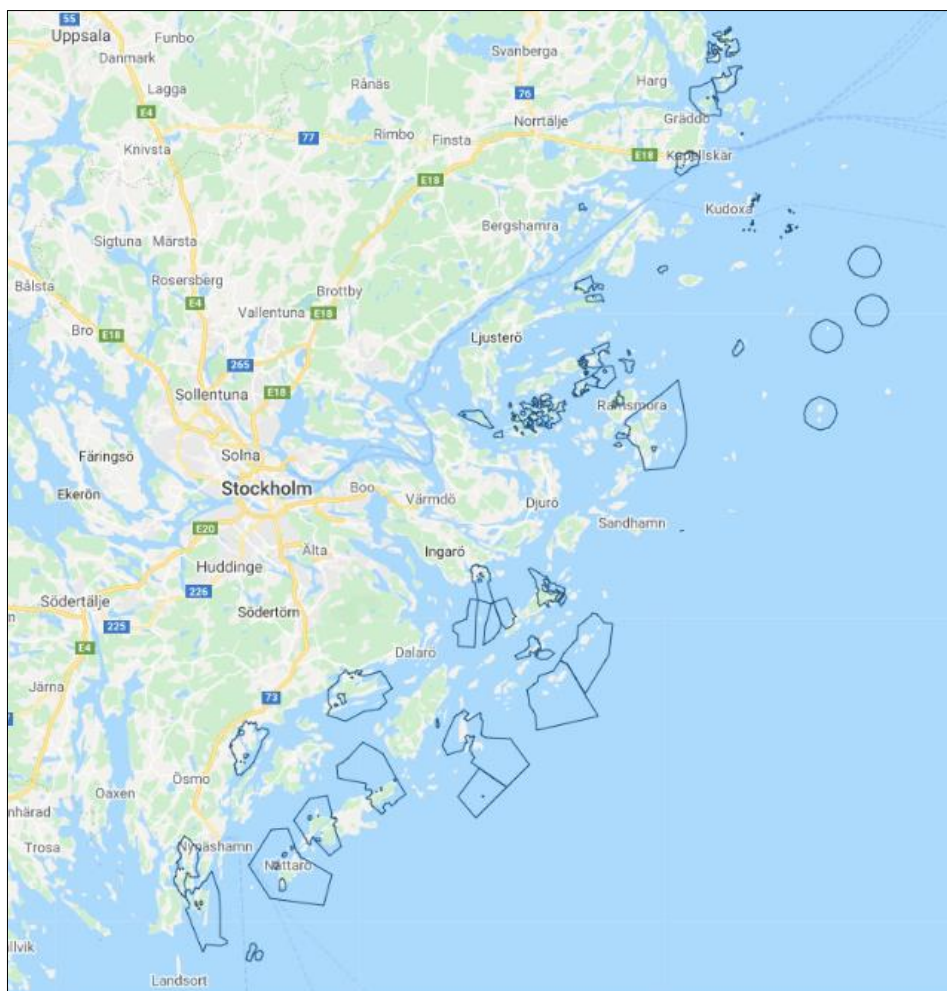
Uebelin mukaan Mullis - käymälöistä poistetaan kiinteää jätettä kerran vuodessa. Tämä tapahtuu alkukesällä ennen hostellin avaamista vierailijoille. Vierailuni aikana tyhjennetty käymälämakki oli käytännössä hajutonta ja melko kuivaa. Myös suotoneste oli täysin hajutonta. Itse tyhjennys on kuvattu tarkemmin liitteessä 4. Käymälämakki kuljetetaan kaksinkertaisissa muovisäkeissä mantereella ja sieltä edelleen kunnallisen jätehuollon käsiteltäväksi. Kolmesta yleisökäymälästä ja yhdestä henkilökunnan käymälästä kertyy vuosittain yhteensä noin 200 litraa käymälämakkaa. (Uebel, 2019)

Yhteenvedona Skoleskogenin ja Högbondenin käymäläjätteen käsittelyn osalta voidaan todeta, että kiinteän käymäläjätteen osalta ei aiheudu suoraan ympäristökuormitusta käymälöiden läheisyyteen, sillä käymäläjäte kuljetetaan muualle käsiteltäväksi. Kuitenkin valtaosa käymälänesteistä jää maastoon käymälöiden läheisyyteen, joka aiheuttaa paikallista ravinnekuormitusta sekä aiheuttaa hygieniariskin retkeilijöille ja työntekijöille. Suurimmat haasteet liittyvät käymäläjätteen poiskuljetukseen vaikeakulkuisessa maastossa. Lisäksi käymäläjätteen seassa olevat muoviroskat hankaloittavat Mullis – käymälöiden huoltoa ja käymälämakin esikompostoitumista. Hajuhaittoja esiintyi kaikissa käymälöissä, erityisesti saavikäymälöissä. Erot hajuhaitoissa johtunee Mulliksen erillisestä ilmanvaihdosta, joka tuulettaa hajut tehokkaasti pois. Hajuhaittoja olisi mahdollista vähentää lisäämällä kuiviketta käymälämakin sekaan mutta tämä nopeutaisi samalla käymälöiden jäteastoiden täyttymistä.

8.1.4 Tukholman saaristo ja Tukholman saaristosäätiö

Ruotsin suurin saaristo, Tukholman saaristo, koostuu noin 30 000 saaresta. Saarista noin 200 on edelleen asuttuja ja vakituisesti saaristossa asuu yhä

10 000 asukasta. Lisäksi alueella on noin 50 000 kesämökkiä, joista suurin osa on Tukholmassa asuvien omistuksessa. (Stockholm Archipelago, n.d.) Tukholman saaristosäätiö omistaa noin 12 % Tukholman saariston maa-alueista ja sen tehtävänä on suojella alueen luonto- ja historiallisia arvoja. Lisäksi sen tehtävänä on luoda toimintamahdollisuuksia alueen matkailu- ja virkistyskäytölle. Saaristosäätiön omistama alue koostuu 40:stä luonnonsuojelualueesta, joista osa on saarikohteita ja osa sijaitsee mantereella rajoittuen Itämereen (kuva 33). Maa-alueiden lisäksi säätiö omistaa ja ylläpitää yli 2000 kiinteistöä, joihin kuuluu muun muassa maatiloja, majakoita, majoitustiloja sekä laitureita. Saaristosäätiö ei itse harjoita liiketoimintaa omistamissaan kiinteistöissä vaan se vuokraa niitä matkailu- ja virkistyspalveluita tuottaville yrityksille. (Skärgårdsstiftelsen, 2019a; Skärgårdsstiftelsen, 2019b) Säätiön toiminnan merkittävin rahoittaja on Tukholman läänin maakäräjät. Tämän lisäksi säätiö saa rahoitusta muun muassa yksityisiltä yrityksiltä sekä lahjoituksia yksityisiltä ihmisiltä. (Skärgårdsstiftelsen, 2019c)



Kuva 33. Tukholman saaristosäätiön omistamat maa-alueet (rajattu sinisellä) käsittävät noin 12 % koko Tukholman saariston maa-alueista. (Skärgårdsstiftelsen, 2020)

Tukholman saaristosäätiön yleisökäymälähuoltoon perehtyminen tapahtui tutustumiskäynnillä Ingarössä sijaitsevaan Björnön luonnonsuojelualueeseen ja sen käymäläkohteisiin. Mukana maastokäynnillä oli Tukholman saaristosäätiön ympäristövastaava Anna Ehn, joka vastaa säätiön kohteiden jätehuollosta. Lisäksi tarkastelussa on hyödynnetty Tukholman saaristosäätiön organisaation sisäistä käymäläselvitystä (Ehn, 2017).

Saaristosäätiön oman selvityksen mukaan säätiöllä on noin 270 käymälärakennusta. Näistä kaksi kolmasosaa edustavat käymälätekniikaltaan perinteisiä saavikäymälöitä. Kolmannes käymälöistä on joko imutyhjennyskäymälöitä tai suurisäiliöisiä kuivakäymälöitä esimerkkinä Clivus- ja Mullis-kuivakäymälöitä, joissa lähtökohtaisesti on pidemmät huoltovälit. Lisäksi muutamia maakuoppakäymälöitä on vielä käytössä mutta niitä ollaan korvaamassa uudella käymälätekniikalla mahdollisimman nopeasti. (Ehn, 2017)

Yleisökäymälöiden käyttö Saaristosäätiön omistamien alueiden osalta keskittyy kesäaikaan. Eryteisesti saaristossa olevien käymälöiden osalta käyttö keskittyy kesä - elokuun väliseen aikaan ja talviaikaan käymälät ovat kokonaan pois käytöstä. Mantereella olevat käymälät ovat käytössä pääosin ympäri vuoden mutta niiden käyttö keskittyy touko-marraskuun väliselle ajanjaksolle. Kuivakäymälöiden huollosta vastaa noin 40 alueellista puistonvartijaa, jotka asuvat yleensä Saaristosäätiön omistamien suojelualueiden läheisyydessä. Käymälöiden jätehuollon toimintatavoissa on eroja eri luonnonsuojelualueiden välillä. Tämä johtuu suurelta osin siitä, että puistonvartijat saavat suunnitella käymälöiden jätehuoltorutiinit melko itsenäisesti ja keskinäistä tiedonvaihtoa työntekijöiden välillä tapahtuu melko vähän. Varsinkin saaristossa olevien kohteiden osalta sää- ja tuuliolosuhteet sekä matkailijoiden liikkuminen erilaisissa sääolosuhteissa vaikuttavat käymälöiden huoltomääriin. Tämän takia on eduksi, että puistonvartijoina toimii alueella asuvia henkilöitä, joille on hyvä paikallistuntemus. (Ehn, 2019a, 2019b)

Yleisin Saaristosäätiön käyttämistä käymäläratkaisuista on saavikäymälä (kuva 34). Se on Ehnin mukaan toiminnaltaan yksinkertainen ja hankintahinnaltaan edullinen käymäläratkaisu. Saavikäymälät toimivat hyvin Saaristosäätiön kohteilla, joilla käymälöiden huoltotoimet on mahdollista tehdä 1 - 3 kertaa viikossa riippuen hieman kohteen kuormituksesta. Huoltovälin pitkeydessä jätemäärä saavissa voi kasvaa suureksi, jolloin saavin liikuttelu ja tyhjennys on hyvin vaikeaa. (Ehn, 2019) Saavikäymälärakennuksessa on yleensä yksi tai useampi kevytrakenteinen käymäläistuimien ja jokaisen istuimen alla on tilavuudeltaan 30 - 40 litran umpinainen saavi, johon käymäläjäte kerätään.



Kuva 34. Tukholman Saaristösäätiön yleisin käymäläratkaisua on saavikäymälä, joka edellyttää tiheää huoltoväliä. Kuvassa saavikäymäläistuimia Björnön luonnonsuojelualueella: vierekkäiset käymäläistuimet (yläkuva) ja saman käymälän istuin avattuna (vas. alhaalla) sekä muovista valmistettu käymäläistuin (oik. alhaalla). Kuva: Lauri Värri.

Saavikäymälän tyhjennys tapahtuu joko ylös nostamalla tai sivulle vetämällä käymäläistuimen sisällä oleva, käymäläjätettä sisältävä saavi. Tämän jälkeen saavin sisältö kaadetaan käymälän ulkopuolella olevaan kompostointikehikkoon kompostoitumaan. Yleensä saavin kuljetus tehdään käymälän etuoven kautta, sillä käymälärakennuksissa ei useinkaan ole tehty huoltoluukkuja käymälän takaseinään. Kun kompostointikehikko on täynnä, annetaan massan kompostoitua vuoden verran. Kompostoitunut käymäläjäte loppusijoitetaan maakuoppaan käymälän takamaastoon, ei kuitenkaan käymälän välittömään läheisyyteen. Yleisin käytössä oleva kompostointikehikkomalli on käymäläjätteelle tarkoitettu Mullbanken-merkkinen kompostointikehikko (kuva 21). (Ehn, 2019a, 2019b)

Mullbanken - kompostointikehikko on tarkoitettu nimenomaan käymäläjätteelle. Se on tilavuudeltaan 500 litraa ja se on valmistettu painekyllästä laudasta. Kehikolla on nylonkudoksella vahvistettu muovipohja, jonka reunat nousevat noin 15 cm verran kehikon seinustalle estäen kehikon pohjalle kertyvän nesteen valumisen maaperään. (Mullbanken, n.d.)



Kuva 35. Tukholman saaristosäätiön saavikäymälöiden jäte kompostoidaan Mulbanken-kompostointikehikoissa käymälärakennusten läheisyydessä. Kuvassa Ramsvikenin saavikäymäläkohde Björnön luonnonsuojelualueella. Kuva: Lauri Värri.

Saavikäymälöiden käyttöön liittyy Ehnin mukaan myös ongelmia. Käymäläjätettä sisältävien saavien tyhjentäminen on raskasta työtä. Käymäläjätteen seassa on toisinaan runsaasti virtsaa, joka lisää entisestään saavin painoa ja tekee jätteen käsittelystä hankalaa. Käymäläjätteen ja erityisesti nestepitoisen käymäläjätteen käsittelyyn sisältyy roiskeista johtuva hygieniariski huoltohenkilöstölle erityisesti siinä vaiheessa, kun saaveja tyhjenetään kompostointikehikoihin. Liiallinen nestemäärä saavikäymälöissä voi johtaa myös siihen, että liiallinen neste valuu kompostointikehikon alaosassa olevan muovireunuksen yli suoraan maaperään aiheuttaen paikallista ympäristökuormitusta. Käymäläjätteen seassa on ajoittain muoviroksia, jotka haittaavat kompostointia ja kompostoidun käymälämakin loppusijoitusta. (Ehn, 2017; Ehn 2019a)

Omiin havaintoihini perustuen saavikäymälöissä esiintyi melko voimakas haju jo käymälään sisään astuessa. Mielestäni hajuhaittaan vaikutti se, ettei saavilla ole erillistä ilmanvaihtoa, jolloin hajut tuulettuvat käymälän sisätilaan luukun kautta. Lisäksi osassa käymälöistä puuttui käymäläistuinten kannet kokonaan. Vieraillemissani käymälöissä oli tarjolla turvetta mutta silmämääräisesti tarkasteltuna sitä ei ollut käytetty kovin runsaasti.

Ehnin mukaan saavikäymälöitä pyritään jatkossa korvaamaan uudemmalla käymälätekniikalla, sillä kyseinen käymälämalli edellyttää tiheää huoltoväliä ja huoltotyö on työergonomisesti haastavaa. (Ehn, 2019a) Joillakin hyvin syrjäisillä ja pienellä kuormituksella olevilla kohteilla saavikäymälä tulee kuitenkin säilymään käyttökelpoisena ratkaisuna myös tulevaisuudessa (Ehn, 2019b). Ehnin tekemän Saaristosäätiön sisäisen käymäläselvityksen mukaan, Saaristosäätiöllä oli vuonna 2017 käytössä yhteensä 368 saavikäymäläistuinta ja käymäläjätteen kompostointia varten yhteensä 221 kompostointikehikkoa (Ehn, 2017).

Suurisäiliöisiä kuivakäymälöitä on noin 40 kappaletta, joista suurin osa, 28 kappaletta) on Clivus - kuivakäymälöitä. Clivuksen lisäksi käytössä on 7 kappaletta Mullis - kuivakäymälöitä sekä 4 kappaletta Lasse-vevoja *Lasse-dass*, joka on Saaristosäätiön työntekijän kehittämä käymälämalli. (Ehn, 2017) Clivus, Mullis ja Lasse- kuivakäymälät ovat suurisäiliöisiä käymälöitä, joissa toiminta perustuu pitkäaikaiseen käymäläjätteen kompostoitumiseen. Saaristosäätiön kohteilla virtsan erottelu on käytössä ainoastaan Lasse-vevoissa.

Lasse-vevo (kuva 36) koostuu Ehnin (2019a) mukaan käymälän alla olevasta, kiinteälle jätteelle varatusta, tilasta sekä käymälän ulkopuolella olevasta erillisestä virtsasäiliöstä. Virtsa erotellaan käymäläistuimen avulla ja johdetaan rakennuksen ulkopuolella olevaan säiliöön, joka on täytetty mullalla. Virtsasäiliössä on erillinen tuuletusputki ja ilmanvaihtoa on tehostettu aurinkoenergialla toimivalla tuulettimella. Pyrkimyksenä on haihduttaa multaan imeytetyssä virtsassa oleva vesi niin, ettei nestemäistä jätettä tarvitsisi kuljettaa pois kohteelta. Virtsasäiliön multa vaihdetaan tarvittaessa ja se sekoitetaan kiinteän käymäläjätteen sekaan. Käymälän alaosaan olevan kiinteän jätteen annetaan kompostoitua kaikessa rauhassa.



Kuva 36. Saarisäätiöllä on käytössä myös neljä itsekehitettyä Lasse-vevoa, joissa on nesteelle ja kiinteälle jätteelle erilliset käsittelysäiliöt. Kuvassa Saarisäätiön kohteella oleva Lasse-käymälärakennus, jonka ulkopuolella on mullalla täytetty virtsasäiliö. (vasen ja oikea ala) ja käymälän alla oleva tila kiinteän jätteelle (oikea ylä). (Ehn, n.d.)

Lasse-vevat toimivat Ehnin (2019a) mukaan kohtuullisen hyvin. Kahden käymälän osalta virtsan haihdunta vaikuttaisi toimivan ja kahden käymälän osalta ei. Syyt toiminnallisiin eroihin voivat johtua muun muassa säiliöiden tiiveydestä, ilmanvaihdon tehottomuudesta ja eroista aurinkoenergian määrissä sekä kohdekohtaisista käymälän käyttäjämääristä. (Ehn, 2017)

Lasse-käymälästä on tehty myös toinen versio, joka on käytössä yhdellä kohteella mutta se ei Ehnin mukaan vaikuttaisi toimivan niin hyvin mitä alkuperäinen Lasse- vessa (Ehn, 2017; Ehn, 2019a).

Clivus ja Mullis - käymälöissä uloste ja virtsa menevät samaan käymäläjättesäiliöön. Toisilla kohteilla virtsan osuus käymäläjätteestä on hyvin suuri ja joka aiheuttaa ongelmia käymälämakin kompostoitumiselle. (Ehn 2017). Ehnin tekemän selvityksen (2017) mukaan ongelmia pyritään välttämään pumppaamalla ylimääräistä suotonestettä huoltokäyntien yhteydessä erilliseen nestesäiliöön. Clivus - käymälöitä on yhteensä yhdeksällä kohteella, joista viidellä kohteella on nykyään erilliset nestesäiliöt. Lopuilla neljällä kohteella ei ole lainkaan nestesäiliöitä, ja näistä kahdella kohteella esiintyy edellä kuvattuja ongelmia. Mullis - käymälöitä on kolmella eri kohteella ja näistä kahdella kohteella on erilliset nestesäiliöt. Myös kolmannella kohteella tullaan hankkimaan erilliset nestesäiliöt, sillä ongelmia esiintyy myös Mullis-käymälän osalta.

Käymälöiden säiliöihin kerätty suotoneste sekä kiinteä jäte kuljetetaan käsiteltäväksi lähimmälle vedenpuhdistuslaitokselle joko Saaristosäätön tai kunnallisen jätehuoltoyrityksen toimesta. Saaristosäätöllä on saaristoalueella muutamia omia jätevedenpuhdistamoja, joita hyödynnetään käymäläjätteen käsittelyssä. Käymälöiden jättesäiliöiden tyhjennys tapahtuu imutyhjennyksellä. Kiinteän jätteen osalta imutyhjennys edellyttää veden lisäämistä käymäläjättesäiliöön, jotta se saadaan muutettua lietemäiseksi. (Ehn, 2017; Ehn 2019b).

Varsinaisia imutyhjennyskäymälöitä käytetään lähinnä kohteilla, joissa on iso kuormitus ja käymälä on hyvän tieyhteyden varrella. Näillä kohteilla kaikki käymäläjäte johdetaan yhteen isoon, maan alle asennettuun, säiliöön, josta lietemäinen käymäläjäte tyhjenetään imutyhjennysautolla. Käymäläjäte toimitetaan käsiteltäväksi lähimmälle jätevedenpuhdistamolle. (Ehn, 2019) Björnön luonnonsuojelualueen parkkipaikan yhteydessä oleva imutyhjennyskäymälä on tästä hyvä esimerkki (kuva 37).



Kuva 37. Imutyhjennyskäymälän tulee sijaita aina huollon kannalta hyvien tieyhteyksien varrella. Kuvassa Björnön luonnonsuojelualueen parkkipaikan yhteydessä oleva imutyhjennyskäymälä.

Kuivikkeen, tässä tapauksessa turpeen, käyttö Saaristosäätiön yleisökuivakäymälöissä vaihtelee alueittain. Turpeen käytön hyödyllisyys käymälöissä jakaa vahvasti mielipiteitä käymäläjätehuoltoa tekevän henkilökunnan keskuudessa. Toiset kokevat kuivikkeen tärkeänä osana virtsan sidonnassa esimerkiksi saavikäymälöissä mutta toiset eivät koe kuivikkeen tuovan merkittäviä lisähyötyjä. Lisäksi turpeen hankintaan liittyy Ehnin mukanaan isoja haasteita, kun toimitaan saaristossa. Tämä omalta osaltaan vähentää turpeen käyttömahdollisuuksia Saaristosäätiön yleisökuivakäymälöissä.

Ehnin mukaan Saaristosäätiön kaikkien uusien käymäläkohteiden suunnittelussa kiinnitetään huomiota seuraaviin asioihin: kohteen arvioituun kävijämäärään ja sitä kautta ennakoituun kuormitukseen, kuormituksen laatuun eli nesteiden ja kiinteän jätteen suhteeseen, käymäläjätehuollon resursseihin sekä siihen, miten käymäläjätehuolto on käytännössä mahdollista toteuttaa kyseisellä kohteella eli kohteen erityispiirteet ja sijainti. Ehn muistuttaa myös, että useamman käymäläistuimen tekeminen samaan käymälätilaan tuo lisää säätövaraa käymäläjätehuollolle. Hiljaisena aikana osa käymälöistä voi olla poissa käytöstä ja kuormituksen kasvaessa käymäläkapasiteettia saadaan nopeasti lisättyä ottamalla suljetut käymälät käyttöön. Uusien käymälöiden suunnitelmat, jotka sisältävät selvityksen jätehuollosta ja käymälätekniikasta, hyväksytetään kunnan viranomaisilla. Luvituksen suhteen ei ole ollut suurempia ongelmia. Mahdollisia ongelmia on ratkottu hyvässä hengessä tarkastellen asioita kokonaisuutena, jossa on huomioitu sekä huollon toimintamahdollisuudet että ympäristönsuojelulliset tekijät. (Ehn, 2019a)

Yhteenvedona voidaan todeta, että Saaristosäätiön käymäläjätehuollon suurimmat haasteet liittyvät nesteiden hallintaan sekä paljon raskasta käsityötä vaativan saavikäymäläjärjestelmän kehittämiseen. Myös roskat käymäläjätteen seassa hankaloittavat huoltoa sekä käymäläjätteen loppusijoitusta. Luonnollisesti saaristo- ja rannikkoalue toimintaympäristönä tuovat lisähaasteita jätehuollolle niin jätteen kuljetuksen kuin sen käsittelyn näkökulmasta.

8.2 Virkistyskäyttöalueiden käymäläjätehuolto Yhdysvalloissa

Selvitystyötä varten tarkastelin käymäläjätehuollon nykytilannetta myös Yhdysvalloissa. Koska minulle ei ollut mahdollista tehdä vierailuja suojelu- ja virkistyskäytön kohteilla, koostin tiedot pääosin Yhdysvaltojen suojelualueita hallinnoivan National Park Servicen (myöhemmin NPS) julkaisemista aineistoista sekä kansallispuistojen omilta www-sivuilta. Nämä osoit-tautuivatkin hyvin kattaviksi tietolähteiksi. Sähköisen aineiston lisäksi haastattelin Glacierin kansallispuiston käymäläjätehuollosta vastaavaa Daniel Jacobsia. Haastattelun avulla sain tarkennettua käsitystäni käymäläjätehuollon toimintatavoista ja toimintaa ohjaavista periaatteista Yhdysvalloissa.

8.2.1 Luonnon suojelualueiden hallinnointi ja toimintaympäristö Yhdysvalloissa

Yhdysvalloissa kasallispuistojen sekä muiden virkistyskäyttöarvoja ja palveluja sisältävien suojelualueiden ja kohteiden hallinnasta ja ylläpidosta vastaa sisäministeriön alaisuudessa toimiva NPS. Yhdysvalloissa on pitkät perinteet erilaisten luontokohteiden sekä historiallisten monumenttien ja alueiden suojelussa. Näihin kohteisiin on alusta lähtien liittynyt vahvasti myös niiden virkistyskäyttöarvojen huomioon ottaminen. Maailman ensimmäinen kansallispuisto, Yellowstonen kansallispuisto, perustettiin Yhdysvaltoihin vuonna 1872. Tämän rinnalle alkoi seuraavien vuosikymmenten aikana muodostumaan joukko erilaisia suojelukohteita, joilla on joko maisemaan, luontoarvoihin tai historiaan perustuva suojeluperuste. Jotta suojellut kohteet säilyisivät ennallaan myös tuleville sukupolville, perustettiin NPS vuonna 1916 tätä tehtävää varten. (NPS, 2019c)

Tänä päivänä NPS hallinnoi 419 eri kohdetta 50 eri osavaltiossa kokonaispinta-alan ollessa noin 85 miljoonaa eekkeriä eli noin 34,4 miljoonaa hehtaaria (liite 11). Suurin yksittäinen kohde on Alaskassa sijaitseva Wrangell-St. Elias National Park and Preserve, jonka pinta-ala on noin 5,34 miljoonaa hehtaaria. Nämä suojelukohteet, on jaettu 19: a eri alaryhmään, joita yleisesti kutsutaan nimellä "Parks" (myöhemmin puisto). Varsinaisia kansallispuistoja "National Parks" on yhteensä 62 kappaletta. Näiden lisäksi on erillisiä luonto- ja kulttuuriperintökohteita, joiden hallinnoinnista NPS vastaa joko kokonaan tai osittainen yhdessä muun hallinnollisen tai ei-hallinnollisen toimijan tai maanomistajan kanssa. (NPS, 2019d)

Vuonna 2018 NPS:n hallinnoimiin puistoihin tehtiin noin 318 miljoonaa käyntiä. Yli 10 miljoonan käyntimäärän saavuttivat Blue Ridge Parkway, Golden State National Recreational Area ja Great Smoky Mountains National Park. Lisäksi yhdeksän puistoa saavutti yli 5 miljoonan käyntirajan ja 77 puistossa ylitettiin miljoonan käynnin raja. (NPS, 2019b)

Valtaosaan puistoista on vapaa pääsy. Osassa puistoista, noin vajaa kolmasosa kaikista puistoista, käynti kuitenkin edellyttää hankkimaan 80 \$ maksavan passin, joka on vuoden verran voimassa. Passi oikeuttaa vierailemaan yli 2000 kansallisessa virkistyskäyttökohteessa. Kaikki passin myynnistä tuleva tulo menee NPS:lle ja vähintään 80 % maksutuloista kohdentuu siihen puistoon, josta passi on ostettu. (NPS, 2019f) Pääasiallisen rahoitus tulee suoraan valtiolta, perustuen kerran vuodessa tehtävään budjettiehdotukseen, jonka hyväksyy Yhdysvaltain kongressi. NPS:n budjettiehdotus on osa sisäministeriön budjettiehdotusta. (NPS, 2019e) NPS:ssä työskentelee noin 20 000 vakituista ja kausityöntekijöitä. Tämän lisäksi NPS:n toimintaa tukevaa vapaaehtoistyötä tekeviä on noin 315 000 henkilöä. (NPS, 2020)

Yhdysvalloissa suuria kävijämääriä puoleensa vetävät luonnon virkistyskäyttöalueet ovat pääsääntöisesti hyvin laajoja alueita verrattuna esimerkiksi Suomeen kansallispuistoihin. Puistot on jaettu kävijöille suunnattujen

palvelurakenteiden osalta autoteiden varrella olevaan etumaastoon ”front country” ja autotieverkoston ulkopuoliseen takamaastoon ”back country”. Valtaosa kävijäpaineesta kohdentuu nimenomaan etumaastoon sen helpon saavutettavuuden takia. Etumaastossa sijaitsevat palvelurakenteet käsittävät puiston opastuskeskukset, leirintäalueet, levähdysalueet näköalakohteilla sekä parkkipaikkoja maastoon lähtevien reittien lähtöpisteissä. Etumaastossa sijaitseville leirintäalueille saavutaan yleensä autolla ja niiden palveluvarusteluun kuuluu muun muassa jäteposte, vesikäymälät, sähköliittymät matkailuautoille, suihkut sekä nuotiopaikat. Retkeilyreittien varsilla takamaastossa palvelurakenteet koostuvat lähinnä eväiden syönnin ja levähtämiseen tarkoitetuista taukopaikoista. Lisäksi osassa puistoista on perustettu takamaastoon leiriytymisalueita, jotka ovat palveluillaan huomattavasti yksinkertaisempia etumaaston vastaaviin verrattuna. Takamaastossa leiriytyminen tapahtuu usein retkeilijöiden sopivaksi katsomalla paikalla varsinaisten leiriytymisalueiden ulkopuolella. Leiriytyminen virallisilla leiriytymispaikoilla on aina maksullista. (NPS, 2019g; NPS, 2018c).

8.2.2 Suositukset käymäläjätehuollon järjestämisestä

NPS:llä on käytössä oma sisäinen ohjeistus (NPS, 2018b), jossa määritetään toimenpiteet ja kriteerit, joilla pyritään suojelemaan puistoissa vierailevien kävijöiden ja työntekijöiden terveyttä sekä estämään ympäristön pilaantuminen. Suositukset koskevat juomaveteen, jätevesien käsittelyyn, ruokaterveyteen, virkistyskäytössä oleviin vesialueisiin ja takamaastossa sijaitseviin toimintoihin. Lisäksi annetaan suositukset tautiriskien seurantaan, valvontaan ja riskien toteutuessa tehtäviin toimenpiteisiin sekä suosituksia muiden vaaratilanteiden ehkäisyyn ja tapahtumaturvallisuuteen.

Käymäläjätehuollon osalta suosituksissa määritetään etu- ja takamaastoon suositellut jätevesisysteemit, tarkoittaen käytännössä käymäläjätevesiä, sekä annetaan ohjeita niiden käyttöön ja valvontaan liittyen.

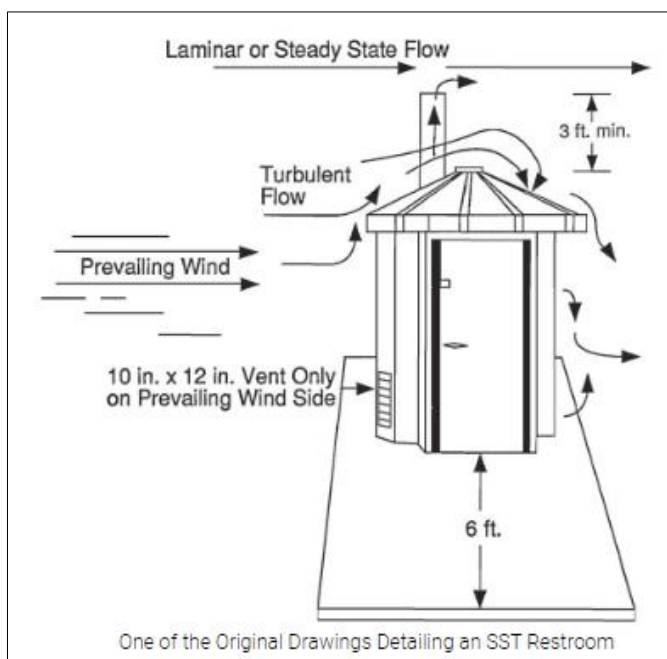
Jätevesisysteemit, joita suositellaan käytettävän etumaaston kohteilla ovat:

- Keskitetty tai hajautettu jätevesisysteemi, joka on yhdistetty jätevesiviemäröinnillä huuhtelukäymälöihin
- SST imutyhjennyskäymälät ja
- Kemialliset käymälä (vain väliaikaiseen käyttöön). (NPS, 2018b, s. 59)

Suosituksen mukaan kaikkien uusien imutyhjennyskäymälöiden tulee vasta U.S. Forest Service:n määrittämiä Sweet Smelling Toiletin (SST) suunnittelukriteereitä. Lisäksi käymälöiden ilmanvaihtokanavissa tulee olla suojaus eläimiä ja hyönteisiä vastaan. (NPS, 2018b, s.59)

SST-käymälässä imutyhjennysäiliön ilmanvaihtoa (kuva 38) tehostetaan luomalla ylipaine käymälärakennuksen sisätilaan, jolloin käymälän istuin-

luukun avattaessa käymälän sisätilan ilma pyrkii säiliötilaan, jossa ilmanpaine on pienempi. Tämän on havaittu estävän tehokkaasti hajuhaittoja käymälän sisätilassa. Hajujen poistuminen tapahtuu halkaisijaltaan noin 250 mm:n poistoputken kautta, joka lähtee imutyhjennys säiliöstä. Ylipaine käymälän sisätilaan saadaan asentamalla käymälän seinän alaosaan riittävän kokoinen ilmanvaihtokanava, joka tulisi sijaita seinustalla, joka on vasten vallitsevaa tuulensuuntaa. Tällöin voidaan hyödyntää ilmavirran luonnollista liikettä ylipaineen luomisessa. (Romtec, n.d.)



Kuva 38. NPS:n suosittelema SST-toimintaperiaatteen tarkoitus on vähentää käymälän sisällä olevia hajuhaittoja. (Romtec, n.d.)

Takamaastoon suositellut jätevesijärjestelmät ovat:

- Keskitetty tai hajautettu jätevesisysteemi, joka on yhdistetty jätevesijärjestelmällä huuhtelukäymälöihin
- Kompostoitavat käymälät
- Tynnyrikäymälät, joilla käymäläjäte kerätään poiskuljetusta varten.
- Haihduttavat käymälät
- Maakuoppakäymälät
- Hitaaseen kompostointiin perustuvat käymälä ”moldering toilet” ja
- Virtsan erotteluun perustuva käymälät. (NPS, 2018b, s.60)

Koska takamaastojen toimintaympäristö käymäläjätevesijärjestelmien osalta vastaa paremmin Suomen luonnon virkistyskäyttöalueiden luonnetta, jätetään etumaastossa tapahtuva käymäläjätehuollon käsittely tässä kohtaa vähemmälle.

Puistojen takamaaston käymäläjätehuoltoon keskittyvien suosituksien pääasiallinen tarkoitus on estää käymäläjätteestä aiheutuvat hygieniariskit

retkeilijöille ja puiston työntekijöille. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi NPS (2018b, s. 108) suosittelee käytettävien seuraavien menetelmiä käymäläjätteen käsittelyssä ja/ tai jätehuollon järjestämisessä. Suosituksia on tarkentanut vielä erikseen NPS:een kuuluvan, terveysasioihin keskittyvän, osaston (Office of Public Health) asiantuntija John Leffel (2018).

Ensimmäisenä on Pack-In Pack-Out - menetelmä, jossa retkeilijät ohjataan keräämään retken aikana tuottamansa ulosteet ja toimittamaan ne puiston ylläpitämiin käymäläjätteen keräyspisteisiin. Markkinoilla on useita tätä tarkoitusta varten olevia tuotteita kuten Wag Bag ja Clean Mountain Can. Kyse on nimenomaan ulosteen keräämisestä, ei virtsan. Keskitetyiltä jätteenkeräyspisteillä olevat tynnyrit tai vastaavat säiliöt toimitetaan pois jätteen loppukäsittelylaitokselle joko tavaran kuljetukseen soveltuvia eläimiä hyödyntäen tai konekalustolla.

Toisena on virtsan erotteluun perustuva käymälätekniikka, jolla tavoitellaan maastosta poiskuljetettavan jätteen painon merkittävää pienentämistä. Eroteltu virtsa tulee näillä kohteilla johtaa erilliseen maameytyskenttään tai vastaavaan maan pinnan alla tapahtuvaan maaperäkäsittelyyn.

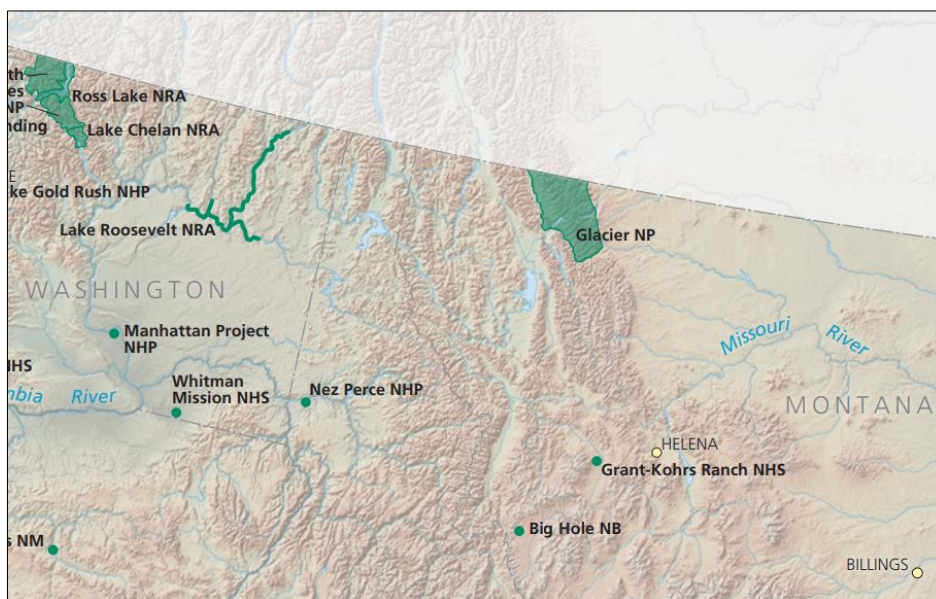
Kolmantena vaihtoehtona on ohjata retkeilijät tekemään tarpeensa pieneen, vähintään 15 cm syvään maakuoppaan, joka peitetään käytön jälkeen. Tätä kutsutaan cat holes – menetelmäksi ja se edellyttää, että retkeilijällä on pieni lapio tai vastaava kaivuuväline mukanaan. Kuoppa tulee tehdä sivuun yleisiltä kulku-urilta ja etäisyys vesistöön tulee olla vähintään 30 metriä.

Leffelin (2018) mukaan edellä mainittujen menetelmien lisäksi voidaan valita myös jokin muu menetelmä käymäläjätteen hallintaan. Maakuoppakäymälöiden käyttö tulee kuitenkin nähdä niin sanottuna viimeisenä vaihtoehtona, jos minkään muun menetelmän soveltaminen kohteella ei ole mahdollista. Maakuoppakäymälän sijoitus maastossa tulee aina hyväksyttäväksi joko kansallispuiston omalla terveystarkastajalla tai julkisen terveydenhuollon asiantuntijalla. (Leffel, 2018; NPS, 2018b, s. 60)

Edellä mainittu virtsan erotteluun perustuva käymäläjätteen käsittelymenetelmä perustuu Ecodomeon BTW-kuivakäymälätekniikkaan, johon on yhdistetty Hillin (2013, s. 110 – 117) ja Toilet Tech Solutionsin kehittämä virtsan maameytyskenttä sekä kiinteän jätteen keruu- ja käsittelyratkaisut. Nämä tekniikat on kuvattu tarkemmin luvussa 6.3. Menetelmä on saanut Alaskan osavaltion ympäristöviranomaisten hyväksynnän ja se täyttää myös Yhdysvaltain kansallisen ympäristölainsäädännön NEPan sekä kansallisen historiallisten kohteiden suojelusta annetun lain, Section 106:n, kriteerit.

8.2.3 Käymäläjätehuollon toteutus käytännössä

Saadakseni paremman käsityksen siitä, miten käymäläjätehuolto käytännössä toteutetaan isossa kansallispuistossa Yhdysvalloissa, haastattelin Glacierin kansallispuistossa työskentelevää Daniel Jacobsia, joka vastaa kansallispuiston takamaastossa tapahtuvista toiminnoista. Glacierin kansallispuisto sijaitsee vuoristoalueella Montanan osavaltiossa pohjoisosassa (kuva 39). Kansallispuistoalue jatkuu Kanadan puolella Lake Watertonin kansallispuistona.



Kuva 39. Montanassa sijaitseva Glacierin kansallispuisto (kartassa Glacier NP) rajoittuu pohjoisessa Kanadan rajaan. (NPS, 2018d)

Puistossa vierailee Jacobsin mukaan vuosittain noin 3 miljoonaa kävijää, joista noin 300 000 käyttää takamaastossa olevia reittejä ja palvelurakenteita. Kansallispuiston pinta-ala on noin 1 miljoonaa eekkeriä eli noin 404 600 hehtaaria (NPS, 2017). Jacobs vastaa yhdessä 50:n kenttätönteikijän kanssa puiston retkeilyreiteistä sekä niiden varrella olevista palvelurakenteista. Kenttähenkilökunnan tehtävänä on partioida kansallispuiston alueella tarkastamassa retkeilijöiden leiriytymislupia sekä neuvomassa ja ohjeistamassa retkeilijöitä maastossa. Samalla seurataan palvelurakenteiden huoltotarvetta. Ylläpidettävää reitistöä on yhteensä 745 mailia eli noin 1200 km ja huollettavia leiriytymispaikkoja 62 kappaletta. Näiden lisäksi retkeilyreittien varrella, erilaisten nähtävyyksien ja eväs- ja taukopaikkojen yhteydessä, on noin 40 käymälää. Kaikilla leiriytymispaikoilla on käymälä, joten huollettavia käymälöitä takamaastossa on noin 100 kappaletta. Valtaosa käymälöistä on maakuoppakäymälöitä. Alueella on otettu koekäyttöön kaksi Ecodomeon BTW - virtsan erottelevaa käymälää, jotka ovat leiriytymisalueiden yhteydessä. (Jacobs, 2020)

Kansallispuistossa yleisin käytössä oleva maakuoppakäymälä koostuu Jacobsin mukaan maahan kaivetusta kuopasta, joka on mitoiltaan noin 1,2m

* 1,2m * 2 m sekä kuopan päällä olevasta käymälärakennuksesta tai pelkästä yksikertaisesta istuimesta ilman seiniä (kuva 40). Maakuopan täyttyessä, se peitetään maalla ja uusi kuoppa kaivetaan edellisen käymäläkuopan läheisyyteen. Entistä käymälärakennusta tai istuinrakennetta hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan uuden kuopan päällä. (Jacobs, 2020)



Kuva 40. Glacierin kansallispuistossa valtaosa käymälöistä on maakuoppakäymälä. Osassa näistä käymälöistä ei ole lainkaan varsinaista käymälärakennusta. (Snowqueen & Scout, 2015)

BTW - käymälöissä eroteltu virtsa johdetaan Jacobsin mukaan yksikertaiseen maameytyskenttään ja uloste kerääntyy kuljetinhihnan avulla käymälärakennuksen takaosassa olevaan suljettuun tilaan. Kiinteä käymäläjätetä siirretään keväisin sivummalle kompostoitumaan ja neljän vuoden kompostoitumisen jälkeen se levitetään käymäläkohteen läheisyyteen. BTW-käymälä on toiminut moitteettomasti ja siihen on oltu hyvin tyytyväisiä. Hyvistä kokemuksista huolimatta maakuoppakäymälöitä ei lähdetä ainakaan laajassa mittakaavassa korvaamaan BTW-käymälöillä. Tämä johtuu siitä, että maakuoppakäymälät ovat käytännössä huoltovapaita jätehuollon kannalta niin kauan kuin kuopassa on tilaa jätteille, kun taas BTW-käymälät edellyttävät jonkin verran huoltotoimia. Myös BTW-käymälän teknisyyttä koetaan ongelmallisena tai siihen ainakin suhtaudutaan epäilevästi. Jos kiinteän jätteen kuljetinhihna ei jostain syystä toimi, on käymälä käytännössä pois käytöstä. Koska käymälöitä ei pystytä tarkistamaan päivittäin, tieto toimintaviasta voi viedä päiviä ja tämä viivästyttää entisestään korjaamista. Jacobs tosin toteaa, että BTW-käymälän tekniikan on osoittautunut hyvin luotettavaksi ja on hänen mukaansa valmistettu kestävistä materiaaleista. (Jacobs, 2020)

Silloin kun lähialueella ei ole käymälöitä käytössä, voi retkeilijät Jacobsin mukaan tehdä tarpeensa myös pieniin itse kaivettuihin "cat holes" -maa-

kuoppiin. Maastoon tehtyjen tarpeiden määrää seurataan ja tietoa hyödynnetään muun muassa käymäläverkoston kehittämistyössä. Uuden käymälän perustaminen Glacierin kansallispuistossa edellyttää useiden eri alojen asiantuntijakuulemista ja kaikkien suunnitteluun osallistuvien osapuolten hyväksyntää ennen kuin uusi käymälä voidaan perustaa. Käymälän paikan valintaan vaikuttavat muun muassa ympäristönäkökulmat, kohteen historialliset erityispiirteet, vesistöt, alueen suojeluperusteeseen liittyvät näkökulmat sekä kävijäpaine. Myös kohteen huollettavuus huomioidaan mutta edellä mainituilla asioilla on iso painoarvo kokonaisuuden kannalta. Jacobsin mukaan käymäläjätehuoltoa ohjaa etupäässä osavaltion omat mutta myös kansalliset säädökset ja ohjeet. (Jacobs, 2020)

Yleisökäymälöistä aiheutuvien ympäristövaikutuksien tarkastelussa huomio kohdistuu Jacobsin mukaan erityisesti ulosteperäisten taudinaiheuttajien aiheuttamiin hygieniariskeihin asiakkaille ja työntekijöille sekä niiden minimoimiseen. Virtsan sisältämien ravinteiden aiheuttama ravinnekuoritus ei Jacobsin mukaan ole yhtä merkityksellinen. (Jacobs, 2020).

Merkittävimmät haasteet käymäläjätehuollossa liittyvät Jacobsin mukaan lisääntyvästä kävijämäärästä aiheutuvan käymäläjättemäärän kasvuun. Maakuoppakäymälät täyttyvät entistä nopeammin ja uusien paikkojen löytäminen käymälöille on entistä vaikeampaa. Jacobs toteaa, että tilanne on ristiriitainen, sillä lähtökohtaisesti kaikilla pitäisi olla tasavertainen mahdollisuus retkeillä kansallispuistossa mutta toisaalta puiston henkilökunnan ensisijainen työ on suojella ja säilyttää kansallispuisto muuttumattomana tuleville sukupolville. (Jacobs, 2020)

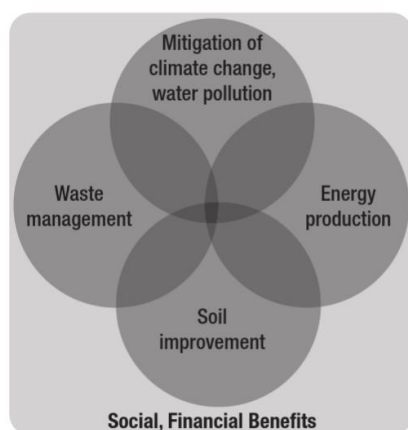
Yhteenvedona voidaan todeta, että Yhdysvalloissa suojelualueiden käyttö ja ylläpito vaikuttaa olevan hyvin koordinoitua ja säädeltyä toimintaa. Tästä konkreettinen esimerkki on NPS:n koostama 185-sivuinen suojelu-kohteiden ja -alueiden terveysriskien hallintaan liittyvä suosituskäsikirja alueiden ylläpidosta vastaaville tahoille, jossa annetaan suosituksia ja ohjeita muun muassa käymäläjätehuollon järjestämisestä. Lisäksi puistojen ylläpitoon on käytettävissä huomattavan suuret resurssit, jos verrataan esimerkiksi Suomeen ja Ruotsiin. Tähän kaikkeen vaikuttaa varmasti osaltaan suojelualueiden virkistyskäyttöön liittyvät pitkät perinteet. Vaikka kansallispuistokohtainen tarkastelu lopulta kohdistui vain yhteen kansallispuistoon, voidaan sen ja edellä kuvatun NPS:n suosituskäsikirjan perusteella luoda yleiskuvaa siitä, mihin suuntaan Yhdysvalloissa ollaan puistojen käymäläjätehuollon suhteen menossa. Nykytilan määrittäminen olisi edellyttänyt hyvin pitkää selvitysprosessia, joka ei olisi ollut mahdollista tämän selvitystyön yhteydessä. Lisäksi voidaan olettaa, että Yhdysvalloissa käytössä olevat kansalliset ohjeistukset käymäläjätehuollosta tasapäistävät toimintaa eri puistoissa. Tällöin aluekohtaiset erot eivät ole kovin suuria tai ainakin perustuvat samanlaiseen ohjeistukseen.

Yhdysvalloissa käymäläkulttuurin erityispiirteinä nousevat esiin Pack In – Pack Out - toimintamalli, joka ei tietävästi ole käytössä Suomessa sekä

maakuoppakäymälät. Viimeksi mainituilla vaikuttaisi Yhdysvalloissa olevan edelleen merkittävä rooli erityisesti kohteilla, jotka sijaitsevat syrjässä huoltoreiteiltä. Toimivaa ja melko huoltovapaata menetelmää on vaikea lähteä hetkessä muuttamaan varsinkaan silloin, kun yhtä toimintavarmoa ja vähällä huollolla toimivia korvaavia ratkaisuja ei ole tarjolla. Yhdysvaltojen osalta merkille pantavaa oli kuitenkin se, miten virtsan erotteluun perustuva käymälätekniikka oli nostettu vahvasti esille kansallisissa suosituksissa. Tämän voi ymmärtää selkeänä linjauksena siitä, mihin käymäläjätehuollon toivotaan kehittyvän tulevaisuudessa. Yleisökäymälän ympäristövaikutusten tarkastelussa oli havaittavissa painotuseroa verrattuna Suomessa vallalla olevasta näkökulmaan. Yhdysvalloissa huomioi kiinnittyi ensisijaisesti taudinaiheuttajista johtuvien hygieniariskien minimointiin, kun taas Suomessa keskistytään hygieniariskin lisäksi ravinteiden aiheuttaman rehevöitymisvaikutusten minimointiin tai estämiseen.

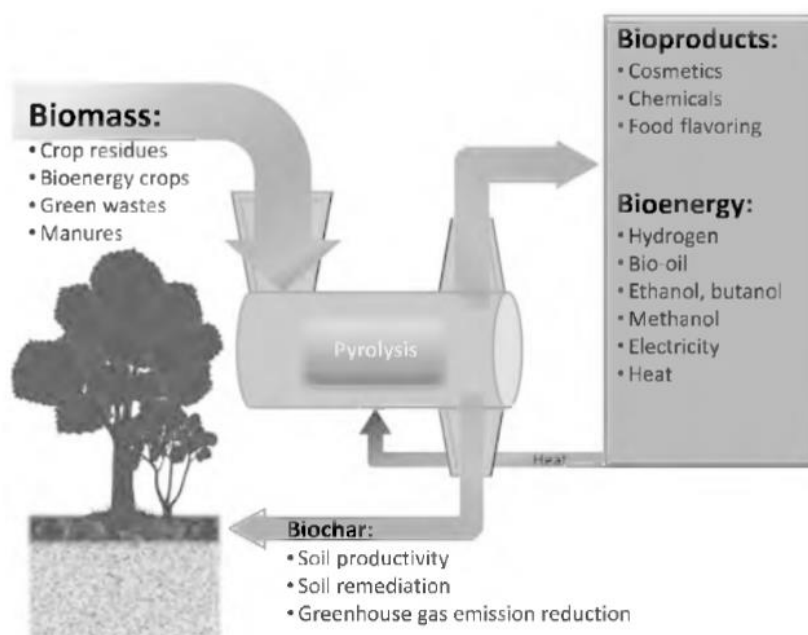
9 BIOHIILEN POTENTIAALI SUOTUONESTEEN HALLINNASSA

Hiiltynyt tai hiilretty orgaaninen materiaali on uusi vanha keksintö, jonka hyödyt on tunnettu jo vuosituhsia varsinkin maanparannusaineena ja lämmöntuotannossa. Varsinainen biohiilen tutkimustoiminta on käynnistynyt kunnolla vasta kymmenisen vuotta sitten ja tästä syystä tietyillä hyödyntämisen osa-alueilla on vielä paljon avoimia kysymyksiä, jotka hidastavat biohiilen käyttöönottoa (Lehmann & Joseph, 2015, s. 5). Tutkimustoiminnan lisääntymiseen ovat mitä ilmeisimmin vaikuttaneet ihmisten lisääntynyt ympäristötietoisuus sekä ilmastonmuutoksen vaikutukset ruuantuotantoon. Biohiilen liittyvää tutkimustoimintaa ja hyötykäyttöä perustellaankin maanparannuksen, jätteiden hallinnan, ilmaston muutoksen hillitsemisen, ravinteiden kierrätyksen ja energian tuotannon näkökulmasta (kuva 41). (Lehmann & Joseph, 2015, s. 7)



Kuva 41. Biohiileen perustuvat sovellukset liittyvät usein energian tuotantoon, maanparannukseen, ympäristönsuojeluun ja jätteiden käsittelyyn, jotka tuottavat sekä sosiaalista että taloudellista hyötyjä. (Lehmann & Joseph, 2015, s. 7).

Tavoitteena on kehittää uusia ympäristön kannalta kestäviä ratkaisuja energian ja ruoan tuotantoon sekä kehittää jätteenkierrätyksen avulla. Yksi tapa havainnollistaa biohiilen käyttöpotentiaalia on tarkastella asiaa biohiilijärjestelmänä (kuva 42), johon sisältyy ajatus resurssi- ja kustannustehokkuudesta. Järjestelmän keskiössä on pyrolyysiprosessi, jonka avulla laajasta kirjosta biomateriaaleja voidaan valmistaa biohiiltä erilaisiin ympäristöön liittyviin sovelluksiin, biotuotteita eri teollisuuden alojen tarpeisiin sekä bioenergiaa eri olomuodoissa. Itse pyrolyysiprosessi on biohiilijärjestelmässä käynnistettyään energiaomavarainen. (Lehmann & Joseph, 2015, s. 7)



Kuva 42. Biohiilijärjestelmä (Lehmann & Joseph, 2015, s. 7).

Seuraavassa avaan edellä mainittuja perusteita biohiilen käyttöönnotolle. Ensimmäisenä näistä on maanparannuskäyttö, jolla tavoitellaan yleensä parempaa satotuottavuutta. Korkeahiilipitoinen materiaali maaperässä parantaa mineralisaatiota, jolla lisätään maaperässä olevien mineraalien saatavuutta kasveille. Biohiilelle ominainen huokoinen rakenne parantaa maaperän fysikaalisia ja vesitaloudellisia ominaisuuksia lisäten maan vedenpidätyskykyä sekä ilmavuutta. Lisäksi hiilellä on myönteinen vaikutus maaperän mikrobitoimintaan. Vastaavanlaisia hyötyjä voidaan saavuttaa myös lisäämällä maaperään kompostia tai karjanlantaa. Suurin hyöty maanparannuskäytössä saavutetaan heikkolaatuisilla viljelysmailla. Hyvillä viljelysmailla maaperä on jo valmiiksi hyvässä kunnossa ja ravinteita on riittävästi, joten hyödytkin jäävät vähäisemmiksi. Käytettäessä biohiiltä maanparannusaineena, on hyvä muistaa, ettei kaikki biohiilet toimi välttämättä maaperässä halutulla tavalla. Myös biohiilen sisältämät haitta-ainepitoisuudet on oltava tiedossa, ettei käytöstä aiheudu haittaa ympäris-

tölle ja ihmisille. Biohiilen lisäys maaperään on myös tapa sitoa hiiltä pitkäaikaisesti maaperään, joka on pitkässä juoksussa eduksi ympäristölle. (Lehmann & Joseph, 2015, s. 8)

Pyrogeenisella hiilipitoisella materiaalilla on ollut jo pitkään tärkeä rooli ihmisen muokkaamalla viljelysmailla maanparannusaineena. Tunnetuimpana esimerkkinä pidetään Brasilian Amazonilta löydettyä erittäin ravinteikasta, jo yli 8000 vuoden ajan ihmisen muokkaamaa viljelysmaata, *Terra Preta* (suom. musta maa). Maaperässä olevat korkeat orgaanisen hiilen, typen ja fosforin määrät ovat peräisin viljelysmaahan levitettyjen kotitalousjätteiden, ulosteiden, hiiltyneen materiaalin ja tuhkan vaikutuksesta. Se, oliko toiminta tietoisista, ei ole voitu todistaa. Voidaan kuitenkin olettaa, että toiminnan tuomat hyödyt on huomattu ennen pitkää ja biomateriaalin ja hiiltyneen materiaalin levittämisestä on tullut tärkeä osa maanviljelystä. (Wiedner & Glaser, 2015, s. 30 - 31)

Muita esimerkkejä, joissa viljelysmaata on joko tietoisesti tai tietämättä parannettu hiiltynyttä materiaalia lisäämällä löytyy käytännössä kaikilta mantereilta. Tutkijat ovat löytäneet muun muassa Euroopasta, Kiinasta, Australiasta ja Etelä-Amerikasta korkeita orgaanisen hiilen määriä vanhoilta viljelysmaailta, joiden ravinnepitoisuudet ovat poikenneet merkittävästi vertailualueisiin nähden. Näiltä alueilta on maaperästä löytynyt usein myös silmin havaittavaa hiiltynyttä materiaalia, joka tukee edellä kuvattua ilmiötä. Syyt, miksi hiiltynyttä materiaalia on maaperässä ovat moninaiset mutta yksi yhteinen tekijä on tavalla tai toisella ollut ihmisen vaikutus. Syyt ovat olleet esim. kulkeutuminen karjanlannan tai muiden astutuksen jätteiden mukana pelloille tai vaikkapa metsien polton kuten kaskiviljelyn kautta. Japanista tunnetaan jopa kirjoituksia 1700-luvulta, joiden perusteella poltetun materiaalin lisääminen peltoon on ollut suositeltavaa ja todettu parantanut viljelykasvien kasvua. (Wiedner & Glaser, 2015, s. 20 - 21, 25 - 28)

Toisena biohiilen käyttöönottoa perustetelevana näkökulmana on ilmastomuutoksen vastainen työ ja ravinnekuormituksen aiheuttamien haittojen hallinta. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen, erityisesti CO₂:n osalta, on yksi tärkeimmistä ilmastomuutoksen hillitsemiseksi tehtäviä toimenpiteitä, johon biohiili tarjoaa yhden varteenotettavan ratkaisumallin. Tässä kohtaa biohiiltä on syytä tarkastella laaja-alaisemmin sen valmistusprosessin eli pyrolyysin ympärille muodostuvana systeeminä eikä niinkään yksittäisenä materiaalina. Merkittävin hyöty syntyy biomateriaalissa olevan hiilen sitomisella biohiilen muodossa kiinteäksi materiaaliksi, jolla vähennetään suoraan CO₂ - päästöjä ilmakehään. Samalla tuotetaan vähäpäästöisesti energiaa ja teollisuuden tarvitsemia aineita ja materiaaleja. Biohiilellä katsotaan olevan myös potentiaalia vesistöjen rehevöitymisen vastaisessa työssä, kun biohiilisysteemi toteutetaan maatalouden yhteydessä paikallisesti. Tämä tarjoaisi maatalouden biojätteiden käsittelyyn uudenlaisen käsittelytavan, jonka sivuvirroilla olisi lukuisia käyttökohteita esim. ravinnekierron tehostamisessa, ravinnehuuhtoumien hallinnassa

sekä toiminnassa vaadittavan energian tuotannossa. Biohiilisysteemiin perustuvan toimintamallin laajeneminen on kuitenkin monen tekijän summa. Tekninen kehitys, muut ilmastomuutokseen liittyvät toimenpiteet, taloudelliset suhdanteet, ympäristön tila sekä sosiaalinen hyväksyntä tällaista toimintaa kohtaa ohjaavat kehitystä myös ilmastonmuutoksen vastaisessa työssä. Uusien toimintamallien on myös jollain tapaa oltava taloudellisesti kannattavia, että ne herättävät kiinnostusta yrityksissä. (Lehmann & Joseph, 2015, s. 8 - 9)

Kolmas näkökulma on jätteiden käsittely, johon pyrolyysi tarjoaa vaihtoehtoisen vaihtoehdon polton ja kaasutuksen lisäksi. Pyrolyysi jätteen käsittelyprosessina sopii hyvin laajalle kirjolle erilaisia biomateriaaleja, eikä jätteen palakoko tai laatu vaikuta prosessiin suuremmin. Ainoa heikkous on hyvin märkä jäte, esim. liete, joka täytyy kuivata etukäteen. Ylimääräinen kuivatusvaihe vaatii energiaa ja heikentää prosessin tehokkuutta ja kannattavuutta. Toinen huomioitava seikka on pyrolysoitavan jätteen vaikutus biohiilen jatkokäyttöön sen sisältämien haitta-aineiden ja ominaisuuksien osalta. Pyrolysointi voidaan nähdä hyvänä vaihtoehtona kohteilla, joiden lähellä ei ole isoja jätteen käsittelylaitoksia. Tällöin säästetään jätteen kuljetuskustannuksissa ja vähennetään kuljetuksesta aiheutuvia päästöjä. (Lehmann & Joseph, 2015, s. 9)

Neljäntenä näkökulmana on energian tuottaminen biomateriaaleista. Pyrolysoinnilla saadaan biomateriaaleissa oleva energia hyötykäyttöön joko välittömästi lämpöenergian muodossa tai välillisesti prosessissa syntyviä korkealaatuisia nesteitä ja kaasuja hyödyntämällä esimerkiksi polttoaineena. Energian tuotannon näkökulmasta tehokkainta voi olla keskittymisen pyrolysoinnissa pelkästään maksimaaliseen nesteiden ja kaasujen tuotantoon, jolloin biohiilen määrä vähenee. Tämä ei välttämättä ole pitkällä aikavälillä kestävä ratkaisu, sillä panostamalla biohiilen tuotantoon voidaan parantaa biomassan kasvuolosuhteita ja tämä toisi enemmän hyötyjä myös energian tuotantoon. Bioenergialla ei kuitenkaan voida ratkaista lisääntyvään energian kulutukseen liittyviä ongelmia pelkästään mutta se voi olla merkittävä osatekijä tulevaisuuden energiaratkaisuja mietittäessä. Pyrolysoinnin etuina energiantuotannon muotona voidaan pitää prosessin joustavuutta syötteen osalta sekä prosessin skaalattavuutta erilaisille kohteille. Se soveltuu hyvin tilakohtaiseen jätteiden käsittelyyn mutta sen voi toteuttaa myös suurempana teollisena laitoksena. Toinen vahvuus on prosessin kyky tuottaa yhtä aikaa erilaisia hyötyjä, jolla toimintaan saadaan tehokkuutta. (Lehmann & Joseph, 2015, s. 10)

Kuten edellä kuvatussa selviää, on koko biohiilisysteemin ja sen tuomien yhteishyötyjen ymmärtäminen vähintään yhtä tärkeää kuin ymmärtää yksittäisen käyttötarkoituksen hyödyt. Prosessina pyrolyysi on syötteen, toiminnan skaalattavuuden ja tuottamiensa jakeiden puolesta monipuolinen esimerkki tulevaisuuden teknologiasta. Ehtona kestäväälle toiminnalle, on kuitenkin se, että osataan hyödyntää koko biohiilisysteemin osa-alueet te-

hokkaasti ja saavutetaan sen tarjoamat synergiaedut. Alaan liittyvä tutkimustoiminta on lisääntynyt viime vuosina räjähdysmäisesti ja tulevat vuodet näyttävät minkälaisia läpimurtoja tutkimuksessa tehdään. Pelkkä tutkimustoiminta ei kuitenkaan riitä vaan rinnalle tarvitaan käytännössä toimivia sovelluksia, jotka mahdollistavat kannattavan liiketoiminnan.

9.1 Mitä on biohiili?

Biohiili on biomateriaalista termokemiallisesti valmistettua hiiltä. Valmistusprosessi, jota kutsutaan pyrolyysiksi, tapahtuu hapettomassa tai vähähappisessa tilassa lämpötilan ollessa 250 °C – 700 °C lämpötilassa. (IBI, 2018a; Lehmann & Joseph, 2015, s.1).

Biohiilen erottaa muista hiilivalmisteista, kuten lämmön tuotantoon tarkoitettu puuhiilestä, sen ominaisuuksien ja käyttötarkoituksen perusteella. Merkittävin ero on biohiilen aromaattisten hiilyhdisteiden korkea määrä, joka vaikuttaa biohiilen mineralisaatio- ja adsorptiokykyyn. (Lehmann & Joseph, 2015, s. 1) Mineralisaatiolla tarkoitetaan orgaanisen aineen muuntumista epäorgaaniseksi ja adsorptiolla tarkoitetaan nesteissä tai kaasuissa olevien aineiden kiinnittymistä toisen aineen pintaan (Tieteen termipankki, 2013; Tieteen termipankki, 2019).

Kansainvälinen biohiilen tunnettuutta ja käyttöä edistävä organisaatio International Biochar Initiatives (IBI) on määritellyt biohiilen seuraavasti:

“Biochar is a solid material obtained from the thermochemical conversion of biomass in an oxygen-limited environment. Biochar can be used as a product itself or as an ingredient within a blended product, with a range of applications as an agent for soil improvement, improved resource use efficiency, remediation and/or protection against particular environmental pollution, and as an avenue for greenhouse gas (GHG) mitigation.” (IBI, 2015)

Biohiilestä keskusteltaessa on hyvä tuntee myös muutamia muita hiilipitoisia materiaaleja, jotta vältetään liialta yleistämiseltä termokemiallisesti valmistettujen hiilimateriaalien ominaisuuksista ja eroista. Listausta perustuu Lehmann, Pignatello, Bird & Josephin tekemään luokitteluun kirjassa Lehmann & Joseph (2015, s. 2 - 3). Seuraava luokittelu ei pyri olemaan täydellinen mutta se auttaa hahmottamaan biohiiltä suhteessa muihin korkeahiilipitoisiin materiaaleihin ja siihen liittyvään kirjajaan käsitteistöön.

Pyrogeeninen hiilipitoinen materiaali (Pyrogenic Carbonaceous Material, PCM) toimii kattokäsitteenä kaikelle termokemiallisella konversiolla tuotetulla materiaalille, joka sisältää orgaanista hiiltä.

Puuhiili (Charcoal) valmistetaan pääosin puusta lämmöntuotannon tarkoituksiin esimerkiksi grillihiileksi. Käytännössä biohiilen ja puuhiilen tuo-

tantotapa on sama mutta syötteen palakoko on suurempaa. Puuhiilen tuotannossa syntyvää pienempää hiiliraetta ei voi käyttää grillihiilenä, joten sitä voidaan hyödynnetään biohiilen tapaan.

Aktiivihiili (Activated Carbon, AC) on hiiltä, jonka ominaisuuksia on muokattu käsittelemällä sitä esimerkiksi vesihöyryllä tai kemiallisesti ennen käyttöä. Aktivoinniksi kutsutulla menetelmällä parannetaan hiilen kykyä sitoa haluttuja aineita itseensä. Aktiivihiiltä käytetään yleensä suodattimissa poistamaan ei-haluttuja aineita esimerkiksi ilmasta tai nesteestä.

Musta hiili tai noki, (Black Carbon, BC) syntyy epätäydellisen palamisen yhteydessä esimerkiksi metsäpalojen yhteydessä tai poltettaessa fossiilisia polttoaineita. Musta hiili sisältää paljon epäorgaanista hiiltä ja se on haitallinen ympäristölle, sillä sen pienhiukkaset sitovat tehokkaasti auringon lämpösäteilyä maapallon ilmakehässä ja maanpinnalla jäätikköalueilla ja kiihdyttää näin ilmastonmuutosta. (kts.myös HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, 2017).

Hydrohiili (hydrochar) on pyrolyysiprosessilla valmistetun biohiilen kaltainen kiinteä aine, jota valmistetaan hydrotermisellä hiilestämisprosessilla (HTC). Hydrohiilen raaka-aineena voidaan käyttää valmiiksi nestemäisiä raaka-aineita kuten lietettä. Hydrohiilen ominaisuudet eroavat pyrolyysissä tuotetusta biohiilestä muun muassa korkeampana vety - hiili (H/C) alkuainesuhteena sekä matalampana aromaattisten hiiliyhdisteiden määrällä. (kts. myös alkuperäislähteet Libra at all, 2011; Schimmelpfennig and Glaser, 2012).

9.2 Biohiilen valmistus

Biohiili kuten muutkin korkeahiilipohjaiset materiaalit muodostuvat biomateriaalin termokemiallisen hajoamisen yhteydessä. Kriittisenä tekijänä prosessissa on happi, joka säästelee hajoamisprosessia. Kun biomateriaalia kuumennetaan riittävästi, alkaa siitä haihtua erilaisia kaasuja ja yhdisteitä. Tätä vaihetta kutsutaan pyrolyysiksi. Kun prosessin lisätään happea biomateriaalista haihtuvat kaasut syttyvät palamaan ja tätä vaihetta kutsutaan palamisvaiheeksi. Se, miten paljon happea prosessissa on, vaikuttaa suoraan biomateriaalin hajoamisasteeseen. Hapen määrä määritellään ekvivalenssi suhdeluvulla (equivalence ratio), jossa verrataan prosessireaktoriin olevaa happimolekyylien (O_2) määrää ja syötemateriaalin täydelliseen palamiseen vaadittavaa happimolekyylien (O_2) määrää. Varsinaista hape-tonta prosessia kutsutaan pyrolyysiksi kun taas vähähappisessa prosessissa kyse on yleensä pyrolyyttisestä kaasutuksesta. (Boateng ym., 2015, s. 63)

Biohiiltä muodostuu hyvin monen eri termokemiallisen prosessin yhteydessä. Biohiilen saantomäärään ja sen ominaisuuksiin vaikuttavat suoraan prosessin aikaiset olosuhteet, kuten prosessin korkein lämpötila, lämpöti-

lan nostonopeus, kiinteän aineen ja kaasujen viipymäaika reaktorissa, ilmanpaine ja hapettimen määrä ja laatu. Sama pätee myös nesteisiin ja kaasuihin eli prosessin olosuhteita muuttamalla voidaan saavuttaa hyvin erilaisia lopputuloksia ja tuotostmääriä. (Boateng ym., 2015, s. 65 - 66) Termokemialliseen konversioon perustuvien teknologioiden monipuolisuus sekä tuotejakauman vaihtelujen suuruus käy hyvin ilmi alla olevasta taulukosta (taulukko 5).

Taulukko 5. Taulukko biomassan termokemialliseen konversioon perustuvista menetelmistä ja lopputuotteiden jakaumista. Taulukko on suora suomennos alkuperäisestä Boateng ym. (2015, s. 66) koostamasta taulukosta.

Termokemiallinen menetelmä	Lämpötila (°C)	Prosessia määrittäviä	Kaasu %	Neste %	Kiinteä aines %	Tavoiteltu päätuote
Hiiltäminen	300-1200	Ilmatiiveys, viipymäaika, syötteet	60-75	3-5	10-35	Puuhiili; kiinteä polttoaine ja teollisuuden polttoaine
Pyrolyysi (bioöljy)	400-600	Lämmön nostoaste, viipymäaika, syötteen palakoko, kaasun virtausmäärä	20-40	40-70	10-25	Bioöljy; kemialliset tuotteet ja polttoaineet
Pyrolyysi (biohiili)	300-700	Viipymäaika, lämmön nostoaste	40-75	0-15	20-50	Biohiili; maanparannusaine, hiilen sidonta, ympäristön suojelu
Kaasutus	500-1500	Hapetin, ekvivalenssisuhde	85-95	0-5	5-15	Synteetikaasu; polttoaine lämmön ja sähkön tuotantoon ja nesteytetty kaasu
Hydroterminen prosessi	200-400	Paineistus, liuottimen laatu ja suhde(esim. vesi)	0-90	0-80	0-60	Erilaisia kemiallisia tuotteita
Poltto	1000-1500	Riittävä ilmamäärä täydelliseen palamiseen(hajoamiseen).	95	0	5	Energia muunnetaan lämpöenergiaksi

Biohiilen valmistuksessa olevat pyrolyysireaktorit jaetaan tavallisesti prosessin korkeimman lämpötilan ja lämpötilan nostontahdin perusteella hitaan pyrolyysin ja nopean pyrolyysin reaktoreihin, sillä edellä mainitut muuttujat vaikuttavat suoraan prosessin keston. Alhainen prosessin korkein lämpötila ja hidas lämmönnostotahti edellyttävät pidemmän viipymäajan reaktorissa, jotta hiiltymisen tapahtuu riittävällä tavalla. Hitaassa pyrolyysissä lämmönnostotahti on yleensä alle 100 °C / minuutti kun nopeassa pyrolyysissä se voi olla jopa useita satoja asteita sekunnissa. Nopean pyrolyysin laitoksissa syötteen palakoko on oltava hyvin pientä, tyypillisesti alle 2 mm, jotta termokemiallinen vaikutus syötteessä etenisi tasaisesti (Boateng ym., s. 73). Kun prosessi on hidas, ei palakoolla ei ole niin suurta merkitystä. Tämä mahdollistaa käyttämään laajempaa kirjoa erilaisia biomassoja syötteenä. Hitaan pyrolyysin laitokset ovat perinteisesti keskitty-

neet tuottamaan päätuotteena hiiltä, kun taas nopean pyrolyysin reaktorit, ovat painottuneet kaasumaisten ja nestemäisten tuotteiden tuotantoon. (Boateng ym., 2015, s. 66 - 68)

Hitaan pyrolyysin reaktorit ovat yleensä joko yksinkertaisia ilmatiiviisti suljettuja umpinaisia säiliöitä eli polttokattiloita tai retortteja. Merkittävin ero edellä mainituilla on se, että retortista voidaan kerätä pyrolyysin yhteydessä syntyvät nesteet ja kaasut talteen. Perinteinen polttokattila on ollut jo pitkään käytössä nimenomaan lämpöenergian tuottoon tarkoitetun hiilen tuotannossa. Usein reaktorit ovat panostoimisia eli reaktori ladataan syötteellä ja tyhjennetään pyrolysoinnin jälkeen. Jatkuvat toimisissa reaktoreissa prosessi voidaan pitää käynnissä koko ajan, jolloin tuotanto erityisesti kaasun osalta on tasaista ja kaasua voidaan hyödyntää reaktorin vaatiman lämpöenergian tuotannossa. Nopean pyrolyysin reaktorit eroavat tekniikaltaan hitaan pyrolyysin reaktoreista. Tarve nopeaan lämmönostoon prosessin aikana sekä pääasiallisesti tavoiteltujen lopputuotteiden, nesteiden ja kaasujen, kerääminen edellyttää erilaisia teknisiä ratkaisuja. Nopean pyrolyysin reaktoreissa voidaan käyttää esimerkiksi kaasuvirtaukseen perustuvaa fluidisaatiota eli leijuntaa tai biomassaa voidaan sekoittaa kuumennettuun väliaineeseen kuten hiekkaan, jotta hienojakoinen biomassaa saadaan nopeasti pyrolysoitua halutussa lämpötilassa. Biohiileksi laskettavaa tuotetta muodostuu aina pyrolyysin sivutuotteena, oli kyseessä sitten hidas tai nopea pyrolyysi. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että prosessissa muodostuneen biohiilen ominaisuudet olisivat samanlaiset. Nopeassa pyrolyysissä muodostuva biohiili on hyvin hienojakoista ja vaikeasti käsiteltävää. Lisäksi prosessin aikana käytetty väliaine tai kaasu voi vaikuttaa merkittävästi biohiilen ominaisuuksiin. (Boateng ym., 2015, s. 68 - 69)

Biohiilen sertifiointiin on olemassa kaksi erillistä vapaaehtoisuuteen perustuvaa sertifiointijärjestelmää, European Biochar Certificate (EBC) ja Biochar Certification Program (IBI). Sertifiointijärjestelmissä on jonkin verran eroja esimerkiksi sertifiointiprosessin ja biohiilessä sallittujen PAH- ja raskasmetallijäämien raja-arvoissa (IBI & EBC, 2014). Yhtenäistä sertifiointijärjestelmille on lisätä biohiilestä käyttäjille annettavan tiedon laatua sekä luoda raamit ympäristön kannalta turvallisella raaka-aineella, jota voi käyttää maaperään ja ympäristöön liittyvissä sovelluksissa. (European Biochar Foundation, 2013; IBI, 2018b) Suomesta sertifiointiin (EBC) piirissä on ainakin Tampereella toimiva CARBOFEX, joka tuottaa kuusesta valmistettua biohiiltä (CARBOFEX, 2018).

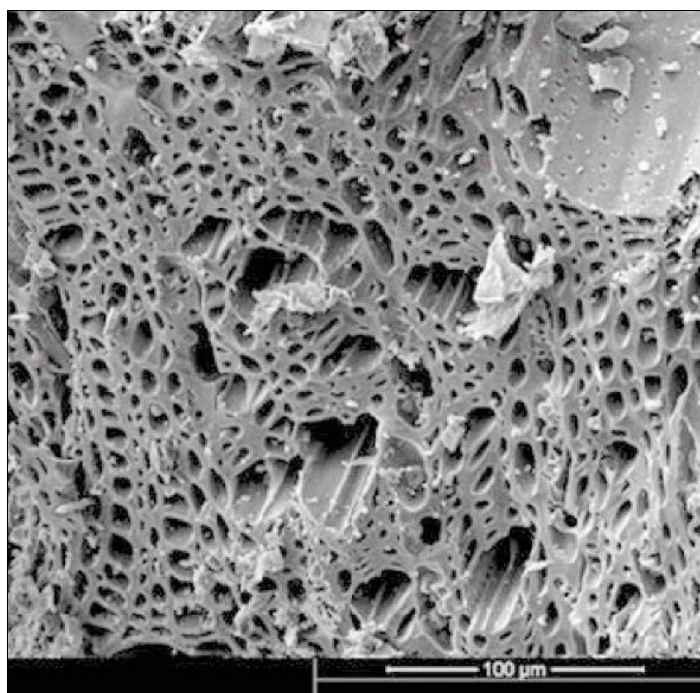
9.3 Biohiilen rakenne ja ominaisuudet

Tämän luvussa esitetyt asiat perustuvat Weberin & Quikerin (2018) tekemään artikkeliin biohiilen ominaisuuksista, ellei toisin ole mainittu. Biohiilen koostumuksen tunteminen on tärkeää, jotta voidaan arvioida sen soveltuvuutta eri käyttötarkoituksiin. Biohiilen fysikaalinen ja kemiallinen ra-

kenne riippuu pitkälti siitä, mistä biomassasta se on valmistettu. Myös varsinaisella termokemiallisella käsittelyllä vaikutetaan biohiilen lopulliseen koostumukseen ja ominaisuuksiin. Lämpökäsittelyllä pyritään ensisijaisesti muuttamaan biomassan kemiallista rakennetta haihduttamalla aineita kuten happea ja typpeä sekä samalla nostamaan aineen hiilipitoisuutta. Merkittävimmät muutokset tapahtuvat 200 – 400 asteen lämpötilassa mutta muutoksia tapahtuu tämänkin jälkeen.

Biohiili on korkeahiilipitoista ainetta, joka on rakenteeltaan hyvin huokoista, kevyttä ja stabiilia ainetta. Sillä on huokoisen rakenteensa asioista adsorbtioon perustuva kyky sitoa vedessä ja kaasussa olevia aineita. Lisäksi sen huokosmainen rakenne sitoo tehokkaasti vettä. Rakenteensa takia biohiilellä on painoonsa nähden hyvin suurin pinta-ala, jopa yli 500 m²/g. Iso pinta-ala mahdollistaa korkean kationinvaihtokapasiteetin, johon biohiilen adsorbointikyky pitkälti perustuu.

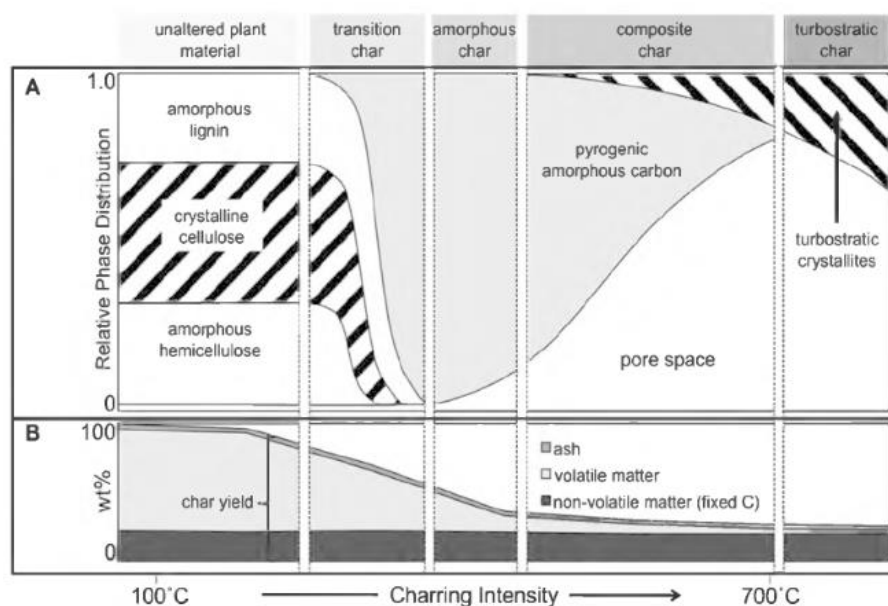
Biomassa koostuu pääsoin selluloosasta, hemiselluloosasta ja ligniinistä. Lisäksi biomassassa on yleensä jonkin verran vettä. Pyrolyysin aikana biomassasta haihtuu ensin vesi ja tämän jälkeen selluloosa, hemiselluloosa ja lopuksi ligniini. Pyrolyysin aikana aineen pinnalla olevat, pääsoin hapestä ja vedystä muodostuvat, funktionaaliset ryhmät alkavat hajota molekyylien haihtuessa kaasumaisena aineena. Jäljelle jäävät hiiliatomit alkavat muodostaa aromaattisia hiiliyhdisteitä ja haihtuneiden aineiden tilalle muodostuu huokosia (kuva 43). Huokokset ovat eri kokoisia ja ne luokitellaan kolmen eri ryhmään: makrohuokosiin (1000-0,05 µm), mesohuokosiin (0,05-0,002 µm) ja mikrohuokosiin (0,05-0,0001 µm). Suurin osa huokosista on mikrohuokosia, joiden määrä korreloi suoraan biohiilen huokosten kokonaistilavuuteen ja kokonaispinta-alaan.



Kuva 43. Hitaasti pyrolysoidun puuperäisen materiaalin huokosrakenne kuvattuna mikroskoopilla. Kuvassa nähdään eri kokoisia huokosia, joita muodostuu pyrolysoinnin aikana. (Chia, Downie & Monroe ym., 2015, s. 100).

Lämpötilan noustessa aineen hiilipitoisuus kasvaa ja aineesta tulee entistä stabiilimpaa (kuva 44). Samalla aineen pinnalla olevien funktionaalisten ryhmien määrä vähenee ja niiden rakenne yksikertaistuu atomien haihtuessa. Funktionaalisten ryhmien väheneminen heikentää biohiilen kationinvaihtokykyä, sillä kationinvaihtopaikkojen määrä vähenee aineen pinnalla. Toisaalta pinta-alan lisääntyessä uusia kationinvaihtopaikkoja syntyy lisää. Funktionaalisten ryhmien hajoaminen johtaa aineen emäksisyyden nousuun. Emäksisyyteen vaikuttaa myös biohiilessä oleva tuhka, jota syntyy termofilisen prosessin aikana. Lopullisen tuhkan määrään vaikuttavat sekä prosessin korkein lämpötila että käytettävän biomassan tuhkapitoisuus. Huokosten määrä lisääntyy lämpötilan noustessa mutta korkeissa lämpötiloissa, 700 astetta ja yli, kiinteän aineen määrä alkaa vähenemään ja aineen kokonaispinta-ala voi näin ollen kääntyä laskuun.

Biohiilen hiiltymisastetta voidaan arvioida aineessa olevan vedyn ja hapen esiintymistä hiiliatomeihin nähden eli suhdeluilla H/C tai O/C . Suurimmat muutokset atomien välisissä suhteissa tapahtuu lämpötilavälillä 250 - 350 astetta, jonka jälkeen muutokset eivät ole enää suhteessa lämpötilanostoon yhtä suuria. Käytännössä O/C suhde saavuttaa nollatason lämpötilan ollessa 700 astetta. Vastaava tilanteen saavuttaminen H/C suhteen osalta edellyttää jopa 1000 asteen lämpötilaa. Lämpötilan noustessa aromaattiset hiiliyhdisteet alkavat muodostamaan turbostraattista kristalliittia eli grafiittia, joka on lasimaista kovaa hiiltä (Kleber, Hockaday & Nico., 2015, s.112).



Kuva 44. Kasviperäisen biomassan molekyyli­rakenteen tapahtumaketju fyysisten ja kemiallisten ominaisuuksien ja hiiltymisasteen osalta

(A) sekä hiiltyneen materiaalin koostumus (B) pyrolysoinnin lämpötilan kasvaessa. (Kleber ym., 2015, s. 113)

Yllä olevaa kuvaa tulkittaessa on syytä muistaa, että eri termokemiallisesti käsiteltävät biomassat voivat käyttäytyä eri tavoin ja biohiilen lopullisiin ominaisuuksiin vaikuttavat alkuperäisen biomassan rakenteen ja kemiallisen koostumuksen lisäksi pyrolyysiprosessin aikaiset muuttujat kuten prosessin korkein lämpötila, lämpötilan nostonopeus, prosessin kesto ja palakoko sekä palan muoto. (Kleber ym., 2005, s. 132)

Biohiilellä on havaittu olevan sekä vettä hylkiviä että vettä pidättäviä ominaisuuksia, joiden toiminnallisuutta ei vielä täysin ole pystytty selittämään. Se kuitenkin tiedetään, että lämpökäsittelyn aikaansaamat muutokset biohiilen pinnalla olevissa funktionaalisissa ryhmissä aiheuttavat hydrofobisuutta eli lisäävät veden hylkimistä. Tämä voi estää veden pääsemistä sisälle huokosmaiseen rakenteeseen. Vedenpidätyskyky säilyy kohtuullisissa lämpötiloissa, noin 300 asteessa, joka jälkeen aine muuttuu hydrofobiseksi. lämpötilan edelleen noustessa yli 500 asteen hydrofobisuus kuitenkin vähenee, mikä ilmeisimmin johtuu lisääntyvän huokosrakenteen ja hydrofobisuutta aiheuttavien funktionaalisten ryhmien hajoamisen yhteisvaikutuksesta. Biohiilen vedenpidätyskyky riippuu pitkälti huokosrakenteesta ja sen tilavuudesta, jolloin vedenpidätyskyky katsotaan olevan sitä parempi mitä suurempi huokosrakenne tilavuudeltaan on.

Biohiilen ominaisuuksia voidaan muokata aktivoimalla sitä esimerkiksi vesihöyryllä tai fosforihapolla, joilla voidaan lisätä biohiilen huokosrakennetta ja näin lisätä sen adsorptiokapasiteettia (Oaks, 2019, s. 260). Kaikki termokemiallisesti käsitellyt materiaalit, mukaan lukien biohiili, reagoivat helposti kaasumaisten aineiden kanssa. Reaktiot kaasujen kanssa tapahtuvat aineen pinnalla. Esimerkiksi biohiilen pinnan altistaminen hapelle pienentää sen kokonaispinta-alaa mutta lisää sen kykyä adsorboida erilaisia aineita (Oaks, 2019, s.248).

Biohiilen käyttötarkoituksen määrittämisessä on tärkeää huomioida huokosten koon vaikutus. Makrohuokokset toimivat yleensä adsorboitavien aineiden kuljetuskanavina pienemmille mikrohuokosille. Ne ovat yksittäisesti ja epätasaisesti esiintyviä suurempia huokosia, jotka ovat osoittautuneet hyödylliseksi erityisesti biohiilen maanparannuskäytössä, sillä isot huokokset tarjoavat elinympäristöjä maaperän mikrobeille sekä kasvutilaa kasvien juuristolle. (Chia ym., 2015, s. 99) Makrohuokosia pienemmät mesohuokokset on taas todettu tehokkaiksi adsorboimaan nesteisessä olevia aineita (Chia ym., 2015, s. 97). Mikrohuokosilla on keskeinen rooli biohiilen kokonaispinta-alan muodostumisessa mutta toisinaan mikrohuokosten pieni koko voi kuitenkin estää joidenkin haluttujen aineiden pääsyn ja sitoutumisen huokosiin. Myös käytettäessä biohiiltä maaperän veden sidonnassa voi käydä niin, että mikrohuokosten vedenpidätyskyky on liian voimakas kasvien juurille, jolloin kasvit eivät voi hyödyntää mikrohuokosissa olevaa vettä. Tästä huolimatta biohiilen vedenpidätyskyky perustuu

yleensä maksimaalisen pinta-alan muodostamiseen, jossa mikrohuokosten määrä on keskeisessä asemassa.

9.4 Biohiilen käyttökelpoisuus kuivakäymälästä peräisin olevan ravinnepitoisen nesteen käsittelyssä

Biohiilen käytettävyyttä veden ja jäteveden puhdistuksessa on tutkittu lukuisien tutkimusten yhteydessä. Kattavasti tätä tutkimuskenttää kuvaavat muun muassa Gwenzi, Chaukura, Noubactep & Mukome (2017). He tuovat esille biohiilen potentiaalinen matalan hintaluokan puhdistusratkaisuna, lukuisten eri aineiden osalta, monen muun nykyisin tunnetun ja käytössä olevan kohtuuhintaisen vedenpuhdistustekniikan rinnalle.

Biohiilen suodatuskyky perustuu pitkälti sen huokoiseen rakenteeseen sekä sen suureen kokonaispinta-alaan, joka luo sille suuren adsorptiokapasiteetin. Adsorptiokykyyn vaikuttavien tekijöiden hallinta ja ennakoiminen eri käyttöympäristöissä asettaa kuitenkin haasteita biohiilen käytännön sovelluksille. Oman lisänsä tähän yhtälöön tuo biohiilien heterogeenisuus sen fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien osalta, joihin vaikuttavat sekä biohiilen alkuperäinen biomassa, että valmistuksen aikaiset muutujat. (Gwenzi, Chaukura, Noubactep & Mukome, 2017, s. 22 - 23)

Adsorptiokykyyn vaikuttavat myös muun muassa pH, huokosten koko suhteessa aineisiin, joita halutaan sitoa sekä sähköiset varaukset biohiilen pinnalla ja niihin vaikuttavat aineet nesteessä. Osin edellä mainituista tai tässä mainitsemattomista syistä on myös tutkimuksia, joiden mukaan biohiilen ei ole havaittu sitovan haluttuja aineita tai puhdistustulos on ollut hyvin vähäinen kuten Perez-Mercado, Lalander, Joel, Ottoson, Dalahmeh & Vinnerås (2019) ovat omassa tutkimuksessaan todenneet.

Tämän selvitystyön kannalta kiinnostus biohiilen kykyyn sitoa aineita kohdistuu lähinnä ravinnekuormitusta ja ympäristön pilaantumista aiheuttaviin kuivakäymälästä peräisin oleviin aineisiin kuten typpeen, fosforiin sekä ulosteperäisiin taudinaiheuttajiin. Biohiilen kykyä sitoa edellä mainittuja aineita on selvitty muun muassa Mercado, Lalander, Berger & Dalahmeh (2018), joiden tutkimuksessa vertailtiin eri biohiilien suodatuskykyä sekä keinotekoisella että aidolla jätevedellä. Koejärjestely sisälsi sekä laboratoriotestejä että yhden kenttäkokeen, jossa asuinkiinteistön jätevedet puhdistettiin biohiilisuodatuskentässä. Tutkimuksessa todettiin biohiilellä olevan sen huokoisen rakenteen, suuren kokonaispinta-alan ja nesteitä pidättävän ominaisuuden takia tavanomaista hiekkaa suurempi kapasiteetti käsitellä nesteitä. Suodatuskokeiden perusteella biohiilellä todettiin olevan kyky poistaa vedessä olevia ravinteita kuten typpeä, fosforia ja taudinaiheuttajia jopa paremmin mitä perinteisellä hiekkaan perustuvalla suodatuksella. Orgaanisen aineksen osalta päästiin yli 90 %:n puhdistustulokseen, kun taas typen osalta saavutettu puhdistusteho vaihteli 50 - 88 %:n välillä riippuen kuormitustasosta ja biohiilestä. Myös Lee, Cheng, Wong, &

Wang (2018) päätyivät omassa tutkimuksessa vastaavanlaiseen päätelmään orgaanisen aineksen puhdistustuloksen osalta. Fosforin osalta puhdistustulos vaihteli, ollen yli 86 % aktivoitulla ja aktivoimattomalla paju-pohjaisella biohiilellä kun taas mänty - kuusipohjainen biohiili kykeni vain 62 %:n puhdistustulokseen. Vertailukohteena olleen hiekan puhdistustulos oli 75 - 83 %. Kaikkien suodatinmateriaalien osalta havaittiin fosforin puhdistustehon heikkenevän kokeen aikana. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin biohiilen kykenevän adsorboimaan ravinteita heti suodatuksen alusta lähtien ja se pystyi tarjoamaan ravintoa mikrobeille paljon laaja-alaisemmin, mitä verrokkina ollut hiekka. Tutkimuksen perusteella sekä paju- että mänty - kuusipohjaista biohiiltä voi pitää varteenotettavana suodatinmateriaalina erityisesti orgaanisen aineksen ja typen sidonnan osalta. Orgaanisen aineksen suodatus toimi yhtä hyvin kaikilla testatuilla raekooilla, 0,7-5 mm, mutta typen poiston osalta tehokkain puhdistusteho saavutettiin 1,4 mm raekoolla. (Mercado ym., 2018, s. 16)

Biohiilen soveltuvuudesta hulevesien kaltaisten nesteiden puhdistuksessa on myös saatu lupaavia tuloksia Reddy, Xie & Dastgheibi (2014) tutkimuksessa, jossa selvitettiin biohiilen kykyä suodattaa taudinaiheuttajia ja ravinteita keinotekoisesta hulevedestä. Laboratoriotutkimuksessa todettiin biohiilen puhdistustehoksi typen osalta 86 % ja fosforin osalta 47 %. Veteen lisätyn *E.coli* bakteerien vähenemä oli vain 27 %.

Hanandeh, Albalasmeh & Gharaibeh (2017) ovat selvittäneet fosforin sitomista jätevedestä. Tutkimuksessa verrattiin kahden eri biohiiliraekoon (0,39 mm ja 0,49 mm) suodatuskykyä, kun biohiilet olivat sekoitettuna hiekan sekaan. Jätevesi oli jätevesilaitoksen prosessialtaasta otettua kirkastettua vettä. Tarkoitus oli selvittää biohiilen soveltuvuus jäteveden toissijaisena puhdistusmenetelmänä. Laboratoriokokeissa selvisi, että karkeamman biohiilen ja hiekan puhdistusteho vaihteli 78,7 – 82,5 välillä kun taas hienoksi jauhetun biohiilen ja hiekka puhdistusteho vaihteli 56,3 – 82,5 % välillä. Koejärjestely kesti 10 viikkoa eikä suodattimien tukkeutumista esiintynyt.

Biohiilen käsittely rautasulfaatilla on havaittu parantavan biohiilen kykyä sitoa erityisesti fosforia kuten Basnet (2015, s. 41) laboratorioskokeissaan on osoittanut. Kokeessa verrattiin kahta biohiiltä, jotka molemmat käsiteltiin rautasulfaatilla. Vertailukohteena oli samat biohiilet ilman käsittelyä sekä hiekka. Suodatettava neste oli keinotekoisesta harmaasta jätevedestä. Molempien rautasulfaatilla käsiteltyjen biohiilien osalta puhdistusteho oli välillä 39 – 41 %, mikä osoittautui selvästi paremmiksi mitä käsittelemättömät biohiilet tai hiekka pystyi.

Biohiilen kyky sitoa fosforia on useamman tutkimustuloksen mukaan ollut optimaalisin pH:n ollessa 4 ja 6 välillä riippuen biohiilestä ja sen aktivoimisesta (Kilpimaa, Runtti, Kangas, Lassi & Kuokkanenä (2015). Myös Trazzi, Leahy, Hayes & Kwapinski (2016) tekivät vastaavanlaisen havainnon fosfo-

rin osalta omassa tutkimuksessaan. Lisäksi he havaitsivat, että fosforin sitoutuminen biohiileen lisääntyy lämpötilan noustessa. (Trazzi ym., 2016, s. 40 - 41, 45 - 46)

On myös huomioitava se, että biohiilellä on maaperässä ollessaan kyky nostaa maaperän omaa kationinvaihtokykyä, millä voidaan hillitä ravinteiden huuhtoutumista maaperässä. (Liang ym. 2006, s. 1728) Tämä voi olla merkityksellinen näkökulma etenkin silloin, jos mietitään maaperään sijoitettavia biohiilisuodatuskenttiä ja niiden kykyä estää ravinnehuuhtoumia pohjaveteen.

Biohiilen käyttö vedessä olevien orgaanisten tai epäorgaanisten aineiden ja taudinaiheuttajien suodatuksessa on edellä esitellyistä tutkimustuloksista huolimatta hyvin moniulotteinen ja vaikeasti ennakoitava asia. Biohiilen adsorptioon perustuva potentiaali suodatinmateriaali tunnetaan hyvin mutta sen adsorptiokykyyn vaikuttavien tekijöiden hallinta ja ennakoiminen eri käyttöympäristöissä asettaa haasteita biohiilen käytännön soveluksille. Oman lisänsä tähän yhtälöön tuo biohiilien heterogeenisuus fyysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien osalta, joihin vaikuttavat sekä käytetty biomassa että valmistuksen aikaiset muuttujat. (Gwenzi, Chaukura, Noubactep & Mukome, 2017, s. 22 - 23)

Olemassa olevan tutkimustiedon perusteella biohiilessä on potentiaalia kuivakäymälöiden ravinnepitoisen ja taudinaiheuttajien sisältävän nesteen käsittelyssä. Tätä varten tulisikin testata korkeassa lämpötilassa 500 – 700 valmistettujen biohiilien eri raekokojen suodatuskykyä kuivakäymälän suotonesteellä sekä puhtaalla virtsalla, jotta saataisiin selville mahdollinen suodatuskyky typen ja fosforin osalta. Samalla tulisi ainakin suotonesteen osalta selvittää biohiilien kyky suodattaa taudinaiheuttajia. Käytännön sovelluksen kannalta on tärkeä selvittää myös se, missä vaiheessa biohiili menettää kyvyn ravinteiden sidontaan tai se merkittävästi heikkenee. Lisäksi tulisi miettiä etukäteen sopiva tekninen ratkaisu tai menetelmä biohiilisuodattimen vaihtoon maasto-olosuhteissa.

Biohiilen kyky tehostaa maaperän luontaista kykyä ravinteiden sitomisessa on myös varteenotettava näkökulma mietittäessä biohiilen perustuvaa sovellusta kuivakäymälänesteiden käsittelyssä. Lisäämällä maaperään biohiiltä, jossa on erityisesti maaperän pieneliölle elinympäristöksi soveltuvan kokoisia huokosia, voitaisiin tehostaa maaperän luontaista kykyä käsitellä jätevesiä samaan tapaan mitä Mercado ym. (2018) ovat tutkimuksessaan kokeilleet. Myös biohiili kyky parantaa maaperän omaa kationinvaihtokykyä voisi omalta osaltaan tehostaa maaperän kykyä sitoa ravinteita.

10 KANSALLISPUISTOJEN KÄYMÄLÄJÄTEHUOLTO SUOMESSA KOLMEN ESIMERKKIKOHTEN KAUTTA TARKASTELTUNA

Työn tavoitteen saavuttamisen kannalta on tärkeä ymmärtää, miten käymäläjätehuolto on Suomen luonnon virkistyskäyttöalueilla järjestetty ja minkälaisia toimintaympäristöstä johtuvia rajoitteita asiaan liittyy. Tätä varten tein käymäläjätehuoltoselvitykset kolmeen eri kansallispuistoon, Sipoonkorpeen, Rokualle ja Pyhä-Luostolle. Selvitykseen osallistuvat kansallispuistot valittiin yhdessä työn tilaajan, Metsähallitus Luontopalvelut, kanssa. Tavoitteena oli valita alueet, joiden avulla saataisiin yleiskäsityksen vallitsevasta tilanteesta käymäläjätehuollon osalta siten, että alueelliset erityispiirteet etelä - pohjoissuunnassa tulevat esiin. Pinta-alaltaan suurimmat kansallispuistot rajattiin heti valintojen alkuvaiheessa pois maastotöihin käytettävän rajallisen ajan takia.

Kansallispuistokohtaisten selvitysten alkuosassa keskitytään esittelemään kansallispuiston perustiedot, alueen erityispiirteet sekä maastossa oleva palveluverkosto. Tämän lisäksi esitellään alueen kävijäseurantatietoja alueelle kohdistuvien käyntien ajallisen viipymän näkökulmasta. Näitä osioita seuraa varsinainen käymäläjätehuoltoselvitys, joka pyrkii antamaan yleiskuvan kansallispuiston käymäläjätehuollosta kesällä 2019.

10.1 Sipoonkorven kansallispuiston käymäläjätehuoltoselvitys

Sipoonkorven kansallispuiston osalta selvitys sisälsi kenttähenkilökunnan haastatteluja sekä maastossa että puhelimesta. Lisäksi tietoa kerättiin julkaistuista ja julkaisemattomista Metsähallituksen materiaaleista ja tietokannoista. Selvitykseen sisältyi myös maastotyövaihe, jonka aikana havainnoitiin kaikki alueen yleisökuivakäymälät. Jokaisesta käymäläkohteesta kerättiin tiedot erilliselle maastolomakkeelle (liite 12). Maastolomakkeen koostamisessa on käytetty apuna Mehtätalon (2009) tekemää maastotietolomaketta, jota hän käytti vastaavanlaisen selvityksen tekemiseen. Kaikkea edellä mainittua aineistoa on käytetty apuna hahmotettaessa alueen käymäläjätehuollon toimintaympäristöä, nykytilaa, sekä toiminnassa esiintyvät keskeiset haasteet.

10.1.1 Taustatietoja Sipoonkorven kansallispuistosta ja sen käytöstä

Sipoonkorven kansallispuisto sijaitsee Helsingin, Sipoon ja Vantaan kaupunkien alueella. Kansallispuisto perustettiin vuonna 2011 ja sen pinta-ala on noin 2300 hehtaaria. Se on yksi merkittävimmistä rakentamattomista metsäalueista pääkaupunkiseudulla. Toinen vastaavanlainen kohde pääkaupunkiseudulla on Nuuksion järviylängöllä sijaitseva Nuuksion kansallispuisto. Sipoonkorven luonto on pienipiirteistä ja vaihtelevaa. Se koostuu kuusivaltiaisista metsistä, soista ja kulttuurimaisemista. Maaston korkeusvaihtelut ovat paikoin suuria ja alueella on paljon avokalliota. Vesistöjä alueella on melko vähän. Kasvi- ja eläinlajistoltaan alue on monipuolinen ja runsas. Sipoonkorvelle leimallista ovat alueen pohjoisosia ympäröivät kumpuilevat avoimet perinnemaiset viljelyalueineen. Puiston pohjoisosassa sijaitsevat Byabäckenlaakson perinnemaiset kuuluvat Sipoojoen

kulttuurisesti arvokkaisiin perinnemaisemiin ja puiston pohjoisosan itäpuoli rajautuu Hindsbyn kylään, joka on valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö. (Halinen, 2013, yhteenveto)

Kansallispuiston alueella ei käytännössä ole pohjavesialueita. Ainoastaan Sotungin alueella oleva muuksi pohjavesialueeksi määritelty alue ulottuu pieneltä osin kansallispuiston rajauksen sisäpuolelle. (Metsähallitus, 2013, s. 14 - 15). Vedenottoa alueelle ei ole. Ainoa käytössä oleva juomavesikaivo sijaitsee kansallispuiston pohjoisosassa Bergströmin torpan yhteydessä (Halinen, 2013, s. 40)

Sipoonkorpi on merkittävä pääkaupunkiseudun lähivirkistysalue, jonka käyntimäärät ovat voimakkaassa nousussa. Sipoonkorven kansallispuisto on osa pääkaupunkiseudun viherkehää, joka muodostuu valtion, kuntien ja järjestöjen omistuksessa olevista viher- ja taajamametsäalueista. Kyseessä on eräänlainen vihervyöhyke, joka on luotu nopeasti kasvavan pääkaupunkiseudun ja maaseudun välille. Yleisökäytön kannalta tärkein viherkehällä oleva alue on Nuuksion kansallispuisto ja siihen kytkeytyvät kuntien omistamat ulkoilualueet. Sipoonkorven, Vestran- Petikon, Meikon, Porkkalan ja meren saariston alueiden merkitys on kuitenkin kasvanut jatkuvasti. (Halinen, 2013, s.4).

Sipoonkorven käyntimäärä oli heti perustamisvuotta seuraavana vuonna (2012) 75 000. Viimeisin julkaistu käyntimäärä vuodelta 2018 oli 98 700. (Metsähallitus, 2019g). Edelleen hyväksyttävänä olevan hoito- ja käyttösuunnitelman mukaan Sipoonkorven käyntimääräennuste vuodelle 2025 on 200 000 käyntiä, jota perustellaan ympäröivien asutuskeskusten kasvulla sekä kansallispuiston palvelurakenteiden kehittymisellä. (Halinen, 2013, s.4, 70)

Sipoonkorven kansallispuiston jakautuu pohjois- ja eteläosaan (liite 7). Alue on melko rikkonainen ja aivan pienimmillä alueilla ei ole retkeilyyn tarkoitettuja palvelurakenteita. Kansallispuistoon ja reittien lähtöpisteille pääsee helpoiten henkilöautolla. Myös paikallisliikenteen linja-autoilla pääsee, paikasta riippuen, 1-3 kilometrin päähän kansallispuiston rajasta tai reittien lähtöpisteistä. Pysäköintialueita on useita ja ne sijaitsevat puiston eri puolilla, pohjoisessa, länsi- ja itäreunalla sekä eteläosassa. (Metsähallitus, 2019k). Alueen saavutettavuuteen on liittynyt puiston perustamisesta lähtien suuria haasteita. Erityisesti sesonkiaikoina paikoitusalueiden kapasiteetti on ollut riittämätön. Paikoitusalueita onkin laajennettu ja tarvittaessa perustettu uusia sitä mukaan, kun rahoitus asian hoitamiseksi on järjestynyt. (Metsähallitus, 2019l)

Myös Kuusijärven ulkoilualueen yhteydessä olevat paikoitusalueet palvelevat jatkossa kansallispuistossa kävijöitä. Vantaan kaupunki on yhdessä Metsähallituksen kanssa avannut syksyllä 2019 uuden reittiyhteyden Kuu-

sijärveltä Sipoonkorpeen Bisajärven kautta. Erityisesti tämä vaikuttaa puiston talviaikaiseen käyttöön, sillä reitti liittyy Vantaan kaupungin ylläpitämään latuverkostoon. (Metsähallitus, 2019)

Sipoonkorven alueen kävijöitä koskevien selvitysten tulokset ovat jo osin vanhentuneita, kun huomioidaan alueen palveluvarustuksen voimakas kehittyminen. Viimeisin kävijäkysely alueella on tehty vuosina 2016 - 2017 mutta siitä ei ole olemassa julkaistua versiota. Uusin julkaistu kävijäkysely koskee vuotta 2009, jonka jälkeen alueen suojelullinen status sekä palveluvarustus ovat muuttuneet. Kansallispuiston kävijärakennetta hahmotettiin hyödyntämällä sekä julkaistua kävijäkyselyä että julkaisemattoman selvityksen aineistoa, jonka sain käyttöni työn tilaajalta.

Vuonna 2009 tehdyn kävijätutkimuksen mukaan Sipoonkorpi on erityisesti lähialueella asuvien päiväretkikohde ja käynnin kesto oli keskimäärin 2,7 h. Alueella maastossa majoittuvia oli hyvin vähän- Tämä johtunee osittain telttailuun soveltuvien taukopaikkojen vähäisyydestä. Kohteena Sipoonkorpi on suosittu kohde, jossa sama kävijä käy useita kertoja vuodessa. Suosituimmat aktiviteetit, joita alueella harjoitettiin, olivat kävely, sienestys, luonnon tarkkailu, marjastus, koiran kanssa ulkoilu sekä eväsretkeily. (von Boehm, 2010, s. 24, 28 - 30)

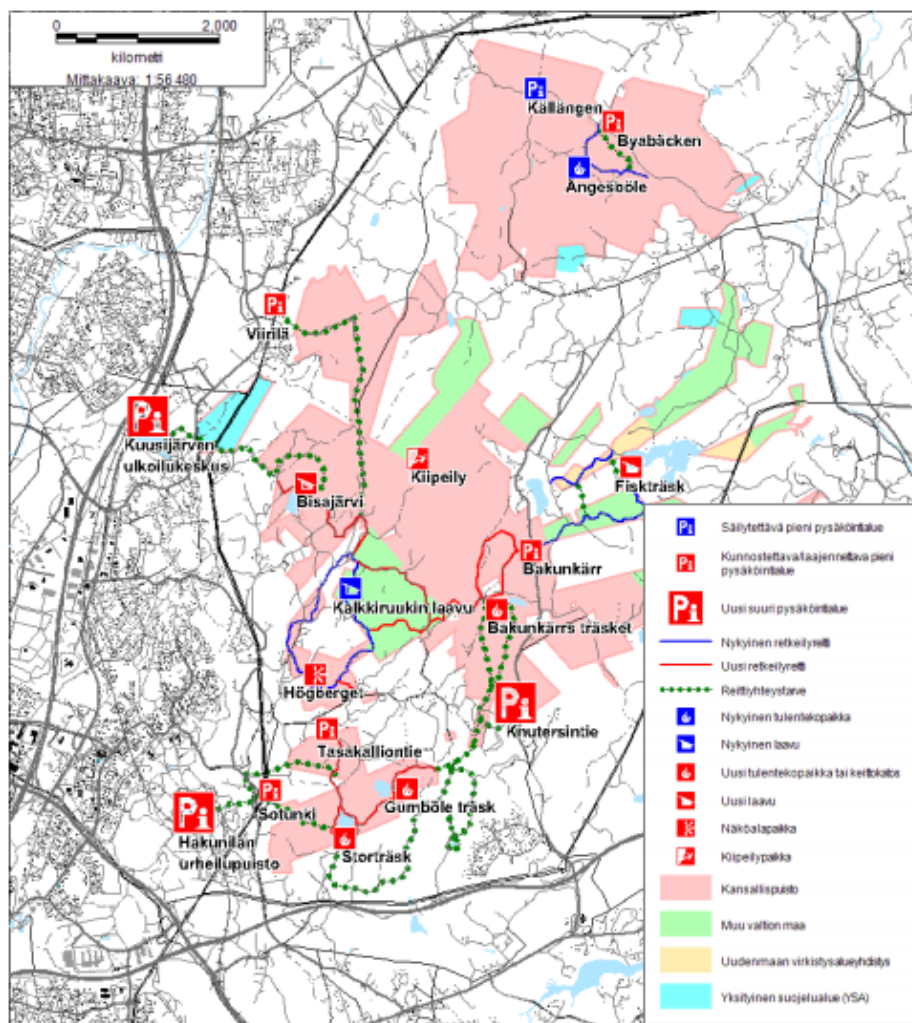
Vuonna 2016 - 2017 tehdyn kyselyn mukaan noin 84 % kävijöistä oli paikallisia asukkaita ja vain 16 % katsottiin kotimaisiksi matkailijoiksi eli saapuivat kansallispuistoon pääkaupunkiseudun ulkopuolelta. Päiväkävijöiden osuus kyselyssä oli 97 % ja päiväkäynnin kesto keskimäärin 2,6 tuntia. Vain 3 % vastanneista ilmoitti yöpyvänsä kansallispuistossa. Yöpyvien keskimääräinen viipymä puistossa oli 1,1 vuorokautta. (von Boehm, 2019) Yleisökäymälöitä ilmoitti käyttäneensä 48 % kaikista vastaajista. Vastaava luku pelkästään päiväkävijöiden osalta, käynnin kesto alle 12 tuntia, oli 47 %.

Kansallispuiston palvelurakenteita kehitetään parhaillaan. Kesän 2019 aikana taukopaikkoja, joilla on kuivakäymälä ja nuotiopaikka, oli neljä kappaletta. Puiston pohjoisosassa Ängesböle sekä eteläosassa Kalkkiruukki, Storträsk ja Bisajärvi. Fiskträskissä on ainoastaan penkit ja pöytä mutta ei nuotiopaikkaa tai käymälää. Flatbergetin pysäköintialueen vieressä on yleisökäymälä. Majoittumiseen, joko laavussa tai teltassa, tarkoitetut kohteet ovat Ängesböle ja Kalkkiruukki. Ängesbölen lähellä sijaitsee vanha Bergströmin kämpä, jonka yhteydessä on tulipaikka, käymälä sekä juomavesikaivo. Tätä kohdetta ei ole merkitty alueen retkeilykarttaan, sillä kohde on varauskämpä eikä näin ollen ole tarkoitettu yleiseen käyttöön.

Puiston alueella kulkee kolme luontopolkua. Pohjoisessa 1,4 kilometriä pitkä Ponun Perinnepostia - luontopolku sekä etelässä 4,8 kilometriä pitkä Sotungin kalkinpolttajanpolku ja Flatbergetin pysäköintipaikalta Storträskille johtava esteetön reitti. Näiden lisäksi Bakunkärren pysäköintialueelta lähtee yhdysreitti Kalkinpolttajanpolulle ja Fiskträskille. Talvisin puiston

länsilaidalla kulkee osittain vantaan kaupungin ylläpitämä latu, josta on yhdysreitti myös Kuusijärven ulkoilualueelle. Vaellusreittejä ei ylläpidetä talviaikaan mutta vähälumisena talvena reitit kulkukelpoisina jalkaisin ja lumikengillä kulkevien retkeilijöiden toimesta (Koskinen, 2019a).

Sipoonkorven kansallispuiston palveluvarustuksen kehitystyö on edelleen kesken. Muun muassa uusia reittejä ollaan avaamassa maastoon, muutamia uusia taukopaikkoja ollaan perustamassa ja pysäköintialueita laajennetaan sekä perustetaan uusia. Alla olevasta kartasta (Kuva 45) käy ilmi vuonna 2013 tehty suunnitelma puiston tavoitellusta palveluvarustuksesta. Tämän selvitystyön tekohetkellä ainakin Gembölen ja Bakunkärrin tulipaikat ovat vielä perustamatta, samoin niihin liittyvät reitit.



Kuva 45. Sipoonkorven kansallispuiston suunniteltu palveluvarustus sekä reittiyhdistykset puiston ulkopuolelle (Halinen, 2013, s. 78).

10.1.2 Sipoonkorven kansallispuiston käymäläjätehuollon nykytilan kuvaus

Varsinaisen käymäläselvityksen tiedonkeruu koostui maastossa tapahtuvasta tiedonkeruusta sekä alueen ylläpidosta vastaavien puistomestarien

Rami Koskisen ja Pawel Sadowskin haastatteluista. Lisäksi hyödynnettiin alueen käyttö- ja hoitosuunnitelmaa ja kävijäkyselyjen aineistoja. Käymäläkartoitus maastossa tehtiin 6.6.2019 ja tietoja päivitettiin 22.8.2019. Puiston käymäläverkostossa oli tapahtunut kesän 2019 aikana muutoksia, joten tietojen päivitys oli aiheellista tehdä. Käymäläkartoitus tapahtui pääosin omatoimisesti käymäläkohteisiin tutustuen. Puistomestari Koskisen haastattelu tehtiin 6.6.2019 Flatbergetin käymälän yhteydessä. Samalla hän esitteli kyseisen käymälän avulla yleiset toimintatavat käymäläjätehuollon osalta. Puistomestari Sadowskin haastattelu tehtiin puhelimitse 10.6.2019.

Puiston alueella on yleisökuivakäymälöitä viidellä eri kohteella: Flatbergetin pysäköintipaikan vieressä, Storträskillä, Kalkkiruukissa, Bisajärvellä ja Ängesbölessä. Näistä Bisajärvellä ja Ängesbölessä on kaksi erillistä käymälää samassa rakennuksessa. Storträskillä on kaksi käymälää erillisissä rakennuksissa ja näistä toinen on puiston ainoa esteetön yleisökäymälä. Lisäksi Bergströmin torpan yhteydessä on yksi käymälä mutta se ei ole lähtökohtaisesti tarkoitettu yleisökäyttöön vaan on ainoastaan torpan vuokranneiden käytössä. Käymälärakennukset alueella ovat valtaosin uusia. Kesän 2018 - 2019 aikana on perustettu kokonaan uusia käymäläkohteita ja vanhoja käymälöitä on uudistettu. Storträskin käymälärakennukset ovat perustettu vuosien 2018 - 2019 aikana ja Bisajärven ja Ängesbölen käymälärakennukset kesällä 2019. Vanhimmat käymälärakennukset ovat Flatbergetissä ja Kalkkiruukissa, joista viimeksi mainittu on perustettu vuonna 2012. Toisen käymälärakennuksen perustamisvuodesta ei ollut saatavilla tietoa. Käymäläverkostoa on tarkoitus vielä laajentaa tulevana vuosina, kun uusia reittejä ja taukopaikkoja avataan yleisökäyttöön. Yhteensä huollettavia yleisökuivakäymälöitä oli kesän 2019 aikana 8 kappaletta.

Käytössä olevat kuivakäymälät ovat pääosin Biolan Populett - käymälöitä (Kuva 10), jonka toimintaperiaate on esitelty luvussa 6.3. Ainakin uusimpien käymälöiden, Bisajärvi, Ängesböle, Storträsk, osalta käymäläistutimissa oleva virtsan erottelutoiminto on käytössä eli erottelun mahdollistava muovisuppilo on aukaistu (Tuomala, 2019).

Flatbergetille ja Bergströmin torpalla on käytössä Ekolet ONNI – kuivakäymälät. Käymälämallin perustiedot on esitelty luvussa 6.3. Flatbergetin kohteella suotonesteen seisotusastia on arviolta 100 litraa, joka on valmistajan mukaan hieman ylimitoitettu (Ylösjöki, 2019). Flatbergetin käymälän suotonesteet johdetaan seisotusastiasta pieneen imeytyskenttään käymälän takana (kuva 46). Bergströmin torpalla käymälän nesteet valuvat suoraan käymälälaitteen pohjassa olevasta reiästä maahan, eikä edellä kuvattua suotonesteen seisotusastiaa tai maimeytyskenttää ole käytössä.



Kuva 46. Sipoonkorven kansallispuiston Flatbergetin parkkipaikan yhteydessä olevan käymälän suotonesteen käsitellään maameytyskentässä. Kuvassa maahan upotettu suotonesteen väliseisotusastia, josta suotonesteet johdetaan maameytyskenttään. Kuva: Lauri Värri.

Kaikissa kansallispuiston kuivakäymälöissä käytetään Kekkilän hajusieppo – kuiviketta, jota kuluu vuoden aikana puistomestari Koskisen arvion mukaan noin 3900 litraa. Hajusiepon on todettu toimivan hyvin kaikilla kohteilla käymälämallista riippumatta. (Koskinen, 2019a.) Kuiviketta on käytetty myös Ekolet Onni - käymälän virtsan suodattimessa sekä kokeellisesti Ängesbölen, Kalkkiruukin ja Stroträskin kohteilla suotonesteen maaperään suodatuksessa käymälän takana mutta ainakin Ängesbölen ja Stroträskin osalta tästä on luovuttu kesän 2019 aikana.

Ilmanvaihto on järjestetty kaikissa käymälöissä pääosin laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Bisajärven, Ängesbölen sekä Storträskin Populett-käymälöissä poistoputken pää ei kuitenkaan ulottunut käymälärakennuksen kattoharjan yläpuolelle vaan jää kohtuu alas räystäään alle (kuva 47). Kaikissa Populett-käymälöissä korvausilmaventtiili oli auki asennossa. Kaikkien käymälöiden tuuletusputken päässä oli sateelta ja hyönteisiltä suojaava hattu. Ilmanvaihto toimi kaikkien käymälöiden osalta lähes moitteettomasti. Ainoastaan Kalkkiruukin sekä Ängesbölen uusissa käymälöissä oli havaittavissa hajuhaittaa käymälöiden sisätiloissa. Kalkkiruukin kohteella asia selittynee rikkinäisellä kannella, jota ei saanut suljettua tiiviisti. Ängesbölessä molempien käymälöiden luukun avatessa hajut tulivat melko voimakkaasti sisätilaan. Tähän voi olla syynä kova kuormitus sekä

riittämätön ilmanvaihto, joka johtuu liian lyhyistä ilmanvaihdon poistoputkista. Flatbergetin Ekolet ONNI - käymälän virtsan suodattimessa ei ollut havaittavissa erityisiä hajuhaittoja mutta ilmanvaihdon toimivuuden varmistamiseksi siinä tulisi käyttää nykyistä karkeampaa suodatinainetta virtsasuodattimessa (Ylöstalo, 2019).



Kuva 47. Toisissa käymälöissä ilmanvaihtoputket ulottuvat vain räystäään alle, joka voi heikentää kuivakäymälän ilmanvaihtoa. Kuvasta nähdään myös suotonesteputkien upotus maaperään. Kohde Siipoonkorven kansallispuistossa Ängesbölen nuotiopaikalta. Kuva: Lauri Värri.

Kiinteän käymäläjätteen käsittelyä varten jokaisen käymälärakennuksen takana oli 1 - 2 kappaletta maavaraisia jälkikompostointikehikoita (kuva 48), joissa on avoin pohja ja tiiviit vedenpitävät kannet ja seinät. Kehikon koko on noin 1,2 m * 1,1 m * 1,1 m eli tilavuudeltaan noin 1,45 m³. Uusimmat kehikot ovat rakennettu filmivanerista, kun taas vanhemmissa on käytetty pinnoittamatonta vaneria. Kehikon rakenne kaventuu ylöspäin ja sivuissa on nostokahvat, jotka mahdollistavat kehikon ylösnostamisen tyhjennysvaiheessa. Jälkikompostointikehikkojen kannet olivat auki, pois lukien kehikot, jota olivat jo täynnä ja jätetty lepoon. Ilmanvaihtoreikiä ei kehikoissa tai kansirakenteessa ollut.



Kuva 48. Oikeaoppiseen käymäläjätteen kompostointiin kuuluu jälkikompostointivaihe. Kuvassa jälkikompostointikehikko Storträskin kuivakäymälän takana Sipoonkorven kansallispuistossa. Kuva: Lauri Värri.

Käymälät ovat sijoitettu huollon kannalta mönkijällä ajettavien urien varteen. Osalle kohteista, kuten Bisajärvi ja Flatberget, pääsee myös traktorilla tai muualla raskaalla kalustolla. Haastavin kohde huollon kannalta on toinen Storträskissa sijaitsevista käymälöistä. Se sijaitsee noin 20 metrin päässä mönkijällä ajettavasta huoltourasta jyrkässä puustoisessa rinneessä. Käymälät on yleisesti sijoitettu noin 20 metrin päähän taukopaikkarakenteista tai pysäköintialueesta. Bisajärvellä käymälän ja tulipaikan etäisyys on noin 50 metriä johtuen haastavista maastonmuodoista. Ängesbölen kohdetta ja Storträskin tavallista käymälää lukuun ottamatta käymälärakenteet sijaitsevat aivan ulkoilureittien vieressä. Kalkkiruukissa toisen jälkikompostointikehikon ja reitin väli on käytännössä alle metrin.

Käymälöiden huoltotyöt toteutetaan Koskisen mukaan pääosin vankityövoiman avulla, puistomestarin toimiessa työporukan vetäjänä. Käymälöille tehdään ylläpitohuolto kerran viikossa, johon sisältyy kuivikkeen ja vessapaperin täydennys, sisätilan siistiminen sekä käymäläistuimen pyyhkiminen. Lisäksi käymäläjäteastiassa oleva kiinteä ulostetorni hajotetaan ja käymälämakki peitetään kuivikekerrokseksella. Käymäläastia tyhjenetään jälkikompostointikehikkoon siinä vaiheessa, kun astia on täynnä. Käymäläastian tyhjennys tehdään lapiomalla kiinteä käymäläjäte jälkikompostointikehikkoon. Tyhjän käymäläjäteastian pohjalle laitetaan ensin reilu kerros kuiviketta ja päällimmäiseksi hieman esikompostoitunutta käymälämakkiä, jolla pyritään nopeuttamaan kompostoitumisprosessin käynnistymistä. (Koskinen, 2019a)

Käymälöiden tyhjennysväli on huhti - lokakuun välisenä ajanjaksona keskimäärin 4 - 5 viikkoa (Koskinen, 2019a). Talviaikaan, marras – maaliskuun välisenä ajanjaksona, käymälöiden keskimääräinen tyhjennysväli on 1 - 2

kuukautta (Sadowski, 2019). Koskisen mukaan talvikauden kävijämäärään ja sitä kautta käymälöiden talviaikaisiin huoltomääriin vaikuttaa merkittävästi lumikerroksen paksuus. Mitä paksumpi lumikerros poluille pääsee muodostumaan, sitä vähemmän reiteillä liikkuu retkeilijöitä. (Koskinen 2019a). Talviaikaan kiinteä käymäläjäte saattaa Sadowskin mukaan jäätyä, jonka takia käymälän tyhjentäminen voi olla hyvin vaikeaa tai ei onnistu lainkaan. Tällöin täysi käymäläastia korvataan tyhjällä vaihtoastialla ja täysinäinen astia jätetään käymälän taakse odottamaan sulamista. Viileinä ja erityisesti kylminä ajanjaksoina käymäläastiat myös täytyvät suhteellisesti nopeammin mitä kesäaikaan. (Sadowski, 2019) Tämä johtunee kompostoitumisprosessin pysähtymisestä sekä käymälämakin ja nesteen jäätymisestä

Käymäläjätehuollon yhteydessä käytetään henkilökohtaisia suojavälineitä. Viikoittaisessa ylläpitohuollossa henkilökunnalla on käytössä kertakäyttöiset nitriliikäsineet. Käymäläastian tyhjennyksessä käytetään käsineiden lisäksi suojalaseja sekä kertakäyttöistä hengityssuojainta. (Koskinen, 2019a; Koskinen 2019b.)

Kiinteä käymäläjäte jatkokäsitellään käymälän takana olevassa jälkikompostointikehikossa, jonka rakenne on kuvattu edellä. Koskisen mukaan kehikkoa täytetään niin kauan, kunnes se on täynnä. Käymälästä lapioitava käymälämakki on Koskisen mukaan ollut pääosin hajutonta ja kohtuu tasalaatuista jo ennen jälkikompostointia. Kun jälkikompostointikehikko on täynnä, sen kansi ruuvataan kiinni ja massa jätetään lepoon. Koskisen mukaan yhden kehikon täyttymiseen voi mennä useita vuosia, johtuen makin hyvästä kompostoitumisesta ja tätä seuraavasta tilavuuden pienenemisestä. Kun yksi kehikko on täynnä, rakennetaan uusi kehikko viereen. Jälkikompostoidun käymäläjätteen loppusijoituksen osalta ei ole vielä tehty päätöksiä. Tähän asti maastossa olevat jälkikompostointikehikot ovat olleet väliaikainen ratkaisu käymäläjätteen loppusijoittamiselle. Nyt ollaan kuitenkin muutaman kohteen osalta tilanteessa, jossa pitää rakentaa kolmas kompostointikehikko käymälän yhteyteen tai saada toinen kompostointikehikko tyhjennettyä mutta loppusijoituspaikkaa ei ole määritetty. (Koskinen, 2019a.) Jälkikompostointikehikot toimivat myös biojätteen sijoituspaikkana retkeilijöille, samoin kuin kuivakäymälätkin. Tästä on erilliset ohjeet retkeilijöille jälkikompostointikehikossa (kuva 49) ja kuivakäymälässä.



Kuva 49. Sipoonkorven kansallispuistossa retkeilijöitä ohjeistettiin laittamaan biojätteet joko kuivakäymälään tai käymäläjätteen jälki-kompostointikehikkoon. Kuva: Lauri Värri

Käymälänesteet, suotoneste sekä virtsa, käsitellään eri tavoin riippuen kohteesta. Yhteistä näille tavoille on se, että nesteet johdetaan maaperään joko erillisen käsittelyn jälkeen tai käsittelemättömänä. Yksinkertaisin tapa on Bergströmin torpalla, jossa nesteet johdetaan suoraan käymälän alapuolelle maanpintaan. Flatbergetin käymälän nesteet johdetaan ison seisotusastian kautta erilliseen imeytyskenttään kuten edellä on jo kuvattu. Storträskin tavallisella käymälällä ja Bisajärven käymälöillä on ollut koekäytössä heinäkuusta 2019 lähtien Biolanin Suotis-suotonestesuodattimet (kuva 50), joiden on tarkoitus sitoa suotonesteessä olevia ravinteita, orgaanista ainesta ja vähentää taudinaiheuttajien määrää ennen maaperään imeyttämistä. Suotikset on upotettu maahan käymälän taakse tai sivulle, siten että kansi ja kannessa olevat ilma-aukot ovat maanpinnan yläpuolella. Stroträskillä käymälästä johtavalla suotonesteputkella näyttäisi silmämääräisesti tarkasteltuna olevan riittävä kaato suodattimelle mutta Bisajärvellä kaato on hyvin pieni tai sitä ei ole lainkaan. Suotiksesta lähtevä nesteen poistoputki on upotettu maaperään. Kokemuksia Suotiksien toiminnasta edellä mainituilla kohteilla ei selvitystyötä tehtäessä ollut vielä saatavilla. Muissa Biolan Populett - käymälöissä suotonesteputki on upotettu maahan pieneen (kuva 47, kuivikkeella täytettyyn, maakuoppaan, joka on peitetty soralle (Koskinen, 2020). Suotonestettä on kokeiltu myös imeyttää käymälän taakse tehtyyn, maahan kaivettu kuivikekenttään. Tietävästi tällainen menetelmä on käytössä enää Kalkkiruukin käymälällä. Jälkikompostoinnin yhteydessä muodostuva suotoneste imeytyy suoraan kehikon alapuoliseen maaperään.



Kuva 50. Sipoonkorven kansallispuistot uusimmat kuivakäymälät Bisajärven taukopaikalla, joilla Suotis-suotonestesuodatimet ovat koe-käytössä. Kuva: Lauri Värri.

Kaikilla käymäläkohteilla kallio on hyvin lähellä maanpintaa. Topografialtaan alue on pienipiirteistä ja kallioperää verhoaa karkea kivennäismaa, hiekkamoreeni, tosin alavilla mailla esiintyy myös hienojakoisia maalajeja kuten savea. (Halinen, 2013, s. 16) Tämän perusteella voidaan olettaa, että suurin osa käymälöistä sijaitsee maaperällä, joka suodattaa hyvin nestettä. Myös kalliopinnan läheisyys vaikuttaa nesteiden ja siinä esiintyvien ravinteiden sekä mahdollisten taudinaiheuttajien kulkeutumiseen maaperässä.

Kaikissa käymälöissä oli virtsan erottelumekanismi, jonka avulla vähennettiin virtsan kulkeutumista kiinteään käymäläjätteen sekaan. Tosin täyttä varmuutta ei saatu siihen, oliko kaikissa Populett - käymälöissä virtsan erottelumekanismiin suppilo auki. Kaikissa käymälöissä virtsa sekoittuu käymälämäkistä tihkuvan suotonesteen sekaan samalla tai ennen kuin se johdetaan ulos käymälälaitteesta. Virtsan erottelumekanismiin edessä oleva ritilä oli Populett - käymälöissä lähes poikkeuksetta hyvin sotkuinen tai tukossa. Yleensä tukoksen aiheutti huolimattomasti heitetty vessapaperi kuten alla olevan kuvasta huomataan (Kuva 51). Toinen tyypillinen tukoksen aiheuttaja oli huolimattomasti laitettu kuivike. Ritilöiden likaantumiseen ja tukkeutumiseen voi vaikuttaa myös käymäläastian täyttöaste ja tiettyssä määrin huolto tai huollon puutteellisuus. Esimerkkikuvien käymäläastiat eivät kuitenkaan olleet olleet täynnä ja ylläpitohuolto tehdään viikoittain. Ekolet ONNI - käymälöissä virtsan erottelusyhteimi ei ole samalla tavalla herkkä tukkeutumiselle, sillä virtsan erottelusyhteimi ei ole täysin suljettu muusta käymäläastian rakenteesta.



Kuva 51. Virtan erottelumekanismi on herkkä likaantumiselle ja tukkeentumiselle, jos käymälän käyttäjä toimii huolimattomasti kuivikkeeseen ja vessapaperin heittämisessä käymälään. Kuvassa olevat esimerkit ovat Sipoonkorven kansallispuiston Biolan Populett- käymälöistä. Kuva: Lauri Värri.

10.1.3 Käymäläjättemäärät Sipoonkorven kansallispuistossa

Yleisökäymälöistä kertyvän kiinteän jätteen määrä on hyödyllinen tieto, jonka avulla voidaan seurata jätemäärien kehitystä eri käymäläkohteilla sekä kansallispuiston tasolla mutta myös tehdä erilaisia valtakunnallisia vertailuja tai laskelmia, jotka pohjautuvat jätetietoihin. Sipoonkorven osalta käymäläjätetietoja ei ole tilastoitu Metsähallituksen aiempaan Reiska-tietokantaan tai uudempaan PAVE - paikkatietojärjestelmään. Koska jätetietoja ei ollut valmiiksi saatavilla, tehtiin laskennallinen arvio, jossa huomioitiin kenttähenkilökunnan haastattelujen kautta saadut tiedot käymälöiden tyhjennysten lukumääristä sekä käymäläastioiden tilavuus.

Koskisen mukaan käymäläastia on tyhjennysvaiheessa pääsääntöisesti täynnä. Kuten edellä on kerrottu, käymälöiden keskimääräinen tyhjennysväli kesäaikana, huhtikuusta lokakuuhun käsittävällä ajanjaksolla, on noin 4 - 5 viikkoa. Talviaikaan, marraskuusta maaliskuuhun käsittävällä ajanjaksolla, tyhjennys tehdään 1 - 2 kuukauden välein. Tyhjennysväleissä ei ole ennen kesää 2019 ollut merkittävää eroa eri käymäläkohteiden välillä (Koskinen, 2019b)

Arvioidut käymäläjättemäärät alkukesällä 2019 käytössä olleiden yleisökäymäläkohteiden osalta on esitetty alla olevassa taulukossa (taulukko 6).

Bergströmin torppa on jätetty tarkastelusta pois, koska se on varsinaisesti vuokrakohteen käymälä. Lisäksi se on Koskisen mukaan melko vähäisellä käytöllä ja on kohteena varsin uusi (Koskinen, 2019b). Huomioitavaa on myös se, että Ängesbölessä oli vielä tuolloin käytössä 300 litran käymälä-jäteastialla varustettu Populett – kuivakäymälä. Käymälöiden keskimääräiseksi tyhjennysten lukumääräksi kesäkaudella on arvioitu olevan 6,7 ja talvikauden tyhjennysmääräksi 3. Keskimäärin käymälät tyhjennettiin siis 9,7 kertaa vuodessa. Vaikka arvio tyhjennysten määrästä perustuu laskennalliseen keskiarvoon, vastaa se hyvin käyttö- ja hoitosuunnitelmassa annettua arvioita puiston kävijämäärien jakautumisesta eri vuodenaikoina. Kyseisessä suunnitelmassa todetaan puiston käyntimäärästä jopa kolmanneksen kertyvän joulu - maaliskuun välisenä aikana (Halinen, 2013, s. 27)

Taulukossa (taulukko 6) esitetyissä käymäläjättemäärissä on mukana ulosteiden lisäksi kuivike sekä vessapaperi. Kuiviketta puiston alueella käytettiin vuodessa arviolta 3,9 m³. Luvuista on nähtävissä käymäläkohteiden kuormituseroja. Ängesbölen korkeampi luku on perusteltavissa sille, että se on Koskisen mukaan suosittu retki- ja yöpymiskohde, joka on lyhyen kävelymatkan päässä parkkipaikasta (Koskinen, 2019a). Flatbergetin käymälän suuri kuormitus johtune siitä, että se sijaitsee puiston eteläisen pysäköintialueen vieressä ja Storträskille johtavan uuden helppokulkuisen reitin alussa. Yhteensä kiinteää käymäläjätettä muodostuu kansallispuiston yleisökäymälöistä 10,15 m³ vuodessa.

Taulukko 6. Kiinteän käymäläjätteen määrä Sipoonkorven kansallispuiston yleisökäymälöissä. Tilanne ennen kesää 2019.

Käymäläkohde	Käymäläastian tilavuus (m ³)	Tyhjennykset, kesäkausi (arvio)	Tyhjennykset, talvikausi (arvio)	Tyhjennyksien lukumäärä / a	Käymäläjäte, m ³ / a
Storträsk	0,2	6,7	3	9,7	1,93
Flatberget	0,35	6,7	3	9,7	3,38
Kalkkiruukki	0,2	6,7	3	9,7	1,93
Ängesböle (vanha käymälä)	0,3	6,7	3	9,7	2,90
Käymäläjäte yhteensä (m³)					10,15

Käymäläjättemäärän arvioiminen tilavuuden mukaan ei ole paras mahdollinen mittayksikkö, johtuen massan biologisesta hajoamisesta erityisesti kesäkuukausina. Sipoonkorven osalta edellytykset kompostoitumiselle ovat tuolloin kohtuu hyvät johtuen ulkolämpötilasta ja päivittäisestä tasaisesta kuormituksesta. Muutokset käymäläverkostossa ja kävijämäärien jatkuva kasvu vaikuttavat käymäläkohtaisiin jättemääriin ja sitä kautta kokonaismäärään. Edellä esitettyjä lukuja tuleekin tarkastella nämä mainitut seikat huomioiden. Sipoonkorven käymäläjätteen ennakoitua kehitystä tulevina vuosina on esitelty tarkemmin luvussa 11.

Kesän 2019 aikana perustetut uudet käymäläkohteet tulevat vaikuttamaan edellä mainittujen käymälöiden kuormituslukuihin. Storträskillä kuormitus tulee todennäköisesti keskittymään uuteen esteettömään käymälään sen

keskeisen sijainnin takia taukopaikkaan ja reittiin nähden. Ängesböleen rakennettu uusi tuplakäymälä on yhteenlasketulta jätekapasiteetiltaan 100 litraa eli 33 % suurempi kuin entinen käymälä. Tämä tuo hieman puskuria kävijämäärän kasvua ajatellen. Bisajärven uudet käymälät ja tähän liittyvä uusi reittiyhteys Kuusijärven ulkoilukeskukselta on vielä kuormituksen osalta arvoitus. Erityisesti talvella käymälän vierestä kulkeva latuverkko voi lisätä merkittävästi talviaikaista kuormitusta. Myös kesäaikainen käyttö todennäköisesti lisääntyy, kunhan Bisajärven palvelurakenteet saadaan valmiiksi ja retkeilijöiden tietoisuus kohteesta lisääntyy.

10.1.4 Sipoonkorven käymälöiden hygieenisuus ja vaikutus ympäristöön

Käymälät olivat yleisesti ottaen sisätilojen osalta siistejä. Käymälään kuumumatonta tavaraa tai roskia ei käymälöissä ollut. Käymälöissä olevat pienet roskikset, jotka on tarkoitettu lähinnä terveysiteille tai vastaaville, autoivat varmasti asiassa. Retkeilijät olivat jättäneet roskiksiin pääsääntöisesti kaikkea muuta, sinne kuulumatonta, pikkuroskaa. Yleiseen siisteyteen vaikutti myös säännöllisesti kerran viikossa tehtävät huoltokäynnit.

Käymälöistä aiheutuvia hajuhaittoja ilmeni maastotöiden yhteydessä muutamalla kohteella. Osa näistä hajuhaitoista oli hävinnyt kesällä 2019 tehtyjen käymälöiden muutostöiden jälkeen. Kalkkiruukilla rikkinäinen käymäläistuimen kansi päästi hajuja käymälän sisätiloihin. Myös käymälän takana esiintyi voimakas suotonesteen tuoksu. Vastaavanlaista hajuhaittaa oli havaittavissa myös alkukesällä Ängesbölen vanhan käymälän takana sekä Stoträskin tavallisella käymälällä. Nämä haitat kuitenkin hävisivät kesän aikana tehtyjen uudistustöiden jälkeen. Ängesbölen uusien käymälöiden sisätiloissa oli istuimen luukun avattua havaittavissa melko voimakas haju, joka johtui ilmeisesti riittämättömästä ilmanvaihdosta suhteessa kuormitukseen.

Käymälöiden huoltoluukun ympäristöt olivat pääosin siistejä. Erityisesti Stoträskin ja Ängesbölen kohteilla, joissa suotonestettä oli imeytetty suoraan maanpinnalla olevaan kuivikepatjaan, olivat siistiytyneet merkittävästi kesän aikana. Suotonesteen kyllästävät kuivikematot oli siivottu pois ja käymälän takaosa oli sen osalta siistimmän oloinen. Kalkkiruukilla ei käyty loppukesästä, joten sen suhteen ei ole tietoa mahdollisista muutoksista. Myös jälkikompostointikehikkojen ympäristöt olivat siistejä. Ainoastaan toisen Stoträskillä sijaitsevan käymälän ympäristössä oli havaittavissa jonkin verran hajoamatonta vessapaperia käymälän ja jälkikompostointikehikon ympärillä.

Kasvillisuuden osalta käymälöiden ympäristöt eivät eronneet ympäröivästä metsäkasvillisuudesta. Ainoa ero oli se, että maaperä käymälöiden ja kompostointikehikon ympärillä oli hyvin kulunut tai osittain peitetty soralla tai sepelillä. Tästä johtuen kasvillisuus saattoi toisilla kohteilla puuttua kokonaan tai oli hyvin vähäistä. Näin ollen kasvillisuuden perusteella ei

voitu tehdä johtopäätöksiä esimerkiksi mahdollisesta paikallisesta rehevöitymisestä.

10.1.5 Havainnot ja kehittämissuhteet Sipoonkorven käymäläjätehuoltoon

Käymälänesteiden johtaminen maaperään ei vastaa voimassa olevia ohjeistuksia. Käymäläneste sisältää runsaasti rehevöitymistä aiheuttavia ravinteita kuten typpeä ja fosforia sekä ulosteperäisiä taudinaiheuttajia, joita ei saisi päästää maaperään käsittelemättä (Suomen ympäristökeskus, 2013). Erityiseksi riskikohteeksi alueella nousee Storträskin käymälät, jotka sijaitsevat rinteessä ja kohtuullisen lähellä lampea. Lisäksi kallio on hyvin pinnassa ainakin lampea lähinnä olevan käymälän kohdalla ja maaperän on hyvin vettä läpäisevää. Asian korjaamiseksi kaikilla käymäläkohteilla tulisi ottaa käyttöön uusia menetelmiä, joilla voidaan kohteesta riippuen joko:

- estää nesteiden kulkeutuminen maaperään tai
- vaikuttaa maaperään johdetun nesteen laatua niin että ympäristövaikutukset voidaan minimoida.

Koska edellä kuvattu haaste ei rajoitu pelkästään Sipoonkorven kansallispuistoon tullaan kehittämissuhteet tämän osalta käsittelemään kootusti luvussa 12.

Kiinteän käymäläjätteen jälkikompostointi maavaraisessa kehikossa ei vastaa yleisiä ohjeita käymäläjätteen kompostoinnista. Käymäläjättekompottista ei saa valua maaperään nesteitä ja kompostointikehikon pohjan tulisi olla vedenpitävää materiaalia. Lisäksi kompostointikehikon riittävästä ilmanvaihdosta tulisi huolehtia. (Käymäläseura Huussi ry., n.d.). Myös kunnallinen viranomaisena voi tarkentaa yleistä ohjeistusta, joka tulisi ottaa asiassa huomioon. Asian korjaamiseksi, vastaamaan yleistä ohjeistusta, ehdotan seuraavia kehittämistoimia:

- Käymäläjätteen jälkikompostointikehikoita muutetaan Sipoonkorvessa siten, että kehikon pohja on pakkasta ja kulutusta kestävä vedenpitävää materiaalia. Pohjamateriaalin tulisi nousta ylös kehikon seinämille noin 15 cm estämään mahdolliset nesteen ylivuodot.
- Kehikon ilmanvaihtoa tulisi parantaa, jotta kompostoitumisprosessille on tarjolla riittävästi ilmaa. Tällä parannetaan myös nesteiden haihduntaa. Esimerkkiä rakennemallista voi ottaa esimerkiksi Tukholman Saaristosäätiöllä käytössä olevista Mullbanken - kompostointikehikosta, joka on kuvattu luvussa 8.1.4.

Kiinteän käymäläjätteen loppusijoituspaikka oli käymäläselvityksen aikana edelleen ratkaisematta. Tämä asia tulisi kiireellisesti selvittää kuntien viranomaisten sekä tarvittaessa alueen jätteenkäsittelylaitosten kanssa. Vaihtoehtoina loppusijoituksella esitän kaksi vaihtoehtoa:

- Jälkikompostoidun käymäläjätteen toimittaminen käsiteltäväksi ulkopuoliselle jätteenkäsittelylaitokselle. Esikompostointi käymäläkohdeella on tässä tapauksessa järkevää massan tilavuuden pienentämiseksi, jolla vähennetään maastokuljetuksen osuutta pitkällä aikavälillä.
- Jälkikompostoidun käymäläjätteen sijoittaminen kansallispuiston alueella paikkaan, jossa siinä olevat ravinteet saadaan kasvillisuuden käyttöön ja huuhtoutumisvaraa pintavesistöihin ei ole. Tällainen paikka voisi olla esimerkiksi kansallispuiston alueelle tai sen läheisyyteen perustettava riistapelto. Koska kompostoitua käymäläjätteen sisältöä aina hygieniariski, ellei hygienisointiin vaadittuja olosuhteita ole saavutettu, tulisi paikka olla sellainen, ettei se ole yleisten kulkureittien varrella.

Lisäksi suosittelen, että käymäläjätteen jälkikompostointiluukut suljettaisiin eikä retkeilijöillä ole mahdollisuutta jättää biojätteitä jälkikompostoihin. Suositus perustuu siihen, että jälkikompostointikehikon luukun avaamisen ja sulkemiseen sisältyy tarpeeton hygieniariski retkeilijälle ilmvirran kautta sekä käsien kautta tapahtuvan tartuntavaaran muodossa. Lisäksi biojätteiden laittaminen suoraan käymäläjätteen sekaan on jo nykyisellään mahdollista ja valmiiksi ohjeistettua.

Työturvallisuuteen on Sipoonkorven kansallispuistossa jo kiinnitetty huomioita, kuten edellä on kuvattu. Jatkossa olisi tärkeä kiinnittää huomioita myös työvaatteisiin ja jalkineisiin, jotka altistuvat käymälöiden tyhjennysvaiheessa roiskeille. Käymäläjätettä käsittelevien vaatteet sekä jalkineet ovat tartuntavaaraa lisäävä tekijä työntekijän työyhteisössä sekä työyhteisön kanssa tekemisissä olevien henkilöiden keskuudessa. Tämä asia tulisi huomioida jatkossa käymäläjätehuollon työsuojelussa.

10.2 Rokuan kansallispuiston ja suojelualueiden käymäläselvitys

Rokuan kansallispuistoa ja sen suojelualueita koskeva selvitys sisälsi kenttähenkilökunnan ja huoltoyrittäjän haastatteluja. Lisäksi tietoja kerättiin pääosin Metsähallituksen julkaisemista materiaaleista ja Metsähallituksen PAVE-paikkatietokannoista. Selvitykseen sisältyi myös maastotyövaihe, jonka aikana havainnoitiin kaikki alueella olevat yleisökuivakäymälät. Jokaisesta käymälästä kerättiin tiedot erilliselle maastolomakkeelle (liite 12). Kaikkea edelle kuvattua aineistoa on käytetty apuna hahmotettaessa alueen käymäläjätehuollon toimintaympäristöä, nykytilaa sekä toiminnassa esiintyvät keskeiset haasteet.

10.2.1 Taustatietoja alueesta ja alueen käytöstä

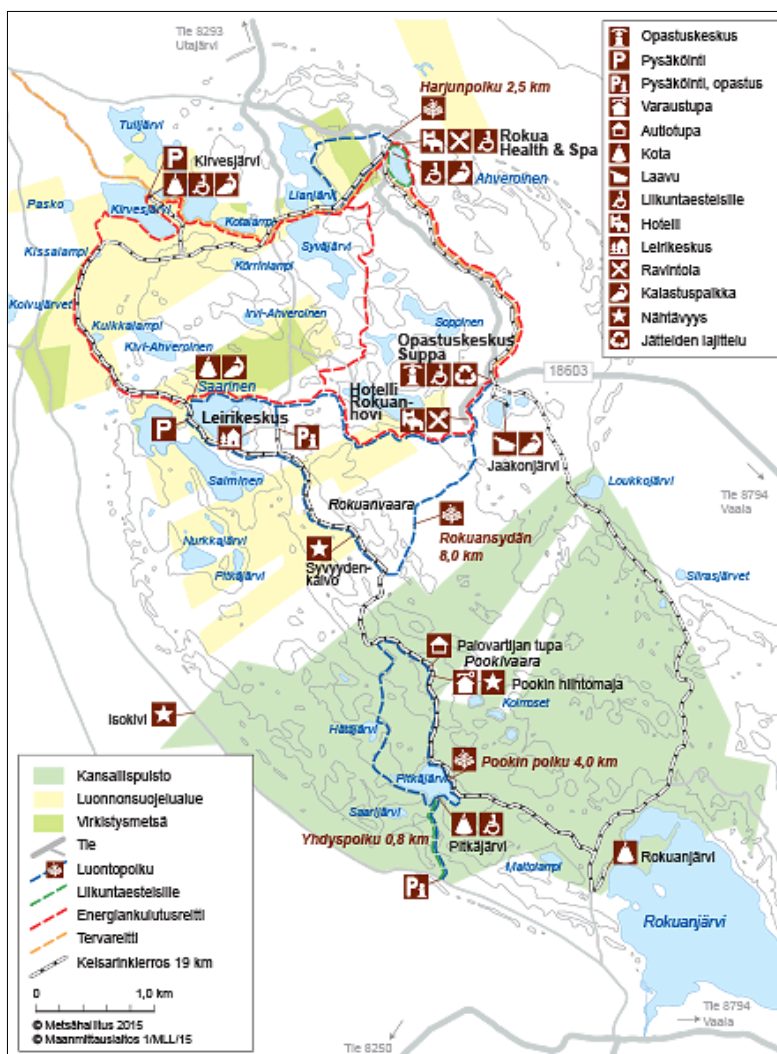
Rokuan kansallispuisto ja luonnonsuojelualueet, myöhemmin Rokuan alue, sijaitsevat pohjoispohjanmaalla Muhoksen, Utajärven ja Vaalan kuntien alueilla. Rokuan alue kuuluu 4244 hehtaarin laajuiseen Natura 2000-

verkostoon, joka sisältää Rokuan kansallispuiston, Rokuan järvien rantojen suojeluohjelmakohteen sekä Rokuanvaaran harjijensuojelukohteen. Natura-alueen raja-
 us on lähes yhtenevä edellä mainittujen suojelualueiden rajauksen kanssa. (Metsähallitus, 2008, s. 9) Rokuan kansallispuisto on perustettu vuonna 1956 ja sen perustamistarkoituksena on ollut säilyttää osa rokuanvaaran harju- ja dyynimuodostumasta sekä suojella luonnontilaista jäkälikkää. Kansallispuiston pinta-alaa on kasvatettu vuosikymmenten saatossa ja tällä hetkellä se on laajuudeltaan 990 hehtaaria (Metsähallitus, 2019j). Tämän selvitystyön aluerajaus Rokuan osalta vastaa kansallispuiston käyttö- ja hoitosuunnitelmassa esitettyä kansallispuiston laajentamiseen liittyvää ehdotusta. Suunnitelmassa kansallispuiston rajausta ehdotetaan laajennettavaksi 1275 hehtaariin, jolloin se sisältäisi nykyisen rajauksen ulkopuolelle jäävät Luontopalveluiden hallinnassa olevat Natura-alueet. (Metsähallitus, 2018, s. 22 - 23)

Kansallispuistona Rokua on pieni mutta se on samalla maamme tärkein karukokankaiden suojelualue, sisältäen vanhoja luonnontilaisia mäntymetsiä ja laajoja poronjäkälikankaita. Rokuan järvien rantojen suojeluohjelmakohteeseen käsittää lukuisia kirkasvetisiä järviä ja lampia sekä Rokuajärven pohjoispään, joka kuuluu kansallispuistoon. Rantojen suojelukohteesta oli vuonna 2008 valtion omistuksessa 376 hehtaaria. Tämän lisäksi alueelta on hankittuna vajaat 300 hehtaaria muuhun suojelutarkoitukseen. Kansallispuiston ja rantojen suojelualueen ulkopuolinen Natura-alue on Rokuanvaaran harjijensuojelukohteeseen, joka on maa-aineslain nojalla suojeltavaa aluetta. Rokuan alue on käytännössä kokonaan pohjavesialuetta. Suurin osa alueen järvistä ja lammista ovat laskujoettomia eli ne ovat suorassa yhteydessä pohjaveteen ja niiden vesi vaihtuu pohjaveden virtauksen kautta. (Metsähallitus, 2008, s. 9, 12) Rokuan tunnettuutta on lisännyt sen pääseminen osaksi Unescon Geopark-verkostoa yhdessä Oulun jokilaakson ja Oulujärven kanssa. Lisäksi Rokuanvaara valittiin vuoden 2018 retkikohteeksi. (Rokua Geopark, n.d.)

Rokuan alue on merkittävä virkistysalue Oulun lähialueella. Alueella arvioidaan vierailevan noin 100 000 matkailijaa vuosittain, joista noin 20 000 käy kansallispuistossa ja 30 000 muilla suojelualueilla. Rokuan alue soveltuu reittien ja kokonsa puolesta hyvin päiväretkikohteeksi mutta alueelta voi myös majoittua teltoissa tai autotuvassa Pookivaaran huipulla. (Veteläinen, T. 2017. s. 7) Metsähallituksen kävijäseurantatietojen mukaan vuonna 2018 Rokuan kansallispuiston käyntimäärä oli 14 800 (Metsähallitus, 2019g). Tämä luku ei kuitenkaan sisällä Rokuan virkistysmetsän käyntimäärää, joka käsittää noin puolet koko Rokuan alueesta. Metsähallituksen Luontopalveluilla työskentelevä luontovalvoja Pekka Hautalan arvion mukaan virkistyskäyttömetsän käyntimäärä on noin 10 000 – 15 000 välillä. Näin ollen koko Rokuan alueen, jota tämä selvitys koskee, käyntimäärä kohoaa 25 000 – 30 000 välille (Hautala, 2019c).

Luonnon virkistyskäyttöön ja retkeilyyn tarkoitettu palvelurakenteet on sijoitettu melko tasaisesti koko Rokuan alueelle (kuva 52). Alueelle saavutaan omilla autoilla. Autojen pysäköintialueita on Pitkäjärvellä ja Pookivaaran tyvellä sekä Rokua Health & Spa, Rokuanhovi - hotellin, Rokuan leirikeskukseen sekä entisen opastuskeskus Supan yhteydessä. Retkeilyreitistö on maaston muodoiltaan, pituudeltaan ja kulkutavan mukaan monipuolinen. Patikointireittejä löytyy lyhyestä muutaman kilometrin reitistä aina 19 km:n, koko alueen kiertävään, Keisarin kierrokseen. Maastopyöräilyä varten on vuonna 2017 perustettu erilliset maastopyöräilyreitit, jotka siivuvat tai lähtevät alueella sijaitsevien hotellien yhteydestä. Talvisin alueelle on hiihtolatuverkosto hotellien välillä sekä hotellien lähiympäristössä. Lisäksi talvisin on oma monikäyttöura Saarisen ja Kirvesniemen alueella, jolla voi pyöräillä, hiihtää tai ulkoiluttaa koiraa mutta uralla ei ole perinteisen hiihtotyylin latua. Kaiken kaikkiaan alueella on polkuja ja reittejä noin 57 kilometriä. (Metsähallitus, 2019i)



Kuva 52. Rokualla yleisön käyttöön tarkoitettut palvelurakenteet sijaitsevat Rokuan kansallispuiston ja sen läheisten luonnonsuojelualueiden ja virkistysmetsien alueille, joita kaikkia hallinnoi Metsähallitus Luontopalvelut. (Luontoon.fi, 2019g)

Rokualla on yhteensä viisi nuotiopaikkaa. Näistä Kirvesjärvellä, Rokuanjärvellä, Saarisella ja Pitkäjärvellä on kota ja Pookinvaaralla päivätupa. Lisäksi Pookinvaaralla on vanha palovartijan tupa, jossa voi majoittua autiotupa-periaatteella. Maastossa sijaitsevat yleisökuivakäymälät ovat sijoitettu nuotiopaikkojen yhteyteen. Esteettömät palvelut ovat keskitetty Kirvesjärvelle ja Pitkäjärvelle, joilla on huomioitu esteettömyys muun muassa tulipaikalle vievän reitin sekä kohteen muiden palvelurakenteiden kuten käymälän osalta. (Metsähallitus, 2019h)

Tärkeimmät vierailukohteet Rokualla, vuonna 2017 tehdyn kävijätutkimuksen mukaan, olivat Pookivaaran huippu sekä Syvyydenkaivo - suppa. Tutkimuksen mukaan Rokua on pääosin päivävierailukohde päiväkävijöiden osuuden ollessa 74 % ja yöpyjien osuuden ollessa 26 %. Keskimääräinen päiväkäynnin kesto oli 4,1 tuntia ja kansallispuistossa yöpyjällä 1,4 vuorokautta. Puolet kyselyyn vastanneista saapui Oulusta tai lähikunnista. Pääasialliset aktiviteetit, joita alueella harrastettiin, olivat kävely ja luonnosta nauttiminen. Lähes 40 % kävijöistä oli ensimmäistä kertaa Rokualla. Tämän asian suhteen oli tapahtunut merkittävä muutos aiempaan vuonna 2011, tehtyyn kävijätutkimukseen verrattuna, jolloin ensikertalaisten määrä oli vain 21 %. (Veteläinen, T. 2017. s. 42 - 44)

10.2.2 Rokuan käymäläjätehuollon nykytilan kuvaus

Rokuan käymäläjätehuoltoselvityksen maastotyöosuus suoritettiin 13.6.2019 yhdessä luontovalvoja Pekka Hautalan kanssa. Yhden käymäläkohteen, Rokuanjärven, osalta tarkastelu tehtiin 14.6.2019 omatoimisesti ilman luontovalvojan läsnäoloa. Maastotöiden lisäksi haastattelin ulkopuolista yrittäjää, Tarmo Hanhisuantoa, joka hoitaa polttopuuhuollon lisäksi yleisökäymälöiden huollon. Sekä Hautalaa että Hanhisuantoa on haastateltu puhelimesta maastotyövaiheen jälkeen useampaan kertaan.

Rokualla on viisi maastokohdetta, joilla on yleisökuivakäymälöitä: Kirvesjärvi, Pitkäjärvi, Pookivaara, Rokuanjärvi ja Saarinen. Vanhimmat käymälärakennukset, rakennettu vuosina 1997-2000, sijaitsevat Kirvesjärvellä, Rokuanjärvellä (Kuva 53) sekä Pitkäjärvellä. Tosin viimeksi mainittu on poistettu käytöstä heinäkuussa 2019, sillä kohteelle rakennettiin uusi käymälärakennus (Hanhisuanto, 2019b). Pookivaaralla ja Pitkäjärvellä on molemmissa kaksi erillistä käymälää samassa käymälärakennuksessa (kuva 54, liite 1), kun muilla kohteilla on käymälärakennuksessa vain yksi käymälä. Huollettavia käymälöitä oli loppukesästä 2019 yhteensä 7 kappaletta.



Kuva 53. Rokuanjärven nuotiopaikan yhteydessä sijaitseva käymälärakennus edustaa vanhempaa käymälärakennuskantaa Rokuan kansallispuistossa. Kuva: Lauri Värri.



Kuva 54. Uusissa käymälärakennuksissa on paikat kahdelle käymälälle sekä lattian puhtaana pitoa helpottava metalliritilälattia. Kuvassa Rokuan kansallispuistossa sijaitseva Pookivaaran huipun käymälä. Kuva: Lauri Värri.

Kaikki Rokuan yleisökäymälät ovat Biolan Populett-merkkisiä kuivakäymälöitä. Käymälöissä on vaihdettava 200 litran käymäläjätessäiliö sekä virtsan erottelumekanismi. Ainakin Kirvesjärvellä ja Rokuanjärvellä virtsan erottelumekanismiin muovisuppilot ovat auki, joten voidaan olettaa, että virtsan erottelu on käytössä alueen muissakin käymälöissä (Hanhisuanto, 2019b). Kuivikkeena käytetään pääasiassa Biolanin komposti- ja huussikuiviketta. Kuiviketta kuluu vuodessa keskimäärin 160 litraa kuivakäymälää kohden. Ennen Saarijärven uuden käymälärakennuksen valmistumista kuivikkeen kulutus koko alueella on ollut 1,16 m³ kuuden käymälän osalta.

Käymälälaitteen ilmanvaihto tapahtui kansirakenteessa olevan säädettävän korvausilmaventtiilin sekä poistoputken avulla. Kaikissa poistoputkissa oli sekä sadevedeltä suojaava hattu että hyönteisten pääsyn estävä verkko. Korvausilmaventtiilit olivat auki jokaisella kohteella ja poistoputken päät ulottuivat joko kattolapteen yläpuolelle tai jäivät räystäään alapuolelle.

Jokaisen käymälärakennuksen takana on erillinen jälkikompostointikehikko (Kuva 55), joka on huoltoyrittäjän itsensä suunnittelema malli. Kehikon seinät on tuplalaudoitettu painekyllästetystä laudasta ja pohjassa on tiheäsilmäinen metalliverkko. Lisäksi jälkikompostorin päällä on filmivänerista tehty kansi, joka on kiinnitetty ruuveilla runkoon. Kannen ruuviinnityksellä pyritään estämään retkeilijöitä laittamasta muoviroskia jälkikompostoriin. Rakenne on pohjasta avoin ja ilmanvaihto tapahtuu seinärakenteen kautta. Seinien tuplalaudoituksella on haluttu lisätä kehikon käyttöikä. (Hanhisuanto, 2019a).



Kuva 55. Huoltoyrittäjän suunnittelema jälkikompostointikehikko Kirvesjärven taukopaikalla Rokualla. Kuva: Lauri Värri.

Käymälät ovat pääsääntöisesti sijoitettu noin 30 - 40 metrin etäisyydelle nuotiopaikoista. Lähimmillään käymälät sijaitsevat noin 20 metrin päässä tulipaikalta. Vesistöihin nähden lähes kaikki käymälät sijaitsevat alle 100 metrin päässä vesistöistä. Ainoastaan Pookivaaran hupulla sijaitsevat käymälät jäävät tämän rajauksen ulkopuolelle. Kaikkein lähimpänä vesistöä sijaitsee Kirvesjärven käymälä, jonka etäisyys läheisiä järviä yhdistävästä uomasta on noin 10 metriä. Lisäksi korkeuseroa käymälän pohjarakenteiden ja vedenpinnan välillä on vain reilun metrin verran. Muilla, vesistön läheisyydessä sijaitsevilla, kohteilla etäisyys käymälän ja vesistön vesirajan välillä vaihtelee 20 - 60 metrin välillä. Käymälät sijaitsevat kaikilla kohteilla huollon kannalta hyvien tieurien varrella ja käymälän viereen pääsee joko autolla, traktorilla tai mönkijällä.

Rokualla käymälöiden huolto on ulkoistettu ulkopuoliselle yrittäjälle, joka on huoltanut alueen kuivakäymälöitä jo usean vuoden ajan. Huoltosopimukseen kuuluu vähintään kaksi huoltokäyntiä vuoden aikana, jotka yleensä ajoittuvat toukokuun alkuun ja elo-syyskuun vaihteeseen riippuen

käymälöiden täyttöasteesta. Lisäksi vuoden aikana tehdään ylimääräisiä huoltokäyntejä, jos retkeilijöiltä tulee ilmoituksia akuuteista huoltotarpeista. Tällaiset tilanteita ovat esimerkiksi kuivikkeen loppuminen, käymälän täytyminen tai jonkin muu välitöntä huoltoa vaativa asia.

Rokuan alueen osalta käymälöiden huolto käsittää käymälärakennuksen siistimisen, kuivikkeen täydennyksen sekä käymäläästian tyhjennyksen tai vaihdon kohteesta riippuen. Kohteilla, joilla on vain yksi käymälä, kiinteä käymäläjäte kaadetaan jälkikompostointikehikkoon. Tämän jälkeen astia asennetaan takaisin käymälään. Pookivaaran ja Saarijärven kohteilla käymälärakennuksissa on erillinen suljettu varastotila käymälärakennuksen takaosassa (liite 1). Näillä kohteilla täysinäinen käymäläästia vedetään varastotilan perälle ja asennetaan tyhjä vaihtoastia käymälään. Kaikilla kohteilla tyhjän astian pohjalla laitetaan reilusti kuiviketta sitomaan kosteutta ja varmistamaan, että suotonesteen erottava välipohja toimii kunnolla. (Hanhisuanto, 2019a)

Huoltoyrittäjän mukaan kiinteä käymäläjäte jälkikompostoidaan käymälän takana olevassa kehikossa, jotka tyhjenetään toukokuun huoltokäynnin yhteydessä lapiomalla jälkikompostoitunut käymälämakki mönkijän lavalle. Vanhaa käymälämakkia jätetään hieman kompostointikehikon pohjalle, jolla pyritään nopeuttamaan kompostointiprosessin käynnistymistä. Tämän jälkeen kompostointikehikkoon kaadetaan reilun puolen vuoden aikana kertynyt käymälämakki. Elo – syyskuun aikana tehdään toinen huoltokäynti, jolloin kesän aikana kertynyt makki kaadetaan jälkikompostointikehikkoon keväällä kaadetun käymälämakin päälle. Tämän jälkeen Käymälämakin annetaan kompostoitua seuraavan kevään huoltokäyntiin saakka. Huoltoyrittäjän mukaan käymälöiden tyhjennykset on pyritty ajoittamaan siten, että jälkikompostoitumiselle olisi mahdollisimman hyvät edellytykset. Ensimmäinen makkipanous ehtii jälkikompostoitua 12 kuukautta. Toinen makkipanous laitetaan heti elo-syyskuussa, jotta makki ehtisi jälkikompostoitua mahdollisimman pitkään ennen talven kylmää ajanjaksoa. (Hanhisuanto, 2019a)

Yrittäjän mukaan käymälöiden huoltoon liittyvä ongelmat liittyvät lähinnä käymälämakin seassa oleviin roskeisiin ja työergonomiaan. Käymäläjätteen seassa olevat roskat haittaavat kompostoitumista ja kompostoidun käymäläjätteen loppusijoitusta. Käymäläästioiden tyhjennys kaatamalla kehikon laidan yli on raskasta ja työergonomisesti haastava työvaihe. (Hanhisuanto, 2019a) Koska käymälöitä ei ole tarvinnut vielä tyhjentää talvisin, ei käymäläjätteen tai suotonesteen jääytymisestä ole aiheutunut ongelmia käymälöiden huollon tai ylläpidon näkökulmasta katsottuna. (Hanhisuanto, 2019a; Hautala, 2019a)

Käymäläjätteen loppusijoitukseen vaikuttaa käymäläjätteen seassa olevat muoviroskat. Kirvesjärven ja Saarisen käymäläjätteet on jouduttu viime vuosina viemään Muhoksen jäteasemalle sekajätteenä, johtuen käymälä-

jätteen seassa olevista muoviroskista. Muiden käymälöiden osalta jälki-
kompostoitunut käymäläjäte menee yrittäjän omaan käyttöön maanpa-
rannusaineeksi esimerkiksi nurmikon perustukseen sekä marjapensaille.
Jälki-
kompostoitunut käymäläjäte on yrittäjän mukaan multamaista ja ha-
jutonta. Silmämääräisesti tarkasteltuna se on ollut tasalaatuista ja eikä sen
seasta ole voinut erota ulostetta tai vessapaperia. (Hanhisuanto, 2019a).

Käymälämäkistä suodattuva suotoneste sekä eroteltu virtsa johdetaan
maaperään käymälän taakse kaikilla kohteilla paitsi Saarisen uudella käy-
mälällä. Käytännössä kuivakäymälän pohjarakenteesta lähtevän nesteput-
ken pää on upotettu maahan (kuva 56). Maaperä on alueella yleisesti hiek-
kaa (kuva 57), joten voidaan olettaa käymälänesteen suodattuvan maape-
rään hyvin. Pitkäjärven uudessa käymälärakennuksessa suotonesteet joh-
detaan kootusti maahan upotettuun noin 200 litran säiliöön. Säiliöllä on
oma tuuletusputki, jonka päässä on ilmavirtausta tehostava tuulituuletin
(Hautala, 2019b). Pitkäjärven ja Pookivaaran käymälärakennuksissa käy-
mälänesteiden johtamista varten on varaston lattiaan asennettu lattiakai-
vot sekä putkiverkosto. Näiden avulla nesteet sekä käymälöistä että
täynnä olevista vaihtoastioista saadaan johdettua kootusti haluttuun paik-
kaan (liite 1). Pookivaaran kohteella kaikki nesteet ohjataan kootusti erilli-
seen kivipesään noin 5 metrin päähän käymälästä (Hautala, 2019a).



Kuva 56. Vanhemmilla käymäläkohteilla käymälänesteet johdetaan tyypil-
lisesti pintamaahan käymälän taakse. Kuvassa nesteputken pää
upotettuna maahan Saarisen kuivakäymälällä Rokualla. Kuva:
Lauri Värri



Kuva 57. Rokuan alueen hiekkavaltainen maaperä läpäisee hyvin nesteitä. Kuva otettu Pitkjärven uuden, kesällä 2019 valmistuneen, käymälän rakennustyömaalta. Kuva: Lauri Värri.

Todennäköisesti kaikissa alueen yleisökäymälöissä on käytössä virtsan erottelu, kuten edellä on todettu. Virtsan erottelevan suppilon päällä oleva muovinen ritilä oli toisilla kohteilla osin tai kokonaan tukossa. Yleensä tukoksen aiheuttajana oli huolimattomasti heitetty vessapaperi tai kuivike (kuva 58). Täysin puhdasta virtsaa ei virtsan erottelulla saada, sillä kaikissa ritilöissä oli enemmän tai vähemmän merkkejä kiinteästä käymäläjätteestä.



Kuva 58. Rokuan alueella kuivakäymälöiden virtsan erottelu oli usein joko osittain tukossa tai likainen. Kuvassa vessapaperin tukkima (vas.) ja hieman puhtaampi (oik.) virtsanerottelumekanismen ritilä. Kuva: Lauri Värri.

10.2.3 Käymäläjättemäärät Rokualla

Metsähallituksen PAVE-paikkatietojärjestelmästä ei ollut saatavilla ajantasaista käymäläjätetietoja Rokuan kohteilta, joten käymäläjättemäärien arviot perustuvat huoltoyrittäjältä saatuihin tietoihin käymälöiden tyhjenysten lukumääristä ennen Pitkäjärven uuden käymälärakennuksen käyttöönottoa. Jättemääriä tarkasteltaessa on huomioitava se, että makki sisältää ulosteen lisäksi kuiviketta ja vessapaperia sekä mahdollisesti retkeilijöiden jättämiä biojätteitä. Lisäksi tulee huomioida se, että käymälämakki kompostoituu erityisesti kesäaikana, joka pienentää sen tilavuutta.

Käymälät tyhjenetään vuoden aikana pääsääntöisesti kaksi kertaa. Käymäläastia on tyhjennettäessä täysi eli se sisältää noin 200 litraa kiinteää käymäläjätettä. Käymäläjätettä kertyy eniten sulanmaan aikaan, jolloin alueella on eniten kävijöitä. Talviaikaan käymälöiden käyttö on Hautalan mukaan melko vähäistä. Talviaikaiseen kuormitukseen vaikuttavat talviaikaan ylläpidettävien reittien ja urien linjaukset, jotka voivat vaihdella eri vuosina. Esimerkiksi huoltokäyntien aikana syntyvät moottorikelkkaurat vaikuttavat retkeilijöiden liikkumiseen alueella. (Hautala, 2019a). Vaikka kaikilla käymäläkohteilla on lähtökohtaisesti yhtä pitkät tyhjennysvälit, esiintyy käymäläkohteiden välistä kuormitusvaihtelua jonkin verran. Suurimmat kuormitukset ovat Pookivaaralla, joka on alueen suosituimpia nähtävyyksiä sekä Pitkäjärvellä, joka on suosittu telttailupaikka erityisesti kouluryhmien keskuudessa. Molemmilla kohteilla onkin nykyisin käytössä kaksinkertainen käymäläkapasiteetti alueen muihin käymäläkohteisiin verrattuna. Yrittäjän mukaan aiemmin Pitkäjärvellä ollut yksittäinen käymälä oli ylikuormittunut ja sille piti tehdä 3 - 4 tyhjennystä vuoden aikana. (Hanhisuanto, 2019b). Myös Saarijärven ja Kirvesjärven kohteilla on merkkejä siitä, ettei kaksi tyhjennystä vuodessa enää riitä tulevaisuudessa. Rokuanjärven käymälä vaikuttaisi olevan pienimmällä kuormituksella ja käymälän kapasiteetti kestää hyvin puolen vuoden huoltovälin. (Hanhisuanto, 2019a)

Edellä kuvattujen tietojen pohjalta laskettu arvio kiinteän käymäläjätteen määräksi Rokuan yleisökäymälöistä on $3,10 \text{ m}^3$ vuodessa (taulukko 7). Kokonaismäärä koostuu kuivikkeesta ($1,16 \text{ m}^3$) sekä ulosteesta ja vessapaperista ($1,94 \text{ m}^3$). Kuivikkeen osuus laskelmassa perustuu huoltoyrittäjän ilmoittamaan arvioon, jonka mukaan käymälän tyhjennyksen yhteydessä käymälään tuodaan kaksi 40 litran kuivikesäkkiä. (Hanhisuanto, 2019a, Hanhisuanto, 2019b). Arviossa ei ole huomioitu käymäläastian pohjalle laitettavan kuivikkeen määrää eikä kompostoitumisen aikana tapahtuvaa tilavuuden pienentymistä. Toisaalta nämä kaksi tekijää voivat jossain määrin tasoittaa toistensa aiheuttamaa virhettä laskelmassa.

Taulukko 7. Laskennallinen arvio Rokuan alueen yleisökuivakäymälöiden kiinteän käymäläjätteen määrästä käymäläkohteittain sekä kuivikkeeseen ja ulosteeseen ja vessapaperin arvioidut osuudet ennen Pitkäjärven uuden käymälärakennuksen käyttöönottoa.

Käymäläkohde	Käymäläjäte (m ³)	Kuivike (m ³)	Uloste + vessapaperi (m ³)
%-osuus käymäläjätteestä	100 %	37 %	63 %
Pookivaara	1,20	0,40	0,80
Kirvesjärvi	0,40	0,16	0,24
Pitkäjärvi (vanha)	0,70	0,28	0,42
Saarinen	0,40	0,16	0,24
Rokuanjärvi	0,40	0,16	0,24
Yhteensä (m³)	3,10	1,16	1,94

10.2.4 Käymälöiden hygieenisuus ja vaikutukset ympäristöön

Maastokäynnin yhteydessä havainnointiin aistinvaraisesti käymälän yleistä siisteyttä sekä vaikutuksia ympäristöön. Yleisesti ottaen käymälät olivat kohtuullisen siistejä, kun huomioidaan se, että käymälän lattialle kertyy jatkuvasti hiekkaa ja neulasia, eikä käymälöitä käydä siivoamassa systemaattisesti viikoittain. Pookivaaran kohteella lattian roskaantumisoongelma oli ratkaistu tekemällä lattia metalliritilästä, jolloin roskat varisevat suoraan käymälärakennuksen alle (kuva 54). Ilmeisesti vastaavanlainen rakenne on nykyisin myös Pitkäjärven uudessa käymälärakennuksessa. Käymälöissä ei juurikaan ollut sinne kuulumattomia tavaroita tai roskia. Vanhimmista käymälärakennuksista näki, että ne ovat olleet kovalla käytöllä jo vuosia.

Käymälöistä ei juurikaan aiheutunut hajuhaittoja ympäristöön. Satunnaiset hajuhaitat sisätiloissa johtuivat lähinnä yksittäisistä virtsatähroista käymälälaitteen ulkopinnalla tai lattialla. Periaatteessa Populett-käymälälaitte pitäisi olla tiivis, eikä sisäpuolelta pitäisi päästä nesteitä käymälän ulkopuolelle. Näin ollen voidaan olettaa, että virtsatähdet ovat johtuneet lähinnä käyttäjien huolimattomuudesta. Yhdellä kohteella käymälän istuimessa oli havaittavissa ulostetähdä, jota oli yritetty pyyhkiä pois. Tämä ei aiheuttanut varsinaista hajuhaittaa mutta on seuraaville käyttäjille hygieniariski.

Käymälöiden takaosa ja huoltoluukun ympäristöt olivat silmämääräisesti tarkasteltuna melko siistejä. Muutamalla kohteella oli maassa havaittavissa jäänteitä käymälämakista, joka oli ilmeisesti varissut maahan samalla kun käymäläastia on tyhjennetty jälkikompostointikehikkoon. Pitkäjärven jo käytöstä poistetulla käymälällä, käymälän ja jälkikompostointikehikon välinen maaperä oli melko epäsiistin oloinen. Ilmeisesti tämä johtui siitä, että suotonestettä tihkui suotonesteputken ja käymäläastian liitoksesta ja nestettä oli ajan kuluessa valunut käymälän taakse maan pinnalle. Käymälä

on ollut myös kovalla kuormituksella, joka omalta osaltaan saattaa selittää tilannetta.

Maaperä käymälän ja jälkikompostointikehikon välillä oli yleisesti melko kulunut ja kasvillisuutta esiintyi melko vähän. Kasvilajit käymälän takaosan välittömässä läheisyydessä eivät eronneet merkittävästi muusta ympäristön kasvillisuudesta. Tiivistä sammalmattoa tosin esiintyi lähes kaikilla, pidempään käytössä olleilla, kohteilla. Sammalesiintymien perusteella voidaan todeta, että käymäläkohteilla on havaittavissa vähintäänkin käymälästä peräisin olevaa pintamaan jatkuvaa kostumista. Ainakaan ruoho- ja puuvartisten kasvilajien perusteella ei maaperän rehevöitymisestä ollut havaittavia merkkejä.

Pitkäjärven vanhan käymälän lisäksi myös Saarisen käymälällä oli havaittavissa selkeää pintamaan kostumista kohdassa, jossa suotonesteputki on upotettu maahan. Kooltaan kostunut alue oli noin 30 cm * 30 cm. Varsinaista hajuhaittaa esiintyi vain Saarisen käymälän takana, joka johtui todennäköisesti suotonesteen edellä kuvatusta suotonesteen kostuttamasta pintamaasta. Pitkäjärven vanhalla käymälällä ei vastaavia hajuhaittoja ilmennyt.

10.2.5 Kehittämisehdotukset Rokuan alueen käymäläjätehuoltoon

Käymälänesteiden johtaminen maaperään ei vastaa voimassa olevia ohjeistuksia. Käymäläneste sisältää runsaasti rehevöitymistä aiheuttavia ravinteita kuten typpeä ja fosforia sekä ulosteperäisiä taudinaiheuttajia, joita ei saisi päästää maaperään käsittelemättä. (Suomen ympäristökeskus, 2013). Koko Rokuan alue on luokiteltu pohjavesialueeksi ja käymäläkohteet sijaitsevat Pookivaaran kohdetta lukuun ottamatta vesistöjen läheisyydessä. Tämän johdosta ehdotan seuraavia korjaavia toimia:

- Vesistöjen välittömässä läheisyydessä olevat Kirvesjärven, Rokuanjärven ja Saarijärven käymälöillä estetään nesteiden kulkeutuminen maaperään.
- Pookivaaralla vaikutetaan maaperään johdetun nesteen laatua niin, että ympäristövaikutukset voidaan minimoida tai vaihtoehtoisesti estetään nesteiden kulkeutuminen maaperään.

Koska käymälänesteiden käsittelyyn liittyvät ongelmat eivät rajoitu pelkästään Rokuan kansallispuistoon ja sen suojelualueisiin tullaan kehittämisehdotukset tämän osalta käsittelemään kootusti luvussa 12.

Rokuan alueen kiinteän käymäläjätteen jälkikompostointi maavaraisessa kehikossa ei vastaa yleisiä ohjeita käymäläjätteen kompostoinnista. Käymäläjätetekompostista ei saa päästä valumaan maaperään nesteitä ja tämän takia kehikon pohjan tulisi olla vedenpitävää materiaalia. (Käymäläseura

Huussi ry., n.d.). Myös kunnallinen viranomainen voi tarkentaa yleistä ohjeistusta, joka tulisi ottaa asiassa huomioon. Asian korjaamiseksi ehdotan seuraavia kehittämistoimia:

- Käymäläjätteen jälkikompostikehikon pohjaverkon päälle lisätään pakkasta ja kulutusta kestävä vedenpitävä materiaali, jonka tulisi nousta ylös kehikon seinämille noin 15 cm estämään mahdolliset nesteiden ylivuodot.
- Tämän johdosta kehikon ilmanvaihtoa tulisi parantaa, jotta kompostoitumisprosessille on tarjolla riittävästi ilmaa ja varmistetaan mahdollisuus nesteiden haihduntaan. Esimerkkiä rakennemallista voi ottaa esimerkiksi Tukholman Saaristosäätiöllä käytössä olevista Mullbanken - kompostointikehikosta, joka on kuvattu luvussa 8.1.4. Nykyinen käytössä oleva rakenne on pohjamateriaalia lukuun ottamatta kuitenkin hyvä lähtökohta uudelle kehikolle.

10.3 Pyhä-Luoston kansallispuiston käymäläjätehuoltoselvitys

Pyhä-Luoston kansallispuiston selvitystä varten tietoja kerättiin haastatteleamalla kenttätöistä vastaavaa henkilökuntaa sekä ulkopuolista huoltoyrittäjää. Lisäksi tietoja kerättiin Metsähallituksen julkaisemista materiaaleista kuten kansallispuiston hoito- ja käyttösuunnitelmasta ja kävijäkselystä sekä Metsähallituksen sisäisistä tietokannoista. Selvitykseen sisältyi maastotyövaihe, jonka aikana inventoitiin valtaosa kansallispuiston alueella olevista yleisökuivakäymälöistä ja tiedot kerättiin erilliselle maastolomakkeelle (liite 12). Kaikkea edellä mainittua aineistoa käytettiin apuna hahmotettaessa alueen käymäläjätehuollon toimintaympäristöä, nykytilaa sekä toiminnassa esiintyvät keskeiset haasteet.

10.3.1 Taustatietoja Pyhä-Luoston kansallispuistosta ja sen käytöstä

Pyhä-Luoston kansallispuisto sijaitsee Lapin läänissä kolmen kunnan, Kemijärven, Pelkosenniemen ja Sodankylän, alueilla. Kansallispuisto perustettiin vuonna 2015 yhdistämällä vuonna 1938 perustettu Pyhätunturin kansallispuisto ja Luostotunturin ympäristön vanhojen metsien ja soidensuojelun perusohjelmien kohteet. Kansallispuiston pinta-ala on noin 14 400 hehtaaria, joista vesialueita on vain vajaat 40 hehtaaria. (Juntunen, Kulmala, Kamula & Härkönen, 2017, s. 7)

Puiston alue muodostuu Pyhä- ja Luostotunturit yhdistävästä, Suomen eteläisimpien suurtuntureiden ketjusta sekä niitä ympäröivistä metsä- ja suoalueista. Tunturijonoa seurailevat reitit yhdistävät Pyhän ja Luoston matkailukeskukset toisiinsa. Puiston alueella sijaitsee myös Lampivaaran amestatikaivos, joka on yksi merkittävimmistä alueen matkailunähtävyyksistä. Paikallisille asukkaille kansallispuiston alue toimii merkittävänä porolaidun ja virkistysalueena. (Juntunen ym., 2017, s. 7)

Kansallispuiston alueella on hyvin vähän vesistöjä, vain 0,3 % kokonaispinta-alasta. Vesistöt ovat lähinnä pieni jokia ja puroja, jotka saavat alkunsa tunturien juurella olevista lukuisista lähteistä. Kansallispuiston alueella on yhteensä kuusi pohjaveden muodostumisaluetta, joilla kaikilla pohjaveden laatu on todettu hyväksi. Vedenhankinnan kannalta tärkeäksi pohjavesialueeksi (luokka I) on määritetty ainoastaan Pyhätunturin pohjoispuolella sijaitseva Messukallion alue. Lisäksi kolme aluetta on merkitty vedenhankintaan soveltuvaksi pohjavesialueeksi (luokka II) ja kaksi aluetta on merkitty muuksi pohjavesialueeksi (luokka III). Maaperä alueella on pääosin moreenia. Tunturialueilta moreeni kuitenkin puuttuu ja kallion pinta on yleisesti näkyvissä. (Juntunen ym., 2017, s. 11 - 12)

Kansallispuisto on profiloitunut helposti saavutettavana päiväkäyntikohteena. Puiston matkailusesongit painottuvat talveen ja syksyyn mutta myös kesämatkailu alueella on lisääntynyt. Kansallispuiston käyntimäärä vuonna 2018 oli 174 400, jonka perusteella alue on Suomen kuudenneksi vilkkain kansallispuisto (Metsähallitus, 2019g). Viime vuosina käyntimäärät ovat olleet voimakkaassa kasvussa, kun huomioidaan että vuonna 2015 käyntimäärä oli vielä 115 000. (Juntunen ym., 2017, s. 19 - 20)

Tuoreimman, vuosia 2015 - 2016 käsittävän, kävijätutkimuksen mukaan kansallispuiston kävijät ovat valtaosin (91 %) suomalaisia. Alueella vieraillee vuosittain myös paljon ulkomaalaisia vierailijoita, mutta kävijätutkimuksen otanta ei pystynyt tavoittamaan heitä täysimääräisesti. Päiväkävijöiden osuus oli 83 % ja käynnin kesto oli keskimäärin 4,2 tuntia. Kansallispuiston alueella yöpyvien osuus oli siten 17 % ja heidän osaltaan käynnin keskimääräinen kesto oli 2,3 vuorokautta. Yöpyminen tapahtui joko tellassa tai autiotuvalla tai vuokrakämpällä majoittuen. Vierailunsa aikana yleisökäymäläpalveluita ilmoitti käyttäneensä 72 %. (Pakkanen, 2017, s. 30 - 31, 49) Pelkästään päiväkävijöiden, käynnin kesto alle 12 tuntia, osalta käymäläpalveluita ilmoitti käyttäneensä 69 % (Pakkanen, 2019). Kävijätutkimuksen teon jälkeen kansallispuiston alueella olevien Metsähallituksen vuokrakämppien käyttöasteet ovat olleet kenttäpäällikkö Vainon mukaan nousussa. Samalla vuokrakämppien palveluvarustelua ja tarjontaa on lisätty. (Vainio, 2019a). Nämä seikat huomioiden, alueella majoittuvien osuus voi olla edellä mainittua lukua hieman suurempi. Muilta osin kävijätutkimuksen antama kuva kävijäprofiilista voidaan katsoa vastaavan selvityksen tekohetken tilannetta.

Kävijäkyselyn mukaan suurin osa kävijöistä vierailee kansallispuiston eteläosassa, Pyhän matkailukeskuksen puoleisella alueella. Erityisen suosittuja kohteita siellä ovat Isokuru ja Karhunjuomalampi. Myös Pyhän matkailukeskuksen yhteydessä toimiva kansallispuiston opastuskeskus Naava, on sekin suosittu kohde. Puiston keskivaiheilla oleva ametistikaivos on myös hyvin suosittu kohde. Luoston puolelta suosituin kohde on Ukko - Luoston reitistö. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että Luoston alueeseen kohdistuva kävijäpaine on selvästi pienempi, mitä se on puiston eteläosassa Pyhän alueella. (Pakkanen, 2017, s. 29)

Alueen reitistö palvelee kävijöitä ympäri vuoden. Kesäretkeilyreittejä on yhteensä noin 84 km. Maastopyöräily on huomioitu sekä kesäaikaan että talviaikaan erityisesti tätä varten suunnitelluilla reiteillä. Talvisin alueella on hiihtoladut, jotka yhdistävät Pyhän ja Luoston matkailukeskukset. Myös lumikenkäilyä varten on omia reittejä. Puiston alueella kulkevat reitit soveltuvat päiväretkeilyyn mutta myös muutaman päivän kestoisen vaellus on mahdollista. Suosituin reitti on Pyhän matkailukeskuksen läheisyydessä oleva rengasreitti, joka kulkee Kultakeron ympäri, Isokurun ja Karhunjuomalammen kautta. (Pakkanen, 2017, s. 13 - 14; Metsähallitus, 2019m).

Kansallispuiston retkeilyreittien (liite 2) varrella oleva palvelurakenteet koostuvat pääasiassa laavuista, kodista, päivätuvista, autiotuvista sekä muutamasta vuokrakämpästä. Päivätuvat ovat ainoastaan päiväkäyttöä varten mutta autiotuvilla on mahdollisuus tilapäiseen majoittumiseen. Telttailu on mahdollista kaikilla edellä mainituilla kohteilla. Juomavesikaivoja tai muita vedenottoaikoja on muun muassa Rykimäkerolla, Oravanjuomalammella sekä Huttujärven ja Yrjölän vuokrakämppien yhteydessä. Kaikilla taukopaikoilla on aina vähintään yksi yleisökäymälä sekä polttopuuvarasto. Puiston keskelle olevan ametistikaivoksen yhteydessä on kahvila, joka palvelee ametistikaivoksella vierailevia matkailijoita sekä Pyhän ja Luoston matkailukeskuksia yhdistävällä reitillä kulkevia retkeilijöitä. Kahvila on auki lähestulkoon koko vuoden ympäri. Lisäksi kansallispuiston aluerajauksen ulkopuolella on useita eritasoisia taukopaikkoja ja reittejä. Myös näiltä kohteilla on yleisökäymälät.

10.3.2 Pyhä-Luoston kansallispuiston käymäläjätehuollon nykytilan kuvaus

Käymäläjätehuoltoselvitykseen liittyvät käymäläinventoinnit Pyhä-Luoston osalta toteutettiin 5. - 8.8.2019 välisenä aikana. Kahtena ensimmäisenä päivänä mukana olivat luontovalvoja Aarne Harju ja kenttäpäällikkö Olli Vainio. Tämän jälkeen jatkoin maastotöitä omatoimisesti ennalta sovitujen käymäläkohteiden osalta. Maastotöiden lisäksi haastattelin puhelimitse kansallispuiston taukopaikkojen polttopuu- ja käymälähuollosta vastaavaa yrittäjää. Käymäläinventointiin liittyviä tietoja on tarkennettu jälkikäteen puhelinhaastatteluilla. Lisäksi käymälöiden jätemäärien selvityksessä on hyödynnetty Metsähallituksen PAVE-paikkatietojärjestelmän aineistoja.

Pyhä-Luoston yleisökäymäläselvityksessä on rajattu pois kansallispuiston rajauksen ulkopuolella sijaitsevat yleisökäymälät muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Inventoitavat käymäläkohteet valittiin yhdessä kenttäpäällikön ja luontovalvojan kanssa siten, että niiden avulla saisi kokonais kuvan Pyhä-Luoston käymäläjätehuollosta ja toimintaan vaikuttavista erityispiirteistä. Lisäksi on huomioitava se, että Pyhä-Luoston osalta tarkastelussa on mukana myös imutyhjennyskäymälöitä perinteisten kuivakäymälöiden lisäksi, sillä ne muodostavat merkittävän osan alueen käymäläjätehuollossa.

Selvitykseen valikoituneet käymälät sijaitsivat tasaisesti koko kansallispuiston alueella. Kaikki käymälät sijaitsivat retkeilyreittien varrella pois lukien Ahvenlammen virkistyskalastuskohteen käymälä. Se sijaitse Luoston matkailukeskuksen ja alueen halki kulkevan seututien (962) välittömässä läheisyydessä. Lisäksi Yrjölän vuokrakämpän pihapiirissä sijaitseva kuiva-käymälä, joka on tarkoitettu vain kämpän vuokranneilla retkeilijöille, sijaitsee hieman erillään varsinaisesta retkeilyreitistä. Yhteensä inventoituja käymäläkohteita oli 20 kappaletta ja jokaisella kohteella oli 1 - 3 käymälää yleensä samassa rakennuksessa (taulukko 8). Kuudella kohteella oli siirrytty käyttämään perinteisten kuivakäymälöiden sijaan imutyhjennys-käymälöitä, johtuen kohteiden suuresta kävijämäärästä.

Taulukko 8. Pyhä-Luoston kansallispuiston käymäläinventointikohteet toimintaperiaatteen mukaan ryhmiteltynä.

Toimintaperiaate	Kohteen nimi	Käymälöiden määrä kohteella	Käymäläjäte säiliön/astian tilavuus m ^{3*}
Imutyhjennyskäymälä	Karhunjuomalampi	3	5
	Isokuru	2	5
	Rykimäkero	2	3
	Huttujärvi	2	3
	Huttuloma	2	3
	Lampivaara	4 + 2 (inva- ja henkilökunta käymälät)	5 + 2**
Kuivakäymälä, laatikko	Tiaislaavu	1	0,3
	Porolaavu	1	0,3
	Tikkalaavu	1	0,3
	Kapusta	2	0,3
	Porontahtoma	1	0,3
	Pyhälampi	1	0,3
	Kuukkeli	1	0,3
	Oravanjuomalampi	1	0,3
	Rykimäkuru	1	0,3
	Ukkolaavu	2	0,3
	Yrjölä	1	0,3
	Ahvenlampi	1	0,3
	Yli-luosto	1	0,3
Kuivakäymälä, Clivus	Pyhälatva	1	0,5

*Imutyhjennyskäymälöillä on aina yksi yhteinen säiliö per kohde, kuivakäymälöissä on käymäläistuinkohtainen astia.

** Inva- ja henkilökuntakäymälöiden osalta ei ole tarkkaa tietoa säiliön koosta, arvioidaan olevan 2 m³.

Imutyhjennyskäymälät ja yksinkertaisen käymäläjätelaatikkoon perustuvat kuivakäymälät eroavat huollon ja tekniikan osalta merkittävästi toisistaan. Tämän takia käymäläjätahuollon tarkastelu on jaettu kahteen osaan, keskittyen ensin imutyhjennyskäymälöihin ja sen jälkeen käytössä olleisiin perinteisiin kuivakäymälöihin.

Ensimmäinen imutyhjennyskäymälät rakennettiin vuonna 2003 Huttuloon ja loput vuonna 2008. Lampivaaran kahvilan yhteydessä olevat imutyhjennyskäymälät ovat sittemmin peruskorjattu vuonna 2011. Lisäksi erillisessä rakennuksessa olevat esteetön käymälä ja henkilökunnan käymälä on muutettu imutyhjennyskäymälöiksi vuonna 2016. Kaikki imutyhjennyskäymälät ovat ympärivuotisessa käytössä ja ne sijaitsevat kohteilla, joilla on hyvin suuri kävijäpaine ja huoltotieyhteys (kuva 59).



Kuva 59. Maastokohteille, joilla on erityisen suuri kävijämäärä ja huoltotieyhteys, on rakennettu imutyhjennyskäymälät. Kuvassa imutyhjennyskäymälärakennus Karhunjuomalammella. Kuva: Lauri Värri.

Imutyhjennyskäymälät koostuvat maan alle kaivetusta isosta säiliöstä sekä säiliön yläpuolella olevasta käymälärakennuksesta sekä käymäläistuimista, jotka ovat yhdistetty noin 300 mm:n metalliputkilla isoon säiliöön. Putken iso halkaisija mahdollistaa sen, ettei käymäläjätteen huuhteluun tarvita vettä. Imutyhjennyskäymälän toimintaideana on kerätä kaikki käymäläjäte yhteen umpinaiseen säiliöön, josta lietemäinen käymäläjäte pumpataan joko imutyhjennysautolla tai traktorin perässä vedettävällä imutyhjennysvaunulla poiskuljetettavaksi kunnalliselle jätevedenkäsittelylaitokselle. Säiliön tyhjennystä varten säiliöstä lähtee iso noin 250 mm halkaisijaltaan oleva kannellinen putki, joka on yleensä käymälän sivustalla huoltotien puolella.

Kaikissa imutyhjennyskäymälöissä ilmanvaihto oli järjestetty peruseriaatteeltaan samalla tavalla. Ilmanvaihdon korvausilma otetaan käymäläistuimen kautta ja poisto tapahtuu noin 3 - 4 metrin korkeuteen ulottuvien putkien kautta. Putkien päässä on ilmanvaihtoa tehostavat tuuliturbiinit (kuva 59). Isommissa 5 m³ säiliöissä käytettiin kahta tai kolmea poistoputkea kun taas pienemmissä 2 - 3 m³ säiliöissä yhtä tai kahta poistoputkea. Ilmanvaihto oli painovoimainen kaikissa muissa kohteissa paitsi Lampivaaran

neljän käymälän rakennuksessa, jossa ilmanvaihtoa oli tehostettu koneellisesti (kuva 60).



Kuva 60. Koneellisesti tehostetulla ilmanpoistolla pyritään vähentämään imutyhjennyskäymälän sisätilojen hajuhaittoja. Kuvassa Lampivaaran imutyhjennyskäymälä, jossa koneellisesta ilmanpoistosta huolimatta hajuongelma käymälän sisällä oli selkeästi havaittavissa. Kuva: Lauri Värri

Imutyhjennyskäymälät oli yleensä sijoitettu noin 10 - 30 metrin päähän nuotiopaikasta. Ainoa vesistön läheisyydessä sijaitseva imutyhjennyskäymälä sijaitsi Karhunjuomalammella. Etäisyys lampeen oli noin 100 metriä. Käymälöiden jätehuollon kannalta tärkein tekijä oli käymälälle saakka ulottuva huoltotieyhteys. Huoltotien tuli soveltua vähintään traktori-imutyhjennysvaunu – yhdistelmälle, jollaista huoltoryttäjä käytti. Kaikilla imutyhjennyskäymälöillä huoltoura tulee asfaltoidulta päätieltä käymälälle saakka ja paikan päällä saa käännettyä edellä kuvatun yhdistelmän. Tosin toisilla käymäläkohteilla huoltoura tai käänntöpaikka on varsin ahdas isolle kalustolle. Maastossa kulkevat huoltoreitit olivat pituudeltaan noin 1 - 4 kilometriä. Huollon kannalta haastavin ja pisin maastossa kulkeva huoltoreitti kulkee Pyhän matkailukeskukselta Koiranjuomalammelle (Jaakkola, 2019). Huoltoreitin varrella on pitkiä ja hyvin jyrkkiä mäkiä sekä ahaita kohtia tietä reunustavien puiden ja kivien takia.

Metsähallituksen luontopalveluiden ylläpitämien käymälöiden huolto on ulkoistettu ulkopuoliselle yrittäjälle, joka on tehnyt polttopuu- ja käymälähuoltoa alueella jo usean vuoden ajan. Huoltosopimuksen mukaan huoltoryttäjä huolehti itse lietemäisen käymäläjätteen loppusijoituksesta (Vainio, 2019b). Huoltoryttäjän mukaan imutyhjennyskäymälöiden säiliöiden

täyttymistä seurataan muiden huoltokäyntien yhteydessä. Säiliöiden tyhjennykset tehdään keskimäärin joka toinen vuosi ennen talven tuloa. Huoltokäyntien yhteydessä pidetään huoli myös yleisestä siisteydestä käymälöissä ja niiden välittömässä läheisyydessä. (Jaakkola, 2019).

Yrittäjän mukaan käymäläjäte kuljetetaan traktorilla lähimmälle jätevedenkäsittelylaitokselle, joka on reilun 20 km:n päässä Pelkosenniemellä. Huollon näkökulmasta merkittävin ongelma on käymäläjätteen seassa olevat roskat, kuten pullot, vaipat ja muut käymäläjätteeseen kuulumaton tavara. Roskat tukkivat herkästi imuletkun säiliön tyhjennysvaiheessa, joka hidastaa työtä. Lisäksi roskat voivat aiheuttaa ongelmia jäteveden puhdistuslaitoksella. Tätä ongelmaa on pyritty korjaamaan tiedottamalla käyttäjiä imutyhjennyskäymälän seinältä löytyvällä ohjeella. (Jaakkola, 2019)

Toinen huoltoyrittäjän mainitsema huoltoon liittyvä ongelma on vessaperista käymälälietteen pintaan muodostuva kuiva kuorikerros, jonka takia lietettä pitää pumpata edes takaisin, että pinnan saa rikottua ja lietteen imutyhjennys onnistuu. Umpisäiliöön tulisi yrittäjän mukaan laittaa hajuhaittoja vähentävää kemikaalia tyhjennyksen jälkeen. Kemikaalin lisäämisen suhteen on kuitenkin ollut jonkin verran keskinäistä epä tietoisuutta siitä, kenen toimesta asia tulisi hoitaa. Tämän takia kemikaalin lisäys ei ole ilmeisesti tapahtunut aina silloin kun se kuuluisi tehdä. (Jaakkola, 2019)

Lampivaaralla sijaitsevat imutyhjennyskäymälät omistaa Metsähallitus Luontopalvelut mutta niiden ylläpidosta ja tyhjennyksistä vastaa Kaivosyhtiö Arctic Ametisti Oy:n, joka omistaa sekä ametistikaivoksen että kohteella olevan kahvilan. Kaivosyhtiöllä työskentelevän aluejohtaja Sunnelan mukaan käymälöiden siisteydestä huolehtivat Lampivaaran kahvilan työntekijät. Käymälöiden tyhjennykset on tehty kerran vuodessa ja liete kuljetetaan Sodankylän jäteveden puhdistamolle noin 40 km:n päähän toisen jätehuoltoyrittäjän toimesta. Käymälöistä tyhjennetyn lietteen määrästä ei ole tarkempaa tietoa. (Sunnela, 2019)

Pyhä-Luoston alueella lukumäärällisesti eniten on perinteisiä kuivakäymäläkohteita, jossa uloste ja virtsa kerätään samaan nestettä läpäisevään astiaan. Käymälärakennukset on rakennettu pääosin 2000-luvun alkupuoliskolla mutta myös 1980-luvun lopulla rakennettuja käymälärakennuksia löytyy edelleen esimerkkinä Yrjölän, Kapustan ja Yli-Luoston käymäläkohteilta. Uusin, vuonna 2012 valmistunut, käymälärakennus sijaitsee Kuukkelin vuokrakämpän yhteydestä.

Muutamit kuivakäymälöistä sijaitsevat vesistöjen läheisyydessä. Näitä ovat Ahvenlampi, Oravanjuomalampi, Pyhälampi, Kuukkelin vuokrakämpä sekä Yli-Luoston autiotupa. Näistä kaksi ensin mainittua sijaitsevat alle 40 metrin päässä vesistöstä ja kolme viimeksi mainittua noin 70 – 80 metrin etäisyydellä vesistöstä. Tauko- tai majoituspaikoilla kuivakäymälät ovat yleensä sijoitettu kohtuullisen lähelle, noin 10 - 15 metrin etäisyydelle ruokailuun tai majoittumiseen tarkoitetuista rakenteista.

Perinteiset kuivakäymälät sijaitsevat huollon kannalta pääsääntöisesti haastavissa paikoissa, joiden huolto onnistuu parhaiten tai yksinomaan moottorikelkalla talviaikaan. Kohteille johtavat, kesällä kuljettavat urat, soveltuvat usein myös mönkijälle mutta pitkistä etäisyyksistä ja vaikeakulkuisesta maastosta johtuen käymälähuollot pyritään tekemään talviaikaan. Joillakin kohteilla, kuten Oravaj uomalammella, huolto edellyttää talvellaikin hyvää lumitilannetta tunturialueen rakkakivikoiden takia. Huoltoetäisyydet päätieltä kohteelle voivat vaihdella muutamasta kilometristä yli viiteen kilometriin kohteesta riippuen.

Kaikilla kuivakäymäläkohteilla, Pyhälatvan käymälää lukuun ottamatta, oli ei-tehdasvalmisteinen käymälälaitte eli yksikertainen lasikuidusta tehty laatikko (kuva 61) käymälän alla, jonka pohjassa on reiät. Laatikon tehtävänä on lähinnä kerätä kiinteä jäte maastosta poiskuljetusta varten. Laatikon tilavuus on noin 300 litraa ja sen laidoissa on kahvat laatikon liikuttelun helpottamiseksi. Pyhälatvalla oli käytössä vuonna 2004 käyttöön otettu Clivus - kuivakäymälä, jonka jätesäiliön tilavuus on noin 500 litraa. Kyseessä on jo tuotannosta poistunut malli, jonka tyhjentäminen on valmistajan mukaan todettu hyvin hankalaksi (Lotta, 2019).



Kuva 61. Pyhä-Luoston kansallispuistossa yleinen käymäläratkaisu oli yksinkertainen lasikuidusta tehty laatikko, joka asetetaan käymälän istuinosan alapuolelle keräämään käymäläjäte. Kuvassa tyhjiä käymäläjätelaatikoita Kapustan päivätuvan yhteydessä (yläkuva) ja laatikko asetettuna käymälään (alakuva).

Kuivakäymälät, joissa käytetään pohjasta rei'itettyä laatikkoa, ovat toimintaidealtaan samanlaisia, mitä tehdasvalmisteiset kuivakäymälät. Yläosasta avoin laatikko toimii kiinteän käymäläjätteen kerääjänä ja ylimääräinen neste valuu astian pohjassa olevien reikien kautta pois. Tällä vältetään liian määrän käymäläjätteen aiheuttamat hajuhaitat sekä astian nopea täyttyminen. Samalla pienennetään poiskuljetettavan käymäläjätteen painoa ja helpotetaan täyden laatikon käsittelytyötä. Kuiviketta suositellaan käytettäväksi jokaisen käyttökerran jälkeen (Harju, 2019a). Kuivikkeen käytöllä voidaan sitoa nestettä sekä peittää kiinteä jäte hajuhaittojen ja kärpäsongelman vähentämiseksi. Periaatteessa biologinen hajoamisprosessi voi tällaisessa käymälämallissa käynnistyä, kunhan olosuhteet kuten tasainen kuormitus ja lämpötila ovat siihen suotuisat.

Merkittävin ero tehdasvalmisteisiin käymälälaitteisiin on se, että laatikko on kokonaan avoin yläosasta, joka toisaalta tehostaa haihduntaa mutta samalla mahdollistaa käymälämakin jäähtymisen heikentäen näin kompostoitumisen edellyttämän lämpötilan saavuttamista. Samalla käymäläjäteastia on avoin hyönteisille ja eläimille, jotka pääsevät käymälämakkiiin käymälän huoltotilan alaosan avoimen rakenteen kautta. Luontovalvoja Harjun mukaan kärpäsistä tai muista hyönteisistä johtuvia ongelmia ei ole esiintynyt (Harju, 2019b). Tämä selittyy riittävällä kuivikkeen käytöllä. Käymäläjäteastia ei siis ole suljettu, vaikka käymäläistuimen kansi olisikin paikallaan ja takana oleva huoltoluukku kiinni.

Itse laatikko on pääsääntöisesti irti maasta puisten tai metallisten tukien varassa (kuva 61), mikä mahdollistaa suotonesteen vapaan valumisen laatikon pohjassa olevien, halkaisijaltaan noin 10-25 mm:n, reikien kautta alla olevaan maaperään. Muutamalla kohteella käymälälaatikko oli kuormalavan tai maata vasten laitettujen sekalaisen puutavaran varassa hyvin lähellä maanpintaa. Yhdellä kohteella, Ahvenlammella, laatikko oli asetettu suoraan hiekkamaan päälle.



Kuva 62. Kiinteän käymäläjätteen keräävä astia erilaisten tukirakenteiden varassa (metalli, yläkuva ja puu alakuva), jotka pitävät laatikon irti maasta. Kuva: Lauri Värri.

Perinteisissä kuivakäymälöissä ei ollut erikseen järjestettyä ilmanvaihtoa lukuun ottamatta Clivus - kuivakäymälää sekä Ahvenlammen käymälää. Ilmanvaihto tapahtui käymälän istuinluukun tai käymälärakennuksen rakenteiden kautta, joten ilmanvaihtoon vaikutti merkittävästi käymälärakennuksen rakenteiden tiiveys sekä alapohjan avoimuus. Monella käymäläkohteella käymälän sisätilan ja huoltotilan väliset seinärakenteet oli tehty filmivanerista, joka on täysin ilmatiivis materiaali. Samoin käymälät ulkoseinät olivat usein tehty hirrestä, joka on kohtuu tiivis rakenteena. Ahvenlammen käymälässä ilmanvaihto oli järjestetty siten, että korvausilma otetaan huoltoluukun tai istuinreiän kautta ja poistoputki lähti käymäläistuimen sivusta ja kulki katon läpi kattoharjan yli. Putken päässä oli sadevedeltä suojaava hattu.

Alueen ainoa tehdasvalmisteinen kompostikäymälä, Pyhälatvalla oleva Clivus - kuivakäymälä, on tilavuudeltaan lähes kaksi kertaa suurempi mitä alueen muut kuivakäymälät. Kyseisestä mallista (liite 3) ei ollut saatavilla mitään tarkempaa teknistä tietoa Metsähallitukselta eikä maahantuojalta. Kyseessä on iso umpinainen säiliö, jonka pohjalla suotoneste pääsee erottumaan kiinteästä jätteestä ja valumaan pois käymälän takaosassa olevasta venttiilistä. Käymälän ilmanvaihtoa on järjestetty siten, että poistoilmaputki johtaa käymälärakennuksen kattoharjan yli ja putken päässä on tuulitubiini tehostamassa ilmanvaihtoa. Korvausilma otetaan ilmeisimmin käymäläistuimen luukun kautta. Käymälän tyhjennystä varten on pieni pyöreä luukku säiliön päällä. Käymälässä käytetään kuiviketta samaan tapaan mitä alueen muissa kuivakäymälöissä.

Kuivakäymälöiden huoltokäynnit tehdään Vainion mukaan normaalien taukopaikkojen polttopuuhuoltokäyntien yhteydessä huoltoyrittäjän toimesta. Tarvittaessa tehdään ylimääräisiä huoltokäyntejä retkeilijöiltä saadun asiakaspalautteen mukaan, mikä voi tarkoittaa esimerkiksi kuivikkeen lisäystä tai käymälän tyhjennystä. Käymäläkohtaisia huolto-ohjeita ei ole mutta huoltoyrittäjän urakointisopimukseen on kirjattu ohjeet kuivakäymälöiden jätteen käsittelystä sekä loppusijoittamisesta siltä osin, kun ne liittyvät yrittäjän toimenkuvaan. Käymäläjätteen käsittelyyn liittyviä työturvallisuusohjeita Metsähallituksen omalle henkilöstölle ei Luontopalveluiden peräpohjolan alueella ole käytössä. (Vainio, 2019a; Vainio, 2019b)

Huoltoyrittäjän mukaan käymälöiden huoltokäynnillä tarkastetaan kuivikkeen määrä sekä käymäläjätteen täyttöaste. Astian täyttyessä, laatikko vedetään ulos käymälärakennuksen taakse odottamaan peitettynä poiskuljetusta. Laatikon vaihto tehdään vasta kun se on täynnä. Usein huoltokäynnillä riittää pelkkä tornimaisen ulostekasa levittäminen lapiolla tai muulla työhön sopivalla välineellä. Käymälämakia täynnä olevien laatikoiden poiskuljetus tapahtuu pääasiassa kevättalvella moottorikelkalla. Painavia laatikoita liikutellaan erityistä muoviliukuria apuna käyttäen. Laatikot kuljetaan ensin moottorikelkalla maastosta tien varteen, josta ne jatkokuljetetaan yrittäjän toimesta auton peräkärjellä Luoston matkailukeskuksen lähellä olevalle Metsähallituksen varikolle. (Jaakkola, 2019) Käymäläkohteesta riippuen laatikoiden kuljetusmatka voi pisimmillään olla 20 - 30 km, jopa pidempikin.

Harjun mukaan täydet käymäläjätelaatikot jatkokuljetetaan varikolta kansallispuiston ulkopuolelle olevalle riistapellolle. Tämä tapahtuu keväällä, kun ilman lämpötila nousee ja käymälämakki alkaa sulaa. Käymälämakki levitetään riistapellolle ja se sekoitetaan maaperään jyrsimellä roudan sullettua. Edellä kuvatulle käymäläjätteen loppusijoitustavalle on Harjun mukaan saatu muutama vuosi sitten hyväksyntä Sodankylän kunnan terveys-tarkastajalta. Harjun mukaan laatikoista tyhjennetty käymälämakki on melko tasalaatuista. Kuivakäymälöissä käytetään Harjun mukaan paljon kuiviketta, joka omalta osaltaan pitää käymälämakin rakenteen melko kuohkeana. (Harju, 2019a)

Varsinainen jätteen käsittely tapahtuu pääasiassa pakkakauden aikana, jolloin käymälämakki on jäässä ja siten siistimpää ja työturvallisempää liikutella. Ainoastaan laatikoiden poisvetäminen käymälän huoltotilasta ja siirtäminen käymälärakennuksen taakse poiskuljetusta odottamaan tapahtuu pakkakauden ulkopuolella. Tällöin käymälämakki on sulaa ja käsittelyyn sisältyy suurempi hygieniariski.

Merkittävin käymälänesteistä johtuva ongelma käymälöiden huollolle on Harjun mukaan nesteiden jäätyminen laatikkoon talvikana. Käymälämakin jäätyessä nesteet eivät pääse normaalisti valumaan laatikosta pois ja laa-

tikko täyttyy tavanomaista nopeammin. (Harju, 2019a) Pakkaskauden ulkopuolella nesteet pääsevät poistumaan normaalisti laatikosta ja samalla liian märästä käymälämakista johtuvat hajuhaitat vältetään.

Kenttäpäällikkö Vainion mukaan Pyhä-Luoston alueelle on suunnitteilla rakentaa tulevaisuudessa kiinteän käymäläjätteen kompostointilaitos. Koottu kompostointilaitos mahdollistaisi nykyistä hallitumman ja ympäristön kannalta kestävämmän tavan kiinteän käymäläjätteen jatkokäsittelyyn. (Vainio, 2019a)

10.3.3 Käymäläjättemäärät Pyhä-Luoston kansallispuistossa

Käymälöiden käyttö on pääosin ympärivuotista johtuen siitä, että samoja reittejä käytetään kesäisin patikointiin ja maastopyöräilyyn ja talvisin reiteillä kulkee latuverkosto tai huollettu lumikenkäilyyn tai maastopyöräilyyn soveltuva reitti. Tämä on lisännyt etenkin syrjässä olevien käymälöiden talvikäyttöä. Kohteet, joilla käyttö painottuu selkeästi syksyyn ja kesäaikaan ovat Porontahtoma, Pyhälatva sekä Kuukkelin ja Yrjölän vuokrakämpä (Harju, 2019a). Tosin Yrjölän vuokrakämpä on vasta remontoitu siten, että se soveltuu myös talvikäyttöön. Tämän odotetaan lisäävän kämpän käyttöä myös talvella. (Vainio, 2019a)

Imutyhjennys ja perinteisten kuivakäymälöiden jätemäärän arviointia varten perehdyttiin PAVE-paikkatietojärjestelmään tallennettuihin käymäläkohtaisiin jätetietoihin sekä haastateltiin huoltotöistä vastaavia ja toteuttavia henkilöitä. Seuraavaksi esitellään ensin imutyhjennyskäymälöiden jätemäärän laskentaan vaikuttaneet tekijät sekä lopputulos. Tämän jälkeen esitellään perinteisten kuivakäymälöiden osalta samat asiat. Esitetyt käymäläjättemäärät kuvaavat selvitystyön aikaista tilannetta.

Imutyhjennyskäymälöiden osalta havaittiin PAVE-paikkatietojärjestelmän tiedoissa toisten kohteiden osalta isoja poikkeamia käymälöiden tyhjennystiheydessä suhteessa haastattelujen kautta saatuihin tietoihin. Poikkeamat johtuvat todennäköisesti siitä, ettei kaikkia tyhjennyksiä ole kirjattu järjestelmään. Tästä syystä järjestelmään kirjattuja tietoa hyödynnettiin lähinnä antamaan yleiskuva säiliöiden täyttöasteesta tyhjennysvaiheessa. Vaihteluväli eri imutyhjennyskäymälöiden täyttöasteissa tyhjennysvaiheessa on vuosien aikana ollut suurta. Kuitenkin tullessa vuoteen 2018, jolta ajanjaksolta on tiedot kaikista imutyhjennyskäymälöistä, säiliön täyttöaste tyhjennyshetkellä on vakiintunut noin 90 %:iin. Tyhjennyksiä tehdään huoltoyrittäjän ja luontovalvojan mukaan noin kahden tai kolmen vuoden välein (Jaakkola, 2019; Harju, 2019b). Koska tarkempaa lukua ei ole käytettävissä, käytettiin kaikkien imutyhjennyskäymälöiden jätemäärän arvioinnissa keskimääräisenä vuosittaisena tyhjennysmääränä lukua 0,41, joka vastaa noin 2,5 vuoden tyhjennysväliä.

Näiden lukujen pohjalta laskennallinen vuotuinen käymäläjättemäärä imutyhjennyskäymälöistä on 13,311 m³. Tästä hieman yli 7 m³ on peräisin

Metsähallituksen ylläpitämistä käymälöistä ja 6,3 m³ Lampivaaran kahvilan yhteydessä olevista käymälöistä (taulukko 9). Lampivaaran osalta ei ollut saatavilla yhtä tarkkoja tietoja, mitä Metsähallituksen kohteilta, joten sen osalta laskelmaan sisältyy epävarmuutta. Kyseisellä kohteella käy kuitenkin paljon kävijöitä, joten taulukossa oleva luku on hyvä suuntaa antava arvio.

Taulukko 9. Arvio vuotuisista imutyhjennyskäymälöiden jätemääristä Pyhä-Luoston kansallispuiston alueella. Taulukossa on huomioitu vain maastoinventoinnin kohteena olleet imutyhjennyskäymälät, joten luvut eivät sisällä kaikkia Pyhä-Luoston alueella olevia yleisökäytössä olevia imutyhjennyskäymälöitä.

Käymäläkohde	Säiliön tilavuus (m ³)	Arvioitu lietteen määrä tyhjennysvaiheessa (90%)	Tyhjennysten lukumäärä vuodessa	Arvioitu lietteen määrä vuodessa (m ³)
Karhunjuomalampi	5	4,5	0,41	1,845
Isokuru	5	4,5	0,41	1,845
Rykimäkero	3	2,7	0,41	1,107
Huttujärvi	3	2,7	0,41	1,107
Huttuloma	3	2,7	0,41	1,107
Lampivaara*	7	6,3	1	6,3
Yhteensä				13,311

*sisältää tavallisen, esteetömän ja henkilökunnan käymälät.

Perinteisten kuivakäymälöiden osalta käymäläjätetiedot eri kohteilta oli kirjattu aina sillä päivämäärällä, kun käymäläjäte oli noudettu maastosta (Harju, 2019a). Koska kuljetukset tapahtuvat pääsääntöisesti moottorikelkalla oli kirjauksetkin tehty pääosin marraskuun ja toukokuun väliselle ajanjaksolle. Osalla kohteista kirjauksia oli tehty vuosittain sekä kevät että syyskaudelle tai pelkästään kerran vuodessa mutta toisten kohteiden osalta kirjauksia selkeästi puuttui, joka vaikeutti merkittävästi yhteenvedon tekemistä.

Alla olevassa taulukossa (taulukko 10) on esitetty yhteenvedo käymäläjättemääristä. Kyseessä on arvio, joka perustuu haastattelujen avulla saatuihin tietoihin sekä järjestelmään kirjattuihin tietoihin. PAVE-paikkatietojärjestelmän tiedoista koostettiin kohdekohtaista käymäläjätetietoa, jota verrattiin haastatteluaineiston kautta saatuihin kohdekohtaisiin tietoihin. Esimerkiksi haastatteluaineiston perusteella kävi ilmi lähinnä käymälöiden tyhjennysten määrä mutta ei tarkemmin laatikoiden täyttöastetta. PAVE-aineistoon on kirjattu käymäläjättemäärä tilavuuden mukaan, jonka avulla voitiin tarkentaa haastatteluaineiston pohjalta tehtyjä arvioita.

Taulukko 10. Pyhä-Luoston kansallispuiston alueen kuivakäymälöiden kiinteän käymäläjätteen määrät haastatteluihin ja PAVE-aineistoon perustuen sekä tietojen vastaavuuden arviointi. Taulukossa huomioitu vain maastoinventoinnin kohteena olleet kuivakäymälät.

Käymäläkohde	Käymälä määrä	Astian tilavuus (m ³)	Arvio tyhjennysten lukumäärästä vuodessa	Arvioitu käymäläjätteen määrä vuodessa haastatteluihin perustuen (m ³)	Käymäläjätteen keskimääräinen kertymä vuodessa 2017-2019 PAVE-tietojen mukaan (m ³)	Pave-tietojen vastavuus haastattelujen perusteella tehtyyn arvioon (%)
Ahvenlampi	1	0,3	4	1,2	Tiedot puutteelliset**	
Kapusta	2	0,3	1	0,6	0,59	98 %
Kuukkeli	1	0,3	3,5	1,05	1,03	98 %
Oravanjuomalampi	1	0,3	1	0,3	0,34	113 %
Porolaavu	1	0,3	1	0,3	0,20	67 %
Porontahtoma	1	0,3	1	0,3	Tiedot puutteelliset**	
Pyhälampi	1	0,3	2	0,6	0,54	90 %
Pyhälatva*	1	0,5	0	0	Ei tietoja***	
Rykimäkuru	1	0,3	1	0,3	Ei tietoja***	
Tiaislaavu	1	0,3	3	0,9	0,4	44 %
Tikkalaavu	1	0,3	2	0,6	0,15	25 %
Ukkolaavu	2	0,3	1,5	0,9	Tiedot puutteelliset**	
Yli-luosto	1	0,3	0,5	0,15	0,05	33 %
Yrjölä	1	0,3	1	0,3	0,15	50 %
Yhteensä	16		22,5	7,5		

* Tyhjennystä ei ole tehty vielä kertaakaan käymälän käyttöhistorian(15 v) aikana

** vain yksi jätetieto tarkasteluajanjaksolla, joten keskiarvoa ei voida laskea

*** Ei jätetietoja tarkasteluajanjaksolla

Kuten yllä olevasta taulukosta nähdään kuivakäymälöiden tyhjennysmäärät vaihtelevat kohteittain jonkin verran, eikä kaikilla kohteilla tehdä tyhjennyksiä joka vuosi. Haastattelujen yhteydessä ei selvinnyt laatikoiden täyttöaste tyhjennysvaiheessa. Tämän takia lähdettiin olettamuksesta, että laatikot ovat aina täynnä, kun ne viedään maastosta pois. Järjestelmään kirjatut käymäläjätetiedot tukevat tätä käsitystä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Näillä poikkeuskohteilla on kuitenkin hyvin pieni kuormitus ja näin ollen vähäinen merkitys kokonaisjättemäärään.

Tyhjennysmäärien ja kohteella olevien käymälöiden lukumäärän sekä laattikon tilavuuden mukaan käymäläjätteen keskimääräinen kertymä vuodessa. Pyhälatvan kohteelta ei ole saatavilla tietoja, sillä sitä ei ole vielä tarvinnut tyhjentää kertaakaan käyttöhistoriansa aikana. Kokonaisuuden kannalta Pyhälatvan käymäläjättemäärän arvioidaan olevan hyvin vähäinen. Suurimmat kuormitukset haastatteluaineistoon perustuen ovat Ahvenlammella ja Kuukkelin vuokrakämpällä. Myös Tiaislaavulla ja Ukkolaavulla on haastattelujen perusteella iso kuormitus. Tiaislaavu on erityisesti talviaikaan ulkomaisten hotelliasiakkaiden suosima kohde, sillä se on helposti saavutettavissa myös talvisin. Haastatteluaineiston perusteella pienimmät kuormitukset ovat Pyhälatvalla ja Yli-Luoston autiotuvalla.

PAVE-paikkatietojärjestelmän kohdekohtaisten jätetietojen tarkasteluväliksi valittiin ajanjakso 2017 - 2019. Niiden kohteiden osalta laskettiin keskimääräinen jätekertymä vuositasolla. Edellytyksenä oli, että järjestelmään kirjattu tieto ei merkittävästi poikennut haastattelujen kautta saadusta kokonaiskuvasta, tyhjennysmääristä ja järjestelmässä oli vähintään kaksi jätetietoa saatavilla. Koska jokaisen tyhjennyksen ajankohta oli tie-

dossa, laskettiin jokaiselle käymäläkohteelle erikseen oma ajallinen tarkasteluväli vuosien 2017 - 2019 välillä, jolta laskennassa käytetyt jätetiedot olivat peräisin. Näin saatiin laskettua luotettavampi keskimääräinen vuosikertymä käymäläjätteen osalta. Muutaman käymäläkohteen osalta ei ollut lainkaan saatavilla jätetietoa tarkasteluajanjaksolta. Saatuja vuotuisia käymäläjäkertymiä verrattiin haastatteluaineiston perusteella johdettuihin kohdekohtaisiin jätekertymäärviöihin. Vertailun tarkoitus oli saada luotettavuutta jätemäärien arviointiin. Kapustan, Kuukkelin vuokrakämpän, Oravanjuomalammen ja Pyhälammen osalta voidaan arvioiden vastaavan toisiaan hyvin. Myös porolaavun osalta voidaan jätekertymälukujen vastaavan kohtuu hyvin toisiaan, vaikka prosentuaalisesti vastaavuus ei ole kovin korkea. Suurimmat erot esiintyvät Tikkalaavun ja Yli-Luoston autiotuvan osalta. Tikkalaavun osalta voi olla, että yksi tyhjennys on kirjaamatta järjestelmään, joka kaksinkertaistaisi vuotuisen jätemäärän. Yli-Luoston osalta käymäläjättemäärät ovat olleet hyvin pieniä ja tyhjennyksiä on tehty vain muutaman vuoden välein PAVE-aineistojen perusteella. Tämän perusteella voidaan todeta haastatteluaineiston mukaan johdettu luku liian suureksi ja PAVE-tietojen perusteella johdettu luku vastaavan paremmin todellisuutta. Tiaislaavun osalta ei selkeää selitystä erolla löydy. Ero voi johtua yhden tai useamman jätetiedon puuttumisesta PAVE-aineistosta ja samaan aikaan pienestä yliarviosta tyhjennysten lukumäärässä.

Yrjölän vuokrakämpän osalta todennäköisin jätemäärä on PAVE-järjestelmän tietoihin perustuva arvio. Tämä voidaan perustella tarkastelemalla asiaa kämpän käyttöasteen avulla, mikä vuonna 2018 oli 96 majoitusvuorokautta. Oletuksena on, että kämpällä majoittuu keskimäärin 6 henkilöä kerralla, jolloin henkilömajoitusvuorokausia olisi yhteensä 576. Aikuinen henkilö tuottaa vuorokaudessa keskimäärin 1,42 litraa virtsaa ja 0,128 kg ulostetta, joten voidaan olettaa kämpän käymälään kohdistuvaksi kuormitukseksi 817,92 litraa virtsaa ja 73,73 kg ulostetta. Kun huomioidaan että valtaosa sekä virtsassa että ulosteessa olevasta nesteestä suodattuu maaperään tai haihtuu ilmaan ja nestettä sitovaa kuiviketta ja vesipaperia käytetään kohtuullisesti, on vuotuinen kuivakäymäläjätteen määrä lähempänä PAVE-tiedoissa olevaa 0,15 m³:a kuin haastatteluihin pohjautuvaa 0,3 m³:n arviota.

Loppupäätelmänä voidaan todeta selvityksen kohteena olevista kuivakäymälöistä kertyvän vuosittain kiinteää käymäläjätettä noin 7,5 m³. Kohteiden jätekertymäärviöissä esiintyneet erot menivät monesti ristiin, joka tasapainottaa eroista johtuvaa virhemahdollisuutta. Vaikka prosentuaaliset erot olivat joillain kohteilla melko suuria, oli niiden suhteellinen vaikutus kumulatiiviseen jätemäärään melko pieni. Näin ollen edellä todettua jätekertymälukua voidaan pitää kohtuu luotettavana.

Edellä esiteltyyn käymäläselvitykseen ei sisällynyt kaikki Pyhä-Luoston alueen reittien varrella sijaitsevat yleisökäymälät, joten vastaavanlaista käymäläjätteen kokonaismäärää mitä Rokuan ja Sipoonkorven osalta tehtiin, ei voida Pyhä-Luoston osalta määrittää. Selvityksen ulkopuolella jäi ainakin

yksi imutyhjennyskäymälä sekä noin kymmenen kuivakäymälää, jotka kaikki ovat jollain tavalla alueen retkeilyreittien varrella tai niiden läheisyydessä.

10.3.4 Pyhä-Luoston käymälöiden hygieenisuus ja vaikutukset ympäristöön

Imutyhjennyskäymälöistä ei käytännössä aiheudu kuormitusta maaperään tai vesistöihin ainakaan itse käymäläkohteella, sillä kyseessä on suljettu systeemi. Ainoastaan huolimaton toiminta säiliön tyhjennysvaiheessa tai imuputken rikkoontuminen kesken tyhjennyksen voi aiheuttaa paikallista kuormitusta. Ainoa havaittavissa ollut ympäristöhaitta käymälän läheisyydessä oli hajuhaitta, jota esiintyi melko voimakkaana jokaisessa imutyhjennyskäymälän yhteydessä. Toisissa käymälöissä haju rajoittuu vain käymälän sisätilaan mutta toisilla kohteilla haju oli voimakas jo rakennuksen ulkopuolella. Lampivaarassa ja Huttulomassa oli käytössä myös pisuaari istuttavan käymälän yhteydessä, jotka pahensivat hajuhaittaa. Ympärivuotinen hajuhaitta imutyhjennyskäymälöissä on yleisesti tiedostettu ongelma niin huoltoyrittäjän kuin Metsähallituksen toimijoiden mukaan (Jaakkola, 2019; Vainio, 2019a).

Perinteisten kuivakäymälöiden sisätilojen yleinen siisteys oli hyvä tasolla, kun huomioidaan, ettei niitä siivota systemaattisesti viikoittain. Ainoa merkille pantava asia liittyi virtsatahroihiin, joita esiintyi satunnaisesti käymäläistuintasoilla ja lattialla. Käymälöiden lähiympäristöt olivat pääsääntöisesti siistejä eikä roskia tai vessapaperia näkynyt. Samoin huoltoluukun ympäristö ja kuivakäymälän alatila, jossa laatikko oli, olivat roskattomia muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.

Selkeästi epäsiistein käymälä oli Ahvenlammella (kuva 63). Käymälän huoltotilassa sekä käymälänmakin seassa oli paljon muoviroskaa ja käymäläistuinmalli on sen sisäosien rakenteen vuoksi sellainen, että se kerää ulostetta ja virtsaa rakenteisiin. Yksi selittävä tekijä käymälämakin sisältämän roskan määrällä voi olla se, että kohteen sijainti sekä käyttäjäkunta poikkeavat muiden käymälöiden käyttäjistä kuten edellä on kerrottu. Myös huoltotilan rakenne on liian matala käytössä olevalle käymäläjätelaatikolle, jonka takia laatikolle on pitänyt kaivaa kuoppa ja asettaa se suoraan maan päälle. Epäsiisteysttä lisäsi hyvin märkä käymälämakki, joka mahdollisesti johtui muoviroskien runsaasta määrästä käymälämakissa sekä laadikon sijoittamisesta suoraan maata vasten, jolloin neste ei pääse vapaasti valumaan pois laatikosta. Kohde on myös hyvin avoimemmalla ja julkisella paikalla, jonka takia voidaan olettaa, että myös valtaosa miehistä käy virtsalla käymälässä. Metsäisemmillä ja syrjäisemmillä kohteilla oletuksena on, että miehet käyvät virtsalla metsässä käymälän sijaan. Tällä on iso merkitys käymälään kohdistuvaan nestekuormitukseen. Kaikista epäsiisteysten liittyvistä tekijöistä huolimatta käymälän sisällä ei juurikaan esiintynyt hajuhaittoja. Tämä mahdollisesti johtui siitä, että käymälässä on erillinen ilmanpoistoputki poiketen alueen muista kuivakäymälöistä.



Kuva 63. Yksi Pyhä-Luoston alueen ylikuormittunein ja rakenteeltaan poikkeava kuivakäymälä sijaitsee Ahvenlammen virkistyskalastuskohteen yhteydessä. Kuvassa nähdään, miten käymäläjätelaitikko on jouduttu sijoittamaan kuoppaan (vasen ylä) ja käymäläjätteen sekaan kertyy paljon roskia (vasen ala). Käymäläistuimen poikkeava rakenne sekä ilmanvaihdon poistoputki kuvattu kuvan oikeassa laidassa.

Kuivakäymälöiden ympäristövaikutusten arviointi tehtiin aistivaraisesti kiinnittämällä huomioita selkeisiin kasvillisuusmuutoksiin käymälän välittömässä läheisyydessä sekä hajuhaittoihin käymälän sisällä että ulkopuolella käymälän välittömässä läheisyydessä. Valtaosalla kohteista kasvillisuus ei poikennut muusta ympäröivästä kasvillisuudesta. Monen käymälän takaosan maapohja oli hyvin kulunut, joka aiheutti osaltaan tulkinallisuutta kasvillisuuserojen määrittämiseen. Rykimäkeron ja Tikkalaavun kohteilla kenttäkerroksen kasvillisuus, etupäässä mustikka ja puolukka, oli selkeästi tummempaa aivan käymälän välittömässä läheisyydessä. Värimuutos voi indikoida maaperän runsastyyppisyyttä mutta tästä ei ole varmuutta. Jokaiselta kuivakäymäläkohteelta joka tapauksessa valuu maaperään ravinteikasta, käymälästä peräisin olevaa, suotonestettä. Käymälöiden alla oleva maaperä on pääosin hyvin vettä läpäisevää hiekkamaata. Voidaan olettaa, että nesteistä johtuva kuormitusta tapahtuu vain talviajan ulkopuolisena aikana, jolloin kiinteä käymäläjäte on sulaa ja nesteet pääsevät valumaan laatikosta. Käytännössä tällöin puhutaan toukokuun ja lokakuun välisestä ajanjaksosta.

Hajuhaittoja esiintyi erityisesti kohteilla, joilla käymälän huoltotilan maaperä ja rakenteiden sisäpinnat olivat kosteita. Kosteus johtui mitä ilmeisimmin riittämättömästä ilmanvaihdosta huoltotilassa. Tällaisia kohteita

oli muun muassa Oravajuomalammen, Rykimäkeron, Yrjölän vuokrakämpän ja Ahvenlammen käymälät. Käymälöissä, jotka oli rakennettu siten, että huoltotila pääsi tuulettumaan alakautta, ei kosteus- tai hajuongelmia esiintynyt siinä määrin mitä edellä mainituilla kohteilla. Lähestulkoon kaikilla kohteilla oli kuitenkin havaittavissa jonkin verran hajuhaittoja, joka johtunee erillisen poistoilmaputken puuttumisesta. Hajuttomia tai vähähajuisimpia olivat Pyhälätvan Clivus Multrum-käymälä sekä Ukkolaavun, Porontahtoman ja Kuukkelin käymälät. Olettavasti syyt hajuttomuuteen tai vähähajuisuuteen olivat Clivuksella erillinen ilmanvaihto, Ukkolaavulla sivukautta hyvin läpituulettuva alapohja, Porontahtomalla pieni kuormitukseen nähden riittävä tuulettuminen alapohjan kautta sekä Kuukkelin vuokrakämpällä kohtuu uusi käymälä, jonka alapohjassa oli riittävästi tilaa tuulettumiselle.

10.3.5 Havainnot ja kehitysehdotukset Pyhä-Luoston kansallispuiston käymäläjätehuoltoon liittyen

Kuivakäymälänesteiden johtaminen suoraan maaperään ei vastaa voimassa olevia ohjeistuksia. Käymäläneste sisältää runsaasti rehevöitymistä aiheuttavia ravinteita kuten typpeä ja fosforia sekä ulosteperäisiä taudinaiheuttajia, joita ei saisi päästää maaperään käsittelemättä. (Suomen ympäristökeskus, 2013). Asian korjaamiseksi ohjeistuksen vaatimalla tasolla tai kuormituksen minimoimiseksi, silloin kun se on perusteltua, ehdotan seuraavia toimenpiteitä:

- Vesistön läheisyydessä ja huollon kannalta helposti saavutettavalle Ahvenlammella tulee estää nesteiden kulkeutuminen maaperään.
- Vesistöjen läheisyydessä ja huollollisesti haastavat kohteet (Kuukkelin vuokrakämpä, Pyhälampi, Oravanjuomalampi ja Yli-luosto) vaikutetaan maaperään johdetun nesteen laatuun siten, että ympäristövaikutukset voidaan minimoida.
- Ei vesistöjen läheisyydessä (yli 100 m) olevilla kohteilla vaikutetaan maaperään johdetun nesteen laatua niin, että ympäristövaikutukset voidaan minimoida.

Koska käymälänesteiden käsittelyyn liittyvät ongelmat eivät rajoitu pelkästään Pyhä-Luoston kansallispuistoon ja sen suojelualueisiin tullaan kehittää ehdotukset tämän osalta käsittelemään kootusti luvussa 12.

Pyhä-Luoston kuivakäymälöiden kiinteän käymäläjätteen käsittely ei vastaa yleisiä ohjeistuksia, mitä sen käsittelystä on annettu. Olosuhteet kiinteän käymäläjätteen kompostoitumiselle käymälöiden yhteydessä ei ole kovin otolliset, kun huomioidaan Pyhä-Luoston ilmastolliset olosuhteet. Puhumattakaan siitä, että kompostoinnin yhteydessä tapahtuva lämpökäsittely olisi hygienisointiin riittävä. Varsinkin syksyn ja talven aikana kertyneet käymälämakit eivät käytännössä ole voineet kompostoitua lainkaan ennen kuin ne levitetään riistapeltoon. Asian korjaamiseksi esitän seuraavassa muutaman vaihtoehdon:

- Käymäläjätteen kerääminen kootusti konttiin ja poiskuljetus jatkokäsittäväksi esimerkiksi Sodankylän jäteasemalle tai jäteveden käsittelylaitokselle. Käymäläjätteen koontipaikkana voisi toimia Metsähallituksen varikko ja poiskuljetus tapahtuisi keväisin, kun kaikki täynnä olevat astia on tuotu maastosta varikolle.
- Kos kiinteä käymäläjäte halutaan kompostoida itse, niin silloin suositelen pienimuotoisen käymäläjätteen kompostointilaitoksen rakentamista esimerkiksi Luostolla olevan Metsähallituksen varikon yhteyteen. Kompostointilaitosta suunniteltaessa tulisi kiinnittää huomiota siihen, että lopputuote on kompostoinnin jälkeen varmasti hygienisoitunut. Tämä helpottaa lopputuotteen loppusijoitusta tai hyötykäyttöä. Hygienisoinnin kannalta tärkeää on, että kompostointiprosessin aikana saavutetaan hygienisoinnin kannalta riittävät olosuhteet koko massan osalta. Käytännössä tämä tarkoittaa esimerkiksi 55 asteen lämpötilaa viikon verran tai 70 astetta tunnin ajan. Lisäksi tulisi etukäteen suunnitteilla kompostoidun tavaran loppusijoitus tai hyötykäyttö. Myös kompostoinnin yhteydessä syntyvien nesteiden hallintaan tulisi kiinnittää huomiota.

Käymäläjätehuoltoon liittyviä työturvallisuusohjeita ei Perä-Pohjolan alueella ollut käytössä. Myöskään henkilökohtaisia suojavälineitä ei työrukkasia lukuun ottamatta ole käytössä. Asiaan tulisi kiinnittää jatkossa huomiota ja korjata mahdolliset puutteet työturvallisuuslain ja valtioneuvoston asetuksen työntekijän suojelemiseksi biologista tekijöistä aiheutuvilta vaaroilta (933/2017) mukaisesti. Käymäläjätehuoltoon liittyviin työtehtäviin sisältyy yleensä altistumisvaara biologisille tekijöille, kuten taudinaiheuttajille ja tämän takia työntekijöillä, jotka ovat suorassa kosketuksessa käymäläjätteen kanssa, olla käytettävissä asianmukaiset henkilökohtaiset suojavälineet. On syytä huomioida, että käymäläjätettä käsittelevien vaatteet sekä jalkineet ovat tartuntavaaraa lisäävä tekijä työntekijän työyhteisössä sekä työyhteisön kanssa tekemisissä olevien henkilöiden keskuudessa.

10.4 Ihmisperäisen jätteen aiheuttama potentiaalinen ravinnekuormitus kansallispuistojen alueelle

Selvitystyötä tehdessä on tullut esille se, kuinka rajallisesti tietoa kuivakäymälöiden aiheuttamasta ravinnekuormituksesta ja siitä aiheutuvista ympäristöhaitoista on saatavilla. Perustutkimus kuivakäymälän jätejakeiden määristä, erityisesti nestemäisen jätteen osalta, on puutteellista etenkin silloin, kun on kyse yleisökuivakäymälöistä luonnon virkistyskäyttöalueilla. Harvoja aiheeseen liittyviä tutkimuksia on Hillin (2013) tekemä tapaustutkimus, jonka yhteydessä selvitettiin Kanada Brittiläisessä Kolumbiassa vuoristoalueella sijaitsevan hostellin yhteydessä olevien yleisökuivakäymälöiden jätejakeiden keskimääräisiä tuotosmääriä (kg / käymälässä käynti).

Kokonaiskuva tai edes suuruusluokka ihmisperäisen jätteen aiheuttamasta kuormituksesta alueellisesti tai käymäläkohtaisesti on vielä epäselvä. Arvioita kansallispuistokohtaisista käymäläjättemääristä on esitelty jo edelle oleiden käymäläjätehuoltoselvitysten yhteydessä. Valitettavasti esitetyistä luvuista puuttuu ravinnekuormituksen määrittämisen kannalta oleellinen tekijä eli nestemäinen käymäläjäte. Merkittävä osa käymäläjätteessä olevista ravinteista, kuten typpi ja fosfori, ovat nimenomaan nestemäisessä jakeessa, joka on pääosin virtsaa. Käymäläkohtaisilla käyntimäärätiedoilla tai käymälästä kerätyillä nestemäärillä olisi mahdollista hahmottaa käymäläkohtaisia ravinnekuormitusmääriä. Valitettavasti käyntilaskureita ei juurikaan ole käytössä kuivakäymälöissä ja käymälänesteiden keräys ei ole kovin yleistä näillä kohteilla. Yleisesti on tiedossa myös se, että osa virtsan ohjautuu retkeilijöiden toimesta maastoon ja vain osa ohjautuu käymälöihin.

Saadakseni käsityksen ihmisperäisen jätteen aiheuttaman kuormituksen kokoluokasta lähdin selvittämään asiaa tekemällä laskennallisen arvion korkeimmasta mahdollisesta ravinnekuormasta (myöhemmin KMR), joka kävijöistä kohdistuu kansallispuiston alueeseen vuosittain. Laskelma ei ota kantaa siihen, mihin ihmisperäiset tuotokset, virtsa ja uloste, on varsinaisesti tehty tai miten iso osa ravinteista on kulkeutunut ympäristöön ja kuinka paljon tuestä haihtuu ilmaan. Laskelma ei siis pyri antamaan arviota toteutuneesta ympäristönkuormituksesta tai haitasta vaan auttaa hahmottamaan kansallispuistoon kohdistuvan potentiaalisen ravinnekuormituksen suuruusluokkaa. Tämän tiedon pohjalta on paremmat edellytykset lähteä tekemään kokonaisarviointiin perustuvaa käymäläjätehuollon kehittämistä sekä arvioimaan kokonaisuuden kannalta järkeviä jatkotoimenpiteitä kyseisillä alueilla.

KMR-arvio tehtiin vain käymäläselvityksessä mukana olleista kansallispuistoista. Arvio perustuu kansallispuiston käyntimäärään sekä käyntien kokonaismäärään eli viipymään puiston alueella. Näiden tietojen avulla määritettiin kansallispuiston kokonaishenkilöviipymä vuodessa. Kokonaishenkilöviipymä on kerrottu yhden henkilön erittämän virtsan ja ulosteen vuosituotosmäärillä, jonka perusteella on määritetty varsinainen ravinnekuormitus. Kansallispuistojen käyntimääränä käytettiin vuoden 2018 virallisia käyntimääriä poikkeuksena Rokuan kansallispuisto. Sen osalta käyntimäärä määritettiin varsinaisen kansallispuistorajauksen sekä sen läheisyydessä olevien suojelualueiden ja virkistysmetsien yhteenlaskettujen kahden käyntimääräarvioiden keskiarvosta. Kansallispuistokohtaisten käyntien laatua ja kestoa kuvaamaan on käytetty kyseisiltä alueilta tehtyjä uusimpia kävijätutkimuksia, jotka ovat tehty vuosina 2015 - 2017. Tässä kohdalla Rokuan kansallispuistosta tehty kävijätutkimusaineistoa on käytetty kuvaamaan koko Rokun aluetta. Laskelmassa käytetyt ihmisperäisen jätteen keskimääräiset tuotosmäärät sekä virtsan ja ulosteen sisältämien keskimääräisten ravinne määrät (Vinnerås ym, 2006 s. 11) perustuvat tässä työssä aiemmin esitettyihin lukuihin.

Laskennan antamien tulosten perusteella, kansallispuiston käyntimäärään ja käyntien kokonaisviipymään perustuva käymäläjätteen aiheuttama KMR-arvo on erityisen suuri Pyhä-Luostolla verrattuna muihin kansallispuistoihin (taulukko 11). Tämä johtuu sekä muita kansallispuistoja korkeammasta käyntimäärästä ja kansallispuiston alueella yöpyvien pidemmästä keskimääräisestä viipymästä (2,3 vrk), jotka nostavat kokonaisviipymää. Vastaava asia nähdään käänteisenä Sipoonkorven kansallispuiston osalta, jossa valtaosa (97 %) käynneistä oli keskimäärin lyhytkestoisia (2,6 h) päiväkäyntejä. Hyvin pieni yöpymiskäyntien osuus ja lyhytkestoiset päiväkäynnit selittävät siis Sipoonkorven pieniä ravinnekuormituslukuja suhteessa käyntimäärään. Vastaavanlainen trendi havaitaan, kun tarkastellaan Rokuan kansallispuiston KMR-arvoja, jotka ovat samaa tasoa Sipoonkorven kansallispuiston kanssa, vaikka käyntimäärät Sipoonkorven osalta ovat noin 3,5 kertaa Rokuan aluetta suuremmat. Tämä selittyy sillä, että verrattuna Sipoonkorpeen, Rokualla yöpymiskäyntien osuus kaikista käynneistä on merkittävästä suurempi (26 %) ja päiväkäyntien keskimääräinen viipymä on lähes kaksi kertaa pidempi (4,1 h).

Taulukko 11. Korkein mahdollinen ravinnekuormitus käymäläjätehuoltoselvitykseen osallistuneissa kansallispuistoissa perustuen kokonaisen henkilöviipymään alueella ja kansallispuiston käyntimäärään.

Selite	Sipoonkorven kansallispuisto	Pyhä-Luoston kansallispuisto	Rokuan kansallispuisto ja virkistysmetsä
Käyntimäärä (2018)	98 700	174 400	27 500*
Typpi, kg (virtsa)	149,51	1025,92	147,94
Fosfori, kg (virtsa)	13,71	94,08	13,57
Typpi, kg (virtsa+uloste)	169,89	1165,82	168,12
Fosfori, kg (virtsa+uloste)	20,46	140,41	20,25
Typpi, kg / käynti	0,0017	0,0067	0,0061
Fosfori, kg / käynti	0,0002	0,0008	0,0007

* Rokuan käyntimäärä perustuu tässä työssä aiemmin esitettyjen arvioiden keskiarvoon.

Kansallispuistojen keskinäistä vertailua helpottamaan taulukossa 11 on laskettu yhden kansallispuistokäynnin aiheuttama laskennallinen typpi- ja fosforikuormitus, jotka vahvistavat ja selkeyttävät edellä kuvattuja asioita. Lukuja vertailemalla havaitaan, että Sipoonkorven osalta yhtä käyntiä vastaava ravinnekuormitus on typen osalta 0,0017 kg ja fosforin osalta 0,0002 kg, kun taas Rokuan ja Pyhä-Luoston osalta yhtä käyntiä vastaava ravinnekuormitus on keskenään hyvin samaa tasoa mutta noin 4-kertainen Sipoonkorpeen verrattuna.

Kansallispuistoissa tehtyjen kävijätutkimuksien yhteydessä selvitettiin kävijöiltä myös heidän yleisökäymäläpalveluiden käyttöä. Tämän tiedon perusteella edellä esitetty KMR-laskenta toistettiin siten, että kävijöiden ilmoittama käymäläpalveluiden käyttö otettiin huomioon laskelmassa (taulukko 12). Tätä varten jouduttiin kävijäkyselyissä ollutta yleisökäymälän

käyttöprosenttilukua tarkentamaan siten, että se koskee ainoastaan päiväkävijöitä. Tätä varten kävijäkyselyiden vastausaineistosta seulottiin vastaukset, joiden käynnin kesto oli korkeintaan 12 tuntia ja tämän aineiston pohjalta laskettiin uudet arvot kansallispuistokohtaisesti. Yöpymiskäyntien osalta ei aineistosta laskettu uutta prosenttilukua vaan käytettiin oletusta, jonka mukaan kaikki kansallispuistossa yöpyjät käyttivät yleiskäymäläpalveluita. Pientä epävarmuutta päiväkävijöiden prosenttilukuun voi aiheuttaa se, että Pyhä-Luoston osalta yleiskäymäläpalveluilla on voitu tarkoittaa myös alueen päänähtävyyksien läheisyydessä olevan opetuskeskuksen käymäläpalveluita tai muita vastaavia käymälöitä. Lisäksi prosenttiluku ei kerro luotettavasti sitä, onko henkilö tehnyt kaikki käynnin aikana eritetyt tuotokset yleiskäymälöihin. Laskelma kuitenkin tarkentaa KMR:n suuruusluokan arviointia. Merkittävin havainto oli se, että Sipoonkorven osalta KMR-arvo laski selvästi alle Rokuan kansallispuiston arvojen, kun edellisessä laskelmassa ne olivat samalla tasolla. Ero selittyy sillä, että Sipoonkorvessa yleiskäymäläpalveluita ilmoitti käyttäneensä vain 47 %, luvun ollessa Rokualla 73 %. Erot käymäläpalveluiden käytössä selittynee eroissa päiväkäyntien keskimääräisissä kestoissa eli mitä lyhyempi päiväkäynnin keskimääräinen kesto on, sitä harvemmin käyntiin sisältyy käymäläpalveluiden käyttöä. Sama asia on havaittavissa yhtä kansallispuistokäyntiä vastaavassa typpi- ja fosforimäärässä. Sipoonkorven osalta ero muihin kansallispuistoihin on entistä suurempi, noin 6 – 7 kertainen. Tämän perusteella voidaan todeta, että päiväkäynnin viipymän kasvaessa yli 2,6 h, tapahtuu siinä kohtaa myös merkittävä nousu yleiskäymälöiden käytössä ja sitä kautta KMR-arvon nousussa.

Taulukko 12. Korkein mahdollinen ravinnekuormitus käymäläselvitykseen osallistuneissa kansallispuistoissa perustuen kokonaishenkilöviipymään alueella ja kansallispuiston käyntimäärään, jossa on huomioitu vain käymäläpalveluiden käytön sisältäneet käynnit.

Selite	Sipoonkorven kansallispuisto	Pyhä-Luoston kansallispuisto	Rokuan kansallispuisto ja virkistysmetsä
Käyntimäärä (2018)	98 700	174 400	27 500*
Typpi, kg (virtsa)	89,20	939,78	137,65
Fosfori, kg (virtsa)	8,18	86,18	12,62
Typpi, kg (virtsa+uloste)	101,37	1067,93	156,42
Fosfori, kg (virtsa+uloste)	12,21	128,62	18,84
Typpi, kg / käynti	0,0010	0,0061	0,0057
Fosfori, kg / käynti	0,0001	0,0007	0,0007

* Rokuan käyntimäärä perustuu tässä työssä aiemmin esitettyjen arvioiden keskiarvoon.

Kansallispuistojen keskinäisen vertailtavuuden ja KMR-arvojen paremman havainnollistamisen takia tehtiin jatkolaskelma, jonka perusteella kansallispuistojen KMR-arvot suhteutettiin valtioneuvoston asetuksessa talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (157/2017 § 2) annettuihin kuormituslukuihin. Asetuksessa määritetyillä kuormitusluvuilla kuvataan yhden henkilön vakituudessa käytössä olevan asunnon

keskimääräistä vuorokausikohtaista ravinnekuormitusta. Alla olevassa taulukoissa (taulukko 13 ja 14) olevat arvot kuvaavat sitä, kuinka monen henkilön vuotuista talousjätevesien ravinnekuormaa lasketut kansallispuisto-kohtaiset KMR-arvot typen ja fosforin osalta vastaavat. Suhteet keskinäisessä vertailussa kansallispuistojen kesken ovat samat, mitä aiemmissa laskelmissa (taulukko 11 ja 12) mutta lasketut arvot kuvaavat havainnollisemmin kuormituksen tasoa, kun se on suhteutettu hajavesiasetuksen kuormituslukuihin. Taulukoista 13 ja 14 havaitaan, että typen ja fosforimäärien perusteella lasketut arvot eivät ole täsmää. Ero johtuu siitä, että KMR-laskennassa käytettyjen virtsan ja ulosteen sisältämien ravinnesisältöjen (N:P) suhde perustuu todennäköisesti eri lähteisiin, mitä hajavesiasetuksen kuormituslukujen määrittämisessä on käytetty. Lisäksi taulukon 13 osalta hajakuormituslukujen N:P - suhteeseen vaikuttavat talousjäteveden mukana olevat harmaan jäteveden sisältämät ravinnemäärät. Laskelman mukaan Sipoonkorven ja Rokuan kansallispuistojen aiemmin esitetyt KMR-arvot (taulukko 11 & 12) vastaavat käytännössä noin 25 - 33 henkilön vuotuista vakituisen asunnon käsittelemättömien jätevesien aiheuttamaa ravinnekuormaa. Pyhä - Luostolla taas vastaava arvo vastaa noin 174 - 228 henkilön vuotuista vakituisen asunnon käsittelemättömien jätevesien aiheuttamaa ravinnekuormaa. Kun samaa asiaa tarkastellaan vain virtsan ja ulosteen sisältämän hajakuormituslukujen kautta niin tämä luonnollisesti nostaa hieman edellä mainittuja kuormitusluku (taulukko 14).

Taulukko 13. KMR-arvot suhteutettuna hajavesiasetuksen kuormituslukuihin.

Selite	Sipoonkorven kansallispuisto	Pyhä-Luoston kansallispuisto	Rokuan kansallispuisto ja virkistysmetsä
Kaikki käynnit			
Typen osalta	33,25	228,15	32,90
Fosforin osalta	25,48	174,86	25,22
Vain käymäläpalveluiden käytön sisältäneet käynnit			
Typen osalta	19,84	208,99	30,61
Fosforin osalta	15,20	160,18	23,46
Haja-asutuksen kuormitusluvut*		kg / vrk	kg / 365 vrk
Typpi		0,014	5,11
Fosfori		0,0022	0,803

*Yhden asukkaan käsittelemättömien talousjätevesien kokonaisravinnemäärät

Taulukko 14. KMR-arvot suhteutettuna hajavesiasetuksen kuormituslukuihin huomioiden pelkästään talousjätevedessä olevan virtsan ja ulosteen sisältämän ravinnekuorman.

Selite	Sipoonkorven kansallispuisto	Pyhä-Luoston kansallispuisto	Rokuan kansallispuisto ja virkistysmetsä
Kaikki käynnit			
Typen osalta	35,80	245,69	35,43
Fosforin osalta	31,14	213,72	30,82
Vain käymäläpalveluiden käytön sisältäneet käynnit			
Typen osalta	154,29	1625,47	238,08
Fosforin osalta	18,58	195,77	28,67
Haja-asutuksen kuormitusluvut*		kg / vrk	kg / 365 vrk
Typpi		0,013	4,745
Fosfori		0,0018	0,657

*Yhden asukkaan käsittelemättömien talousjätevesien kokonaisravinnemäärät vain ulosteen ja virtsan sisältämien ravinteiden osalta.

KMR-arvojen tulkinnessa tulee huomioida myös sen, että tässä työssä vertailtavat alueet ovat pinta-alaltaan hyvin erokokoisia. Kun suhteutetaan KMR arvot kansallispuiston pinta-alaan huomataan, että Sipoonkorven ja Pyhä-Luoston hehtaarikohtaiset ravinnekuormitukset ovat melko lähellä toisiaan. Virtsan ja ulosteen sisältämän typen osalta 0,0739 - 0,081 kg / ha välillä ja fosforin osalta 0,0089 – 0,0098 kg / ha välillä (Taulukko 15.) Tämä havainto poikkeaa merkittävästi aiemmista laskelmista, joissa ei pinta-alan vaikutusta huomioitu. Ero johtuu siitä, että Pyhä-Luoston kansallispuiston on pinta-alaltaan merkittävästi suurempi mitä Sipoonkorpi ja Rokua ja näin ollen kuormitus laskennallisesti myös jakaantuu laajemmalle alueelle. Merkilläpantavaa on se, että Rokualla kuormitustaso hehtaaria kohden on merkittävästi suurempi kahteen muuhun kansallispuistoon nähden. Typen osalta 0,1319 kg / ha ja fosforin osalta 0,0159 kg / ha.

Taulukko 15. Korkein mahdollinen ravinnekuormitus (KMR) vuodessa suhteutettuna alueen pinta-alaan, kun huomioidaan kaikki käynnit.

Ravinnekuormitus vuodessa, kaikki käynnit (kg/ha)	Sipoonkorven kansallispuisto	Pyhä-Luoston kansallispuisto	Rokuan kansallispuisto ja virkistysmetsä
Pinta-ala (ha)	2 300	14 400	1 275
Selite	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Typpi, kg (virtsa)	0,0650	0,0712	0,1160
Fosfori, kg (virtsa)	0,0060	0,0065	0,0106
Typpi, kg (virtsa+uloste)	0,0739	0,0810	0,1319
Fosfori, kg (virtsa+uloste)	0,0089	0,0098	0,0159

Kun tarkastelussa otetaan huomioon KMR-arvot vain käymälän käytön sisältäneiden käyntien osalta, havaitaan kansallispuistojen jakautuvan selkeämmin kolmeen eri ryhmään (Taulukko 16). Pienin hehtaariohtainen kuormitus on Sipoonkorvessa typen osalta 0,0441 kg / ha ja fosforin osalta 0,0053 kg / ha ja suurin Rokualla, typen osalta 0,1227 kg / ha ja fosforin osalta 0,0148 kg / ha. Pyhä-Luoston arvot sijoittuvat edellä mainittujen arvojen välille

Taulukko 16. Korkein mahdollinen ravinnekuormitus (KMR) vuodessa suhteutettuna alueen pinta-alaan, kun huomioidaan vain yleisö-käymälän käytön sisältäneiden käynnit.

Ravinnekuormitus vuodessa, käymäläpalveluita käyttäneet (kg/ha)	Sipoonkorven kansallispuisto	Pyhä-Luoston kansallispuisto	Rokuan kansallispuisto ja virkistysmetsä
Pinta-ala (ha)	2 300	14 400	1 275
Selite	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Typpi, kg (virtsa)	0,0388	0,0653	0,1080
Fosfori, kg (virtsa)	0,0036	0,0060	0,0099
Typpi, kg (virtsa+uloste)	0,0441	0,0742	0,1227
Fosfori, kg (virtsa+uloste)	0,0053	0,0089	0,0148

Edellä esitettyjen ravinnekuormituslaskelmien tulosten tulkinnassa on syytä muistaa, että lasketut arvot ovat kansallispuistojen käyntien kokonaisviipymään perustuvia laskennallisia maksimiarvioita ravinnekuormituksesta, joka kohdistuu kansallispuiston alueeseen. Yleisellä tasolla asiaa tarkasteltaessa, on perusteltua suhteuttaa KMR-arvot alueen pinta-alaan, jotta saadaan parempi käsitys ravinnekuormituksen merkityksestä ympäristönsuojelun kannalta. Asia, jota tämä tarkastelu ei huomio, on pistemäinen käymäläkohtainen kuormitus, jolla on merkitystä ympäristön kannalta. Tosiasia on, että erityisesti virtsassa olevasta ravinnekuormasta merkittävä osa kohdentuu käymälöiden lähiympäristöön, ellei nestemäistä jätettä kerätä talteen ja kuljeteta pois alueelta.

Pistemäisen kuormituksen suuruusluokan selvittämiseksi tehtiin laskenta, jossa pyrittiin selvittämään laskennallinen arvio keskimääräisestä käymäläkohtaisesta ravinnekuormituksesta keskittyen pelkästään virtsan sisältämään ravinnekuormitukseen. Tämä laskenta tehtiin vain Rokuan ja Sipoonkorven osalta. Pyhä-Luosto jätettiin laskennasta pois, koska alueella on käytössä kuivakäymälöiden lisäksi myös imutyhjennyskäymälöitä, mikä olisi vääristänyt lopputulosta. Laskennassa huomioitiin pelkästään käymälöiden käytön sisältämät käynnit ja KMR-laskennassa saatu virtsan sisältämä ravinnekuorma (taulukko 12). Lisäksi lähdettiin olettamuksesta, että vain 70 % virtsasta ohjautuu käymälöihin. Lopuksi oletettu alueen käymälöihin kohdistuva, virtsasta peräisin oleva, ravinnekuorma jaettiin tasaisesti jokaiselle käytössä olevalle käymälälle. Laskelma ei huomioi käymäläkohtaisia kuormituseroja vaan antaa yleiskuvan ravinnekuormituksen keskimääräisestä suuruusluokasta käymälätasolla. Laskelman mukaan Rokualla virtsasta aiheutuva vuotuinen käymäläkohtainen kuormitus typen

osalta olisi 12,765 kg ja fosforin osalta 1,262 kg (taulukko 17). Sipoonkorven osalta vastaavat kuormitusluvut olisivat 7,805 kg ja 0,716 kg edellä mainitussa järjestyksessä. Jos saatuja ravinnekuormituslukuja verrataan hajavesiasetuksen kuormituslukuihin vain virtsan vuotuisen ravinne määrän osalta (typpi 4,1975 kg ja fosfori 0,438 kg) havaitaan Rokualla yhden käymälän vastaavan noin kolmen henkilön vuotuista ravinnekuormitusta. Sipoonkorvessa vastaava käymäläkohtainen kuormitus vastaisi vajaan kahden henkilön vuotuista kuormitusta.

Taulukko 17. Laskennallinen arvio keskimääräisestä käymäläkohtaisesta ravinnekuormituksesta pelkän virtsan sisältämän ravinnekuorman osalta Rokuan ja Sipoonkorven osalta.

Keskimääräinen käymäläkohtainen ravinnekuormitus virtsan osalta	KMR (käymäläpalvelu ita sisältäneet käynnit)	Arvio käymälään kohdentuvasta osuudesta (70 %)	Käymälämäärä*	Virtsasta muodostuva käymäläkohtainen ravinnekuormituspotentiaali
Rokua	kg	kg	lkm	kg
Typpi, kg (virtsa)	137,648	96,353	7	13,765
Fosfori, kg (virtsa)	12,622	8,835	7	1,262
Sipoonkorpi	kg	kg	lkm	kg
Typpi, kg (virtsa)	89,205	62,443	8	7,805
Fosfori, kg (virtsa)	8,180	5,726	8	0,716

* Lukumäärä vastaa loppukesän 2019 yeisökäytössä olevaa käymälämääriä. Sipoonkorven osalta käymälämäärästä puuttuu Bergströmin vuokrakämpän kuivakäymälä.

Tarkempi käymäläkohtaisen kuormituksen selvittäminen edellyttäisi tarkempaa käymäläkohtaista selvitystyötä, jossa tilastoitaisiin käymälän käytmäärä sekä käymälän eri jätejakeiden, kiinteä ja nestemäinen, määrät. Tämän tiedon avulla olisi mahdollista arvioida todellista käymäläjätteestä aiheutuvaa potentiaalista ravinnekuormitusta.

Ihmisperäisen jätteen aiheuttamaan ympäristökuormitukseen kansallispuistoissa vaikuttavat monet eri tekijät. Kokonaisuuden kannalta merkityksellistä on pohtia, missä määrin kuormitukseen voidaan todellisuudessa vaikuttaa. Merkityksellinen tekijä ravinnekuormituksen osalta on virtsa, joka ei aina ohjaudu käymälöihin vaan muualle kansallispuistoon. Tämä kuormittaa ympäristöä mutta toisaalta vähentää pistemäistä, käymäläkohtaista, kuormitusta. Lisäksi osa virtsassa olevasta typestä haihtuu todennäköisesti nopeammin tällä tavoin kuin kuivakäymälän kautta. Tällaisen virtsan määrää on kuitenkin vaikea lähteä ennalta arvioimaan mutta asia tulee ottaa huomioon, kun tulkitaan KMR-arvoja. Liitteessä 6 on kuvattu tarkemmin kuormituksen hallintaan vaikuttavia tekijöitä. Kuvan perusteella havaitaan, että nesteiden hallinta ja niiden käsittely koko käymäläjätehuoltoketjun aikana on keskeisessä asemassa, kun halutaan vaikuttaa toiminnasta aiheutuviin ympäristövaikutuksiin

11 KIINTEÄN KUIVAKÄYMÄLÄJÄTTEEN MÄÄRÄN ENNAKOINTI KANSALLISPUISTOISSA

Kansallispuistojen käyntimäärien kasvaessa myös kuivakäymälöiden jätemäärien voidaan olettaa lisääntyvän. Kuten edellä on todettu, muutos ei aina ole yksiselitteistä vaan jätemäärien ja niiden kehitykseen vaikuttavat myös käyntien laatu sekä käynnin keskimääräinen viipymä. Keskimääräisellä viipymällä on vaikutusta myös käymäläpalveluiden käyttömääriin kuten havaittiin Sipoonkorven osalta edellisessä luvussa. Käymäläjättemäärien ennakoinnilla, erityisesti kohteilla, joissa käyntimäärien odotetaan kasvavan, vähennetään käymäläjätehuollon suunnittelussa tapahtuvia virheitä. Myös ympäristönäkökulmat tulevat huomioitua paremmin, kun käymäläverkosto ja käymäläjätehuolto on mitoitettu kuormitukseen nähden oikein.

Sipoonkorven kansallispuiston käymäläjättemäärien määrittämisen yhteydessä tehtiin myös arvio kiinteän käymäläjätteen kehittymisestä tulevaisuudessa, sillä Sipoonkorven käyntimäärien odotetaan kasvavan merkittävästi tulevina vuosina. Kiinteän käymäläjätteen tulevaisuusarvio perustui kiinteän käymäläjätteen ja kansallispuiston käyntimäärän suhdelukuun. Vastaava suhdeluku laskettiin myös kahden muun kansallispuiston osalta, koska haluttiin vertailla, miten eri kansallispuistojen suhdeluvut poikkeavat toisistaan. Lisäksi haluttiin selvittää, olisiko tällainen suhdeluku käyttökelpoinen tapaa arvioida kiinteän käymäläjätteen muodostumista pelkän käyntimäärän perusteella. Tätä tarkastelua tuki aikaisempi havainto, jonka mukaan Sipoonkorven osalta suhdelukuun perustuva tulevaisuusarvio vastasi hyvin kansallispuiston palveluinfran kehittämisestä tehtyjä suunnitelmia, jotka on kuvattu luvussa 10.1.1.

Edellä kuvattu suhdeluku laskettiin käymäläjätehuoltoselvityksessä mukana olleiden Sipoonkorven ja Rokuan osalta. Lisäksi mukaan otettiin Oulangan kansallispuisto, sillä Pyhä-Luoston osalta ei pystytty laskemaan koko kansallispuiston kiinteän käymäläjätteen määrää tässä työssä aikaisemmin esitetyistä syistä johtuen. Oulangan kansallispuiston osalta saatiin PAVE-paikkatietojärjestelmään kirjattu ajantasainen aineisto kiinteän käymäläjätteen osalta, joka mahdollisti vertailun teon ilman maastotöitä tai kenttähenkilöstön haastatteluja. PAVE-aineistojen käytettävyys ja kohteen soveltuvuus tähän laskentaan varmistettiin erikseen kenttäpäällikkö Leena Jartilta (Jartti, 2019). Lisäksi Oulangan kansallispuisto kohteena poikkeaa vertailun kahdesta muusta alueesta käyntimääränsä ja pinta-alan (24 000 ha) suhteen merkittävästi, joka parantaa vertailtavuutta. Sipoonkorven osalta käymäläjätteen kokonaismäärää nostettiin hieman aiemmin käymäläjätehuoltoselvityksen yhteydessä todetusta huomioimalla Bergströmin vuokrakämpän käymälän arvioitu kiinteän jätteen määrä (0,75 m³).

Lasketut suhdeluvut eri kansallispuistojen välillä asettuivat välille 0,107 – 0,113 litraa / käynti ja keskiarvoksi muodostuu 0,110 litraa / käynti (Taulukko 18). Suhdeluvut ovat hyvin lähellä toisiaan, vaikka kansallispuistojen käyntimäärissä ja jätemäärissä on isoja eroja. Suhdeluvun yleistettävyyden kannalta pitäisi kuitenkin vertailtavien kansallispuistojen määrää lisätä, jotta korrelaatiolle saataisiin tilastollinen varmuus. Epävarmuutta aiheuttava tekijä on tilavuusmäärään käyttö, johon vaikuttaa kiinteän jätteen biologinen hajoamisprosessi. Tähän taas vaikuttaa käymäläastioiden tyhjennysväli, ilmastolliset olosuhteet sekä kuivikkeen käyttö.

Taulukko 18. Kiinteän käymäläjätteen suhde kansallispuiston käyntimäärään verrattuna ja suhdelukujen keskinäinen vertailu.

Kansallispuisto	Käyntimäärä (2018)	Kiinteäkäymälä jäte (m ³)	Suhdeluku, kiinteäkäymälä jätte / käynti (litra)	Poikkeama keskiarvosta, (litra)
Sipoonkorpi*	98700	10,90	0,110	0,000
Rokua**	27 500	3,1	0,113	0,003
Oulanka	199 500	21,35	0,107	-0,003
Keskiarvo			0,110	0,000

* Sipoonkorven käymäläjättemäärää on nostettu aiemmin käymäläselvityksessä esitetyistä luvusta.

** Rokuan käyntimääränä on käytetty aiemmin esitettyjen käyntimäärälukujen keskiarvoa tarkastelun selkiyttämiseksi.

Sipoonkorven osalta suhdelukua hyödynnettiin tekemällä arvio käymäläjättemäärästä nykyistä suuremmille käyntimäärille kuten edellä todettiin. Laskennassa hyödynnettiin suhdelukua, jonka mukaan määritettiin käyntimäärää vastaava kiinteän käymäläjätteen määrä (taulukko 19). Taulukossa esitellään myös kuivikkeen sekä ulosteen ja vessaperin osuus, sillä ne olivat Sipoonkorven kansallispuiston yhteydessä eroteltavissa. Suhdeluvun perusteella määritetty kiinteän käymäläjätteen vuotuinen määrä tulisi olemaan 14,184 m³ käyntimäärän saavuttaessa 200 000 rajan ja kuiviketta kuului 7,903 m³.

Taulukko 19. Laskennallinen arvio kiinteän käymäläjätteen määrästä yhtä kansallispuistokäyntiä kohden (suhdeluku) sekä arvio käymäläjättemäärästä käyntimäärien kasvaessa Sipoonkorven kansallispuistossa.

Käyntimäärä	Kiinteäkäymälä jäte (m ³)	Kuivike (m ³)	Uloste + vessapaperi (m ³)	Suhdeluku, käymälä jätte (litraa / käynti)
%-osuus	100 %	36 %	64 %	
(2018) 98700	10,900	3,900	7,000	0,110
120000	13,252	4,742	8,511	
150000	16,565	5,927	10,638	
200000	22,087	7,903	14,184	

Puiston käyntimäärän on arvioitu olevan vuonna 2025 noin 200 000, johon perustuen on tehty suunnitelmat (kuva 45) kansallispuiston palvelurakenteista (Halinen, 2013, s. 70). Edellä olevan taulukon 19 mukaisesti 200 000 käyntimäärällä puiston kiinteän käymäläjättemäärä tulisi olemaan noin 22,09 m³ vuodessa. Jos käymälähuolto ja käymälätekniikka pidetään nykyistä tilannetta vastaavana eli käymäläastiat olisivat keskimäärin 200 litran kokoisia ja käymälöiden keskimääräinen tyhjennysväli pysyisi käymäläjätehuoltoselvityksen mukaisella tasolla, edellyttäisi se laskennallisesti 11,4 kuivakäymälää kansallispuiston alueella. Luku vastaa hyvin olemassa olevia suunnitelmia, jos kaikille suunnitelluille nuotiopaikoille tulee myös kuivakäymälät.

12 KEHITYSEHDOTUKSET KUIVAKÄYMÄLÖIDEN NESTEMÄISEN JÄTTEEN KÄSITTELYYN

Kuivakäymälöistä peräisin olevien nesteiden käsittelyyn ja hallintaan ei ole yhtä kaikkiin kohteisiin soveltuvaa ratkaisua. Asiaa tulisi tarkastella aluekohtaisesti koko käymäläjätehuollon näkökulmasta ottaen huomioon olemassa oleva käymäläverkosto, maaston asettamat rajoitteet huollolle, alueen virkistyskäytön muodot ja niiden vaihtelut eri vuodenaikoina, ilmastolliset tekijät, maaperä, vesistöt ja pohjavesialueet, käymälähuollon resurssit sekä työturvallisuus. Lisäksi tulisi etukäteen miettiä käymälöistä peräisin olevien jätejakeiden loppusijoitus. Haasteet, jotka nesteen hallintaan ja käsittelyyn maasto-olosuhteissa liittyvät ovat isot. Nykyinen tapa, jossa yleisökäymälän suotonesteet johdetaan käsittelemättömänä maaperään ei ole ympäristön, työturvallisuuden ja asiakasturvallisuuden kannalta keskeinen ratkaisu.

Yksinkertaisin ja periaatteessa ainoa, kuivakäymäläjätteen käsittelyohjeen mukainen, (Käymäläseura Huussi ry, 2018e; Suomen ympäristökeskus, 2013), tapa tilanteen korjaamiseksi olisi kerätä kaikki käymälänesteet säiliöihin ja kuljettaa pois mastosta jatkokäsiteltäväksi. Käymälöiden nestemääristä ei ole saatavilla tarkempaa tietoa mutta tässä työssä esitettyjen käymäläkohtaisen kuormitusarvion mukaan esimerkiksi Sipoonkorvessa vuotuinen virtsamäärä, vuoden 2018 käyntimäärällä, on reilut 7 500 kg, kun huomioidaan ainoastaan käymäläpalveluiden käytön sisältäneet käynnit ja oletetaan käymälöihin kohdentuvan virtsan osuudeksi 70 %. Rokualla vastaava luku reilut 10 000 kg virtsaa vuodessa. Nestetilavuudeksi muutettuna luvut ovat noin Sipoonkorven osalta 7,5 m³ ja Rokuan osalta 10 m³.

Tällaisten nestemäärien kerääminen edellyttäisi suurien, tilavuudeltaan noin 200 - 1000 litran käymäläkohtaisten säiliöiden maahan upottamista, jotka tyhjennettäisiin tarpeen vaatiessa tarkoitukseen sopivalla kalustolla. Toinen vaihtoehto olisi tilavuudeltaan pienempien säiliöiden käyttöä, jolloin päästään vähemmällä kaivuutyöllä. Tämä johtaisi kuitenkin huoltokäyntien merkittävään lisäämiseen. Käytännössä mitä suurempi säiliö, sitä

pidempi huoltoväli ja samalla parempi puskuri mahdollisia kuormituspiikkejä varten.

Suurimmat haasteet tähän toimintamalliin liittyvät nesteen poiskuljetukseen maastosta. Nesteen kuljettamista hankaloittavat tekijät ovat sen suuri tilavuus ja paino. Lisäksi nesteen liikkuminen kuljetuksen aikana voi aiheuttaa yllättäviä ongelmia liikuttaessa epätasaisessa maastossa. Nesteen kuljetus pitäisi pystyä toteuttamaan siten, ettei siitä aiheudu vaara työntekijöille, retkeilijöille eikä ympäristölle. Nesteiden pois kuljetuksessa tulee huomioida myös huoltokäynneistä johtuvat hiilidioksidipäästöt. Raskaan ja tilaa vievän nesteen kuljetus edellyttää lähtökohtaisesti aina konekaluston käyttöä esimerkiksi syrjäisemmillä kohteilla mönkijää. Lisääntynyt huoltoajo lisää myös maaston kulumista erityisesti kesäaikaan, jolloin monessa kansallispuistossa käymäläjätekuormitus on suurinta. Lisäksi osa kohteista on sellaisia, että ne ovat saavutettavissa ainoastaan moottorikelkalla talviaikaan. Talviaikana jäätyneen nesteen poiskuljetus esimerkiksi moottorikelkalla on toki mahdollista. Tämä tosin edellyttäisi etukäteisjärjestelyjä ennen talven tuloa kuten nesteen jakamista sellaisiin säiliöihin, jotka mahdollistavat jäätyneen nesteen työturvallisen liikuttelun ja pois kuljetuksen moottorikelkalla perässä vedettävällä reellä. Kun huomioidaan kuljetuksesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt, voidaan perustellusti kyseenalaistaa edellä kuvattu toimintamalli ainakin silloin, jos asiaa tarkastellaan kestävyuden näkökulmasta.

Seuraavassa esiteltävät nesteen käsittelyyn ja hallintaan liittyvät kehitysehdotukset eivät kaikilta osin täytä voimassa olevia yleisiä ohjeita käymäläjätteen käsittelystä. Toisaalta olemassa olevat ohjeistukset on tehty pääosin asuinkiinteistöjen ja vapaa-ajan asuntojen yhteydessä muodostuvan käymäläjätteen käsittelyyn eikä niissä huomioida riittävässä määrin luonnon virkistyskäyttöalueilla tapahtuvan yleisökäymälöiden jätehuollon erityispiirteitä. Näin ollen onkin perusteltua tuoda esille uusia näkökulmia ja ratkaisuja, joissa huomioidaan luonnon virkistyskäyttöalueiden erityispiirteet pyrkien samalla parantamaan nykyisiä käytössä olevia toimintatapoja sekä minimoimaan kuivakäymälän nesteistä aiheutuvia ympäristöhaittoja. Esitetyt ratkaisut perustuvat tässä työssä aiemmin esiteltyihin käymälätekniikoihin sekä toimintatapoihin. Tarkoitus on antaa ehdotuksia uusista toimintatavoista, joiden sovellettavuutta eri kohteille ja maantieteellisille alueille tulee harkita aina tapauskohtaisesti ja yhdessä viranomaisten kanssa.

12.1 Nesteiden kerääminen, poiskuljetus ja jatkokäsittely

Käymälänesteiden kerääminen ja poiskuljetus maastosta on perusteltua silloin kun käymälä sijaitsee pohjavesialueella ja kun tieyhteys kohteelle on olemassa. Nesteen keräämistä varten oleva säiliö tulisi olla riittävän suuri kohteen kuormitukseen nähden ja se tulee upottaa maaperään, jotta neste voi virrata painovoimaisesti säiliöön. Säiliön suurella koolla voidaan tyhjen-

nysvälit pitää maltillisena ja samalla välttään yllättävien kuormituspiikkien aiheuttamilta ongelmilta. Nesteen kuljetuksessa tulisi käyttää joko imutyhjennysautoa tai huoltotien kapeudesta johtuen muuta tarkoitukseen soveltuva kalustoa. Nestemäisen käymäläjätteen kuljetuksessa maasto-olosuhteissa sisältyy aina hygieniariski niin työntekijöille kuin retkeilijöille, sillä molemmat käyttävät monesti samoja kulku-uria. Nestesäiliön ilmanvaihtoon tulee kiinnittää huomiota erityisesti hajuhaittojen minimoimiseksi. Hyvällä ilmanvaihdolla voidaan lisätä myös nesteen haihduntaa mutta todennäköisesti sen merkitys poiskuljetettavan nesteen osalta on melko vähäinen

Maastosta poiskuljetetun nesteen jatkokäsittely ja loppusijoitus tulisi suunnitella etukäteen. Yksinkertaisinta on toimittaa neste jätevedenkäsittelylaitokselle käsiteltäväksi. Vaihtoehtoisesti neste voitaisiin käsitellä koottu omissa tiloissa ja hyötykäyttää esimerkiksi Metsähallituksen metsätalous Oy:n talousmetsissä metsälannoitteena. Nesteen koottu käsittely voisi olla esimerkiksi nesteen vanhettaminen eli varastointi vähintään +2 – +20 asteen lämpötilassa vuoden verran. Jatkokäytön kannalta nesteen hygienisointiolosuhteisiin tulisi kiinnittää erityistä huomioita.

Jos kuormitus käymäläkohteella on suuri, tulee harkita siirtymistä kokonaan imutyhjennyskäymälään. Tämä edellyttää suurempia investointikustannuksia ja hyvää huoltoyhteyttä mutta pitkällä aikavälillä on kustannustehokas ja ympäristön kannalta riskittömin ratkaisu. Tässä ratkaisumallissa tulisi kiinnittää erityistä huomiota käymäläjätteen roskaantumisen sekä hajuhaittojen ehkäisyyn.

12.2 Käymälänesteiden puhdistus erillisellä suodattimella

Käymälänesteiden puhdistusta erillisellä suodattimella voidaan harkita silloin, jos kuormituksen tiedetään olevan kohteella vähäistä. Käytännössä ainoa tähän tarkoitukseen sopiva tehdasvalmistainen käymälänestesuodatin on GeoTrap huussisuodatin. Se pystyy sitomaan nesteessä olevia ravinteita mutta sen kyky poistaa ulosteperäisiä taudinaiheuttajia on rajallinen ja puhdistusteho tältä osin vastaa hiekkasuodatuksen tehoa (Laiho, 2020a). Näin ollen ympäristön kannalta parhaan lopputulokseen päästäisiin, jos suodatinta käytetään vain käymälässä erotellulle virtsalle.

Tuotteen valmistajan kanssa tulisi selvittää myös suodattimen skaalattavuutta siten, että sen nesteen käsittelykapasiteettia saataisiin nostettua. Tämä pidentäisi massan vaihtoväliä ja antaa puskuria mahdollisia kuormituspiikkejä varten. Lisäksi suodattimen talvikäyttöä tulisi kehittää niin, että suodatinta pystyisi käyttämään myös leutojen talvikuukausien aikana. Kovemmalla pakkasella tällainen suodatin todennäköisesti jäätyisi, vaikka se eristettäisiin kunnolla. Suodattimen käyttöön sisältyy jonkin verran kustannuksia, jotka tulevat säännöllisin välein vaihdettavista vaihtomassoista. Lisäksi käytetyn suodatinmassan jatkokäyttö tai loppusijoitus tulee ratkaista ennen suodattimen käyttöönottoa.

Suodattimen käyttöä voisi harkita vähäisen kuormituksen käymäläkohteilla, jotka sijaitsevat pohjavesialueella tai hyvin lähellä vesistöä ja ovat huollon kannalta vaikeasti saavutettavia kohteita. Käymälässä tulisi olla virtsan erottelu, jolloin suodattimessa käsiteltävä neste sisältäisi mahdollisimman vähän taudinaiheuttajia. Eroteltu virtsa johdetaan suodattimessa olevien massojen läpi, jolla virtsassa olevan typen ja fosforin määrää saadaan vähennettyä. Käsitelty virtsa sisältäisi edelleen jonkin verran typpeä ja fosforia, joten se tulisi johtaa hallitusta sellaiseen kohtaan maaperässä, jossa kasvaa ravinteita hyödyntävää kasvillisuutta kuten pajua tai muuta vastaavaa.

Käymälämäkistä suodattuvan suotonesteen määrän pitäisi olla hyvin vähäinen, jos virtsan erottelu toimii hyvin, käymälässä käytetään kuiviketta ja ilmanvaihto on riittävä. Tällöin suotoneste olisi mahdollista kerätä astiaan ja kuljettaa pois. Vaihtoehtoisesti suotoneste voidaan johtaa turpeella täytettyyn laakeaan astiaan, jossa nesteen annetaan haihtua. Haihdutusastian tulee kuitenkin olla riittävän suuri ja ilmanvaihdon riittävä. Lisäksi muodostuvan suotonesteen määrää tulee tarkkailla, jotta ylivuotoa ei pääse tapahtumaan.

12.3 Virtsan käsittely pienikokoisen maameyttämön avulla

Aikaisemmin tässä työssä esitelty kuivakäymälässä erotellun virtsan käsittely pienikokoisessa maameytyskentässä (Hill, 2013) ei ole tiettävästi Suomessa käytössä oleva menetelmä. Maameytyskenttä on kuitenkin Suomessa yleisesti käytössä oleva ratkaisu asuinkiinteistöjen talousjätevesien puhdistuksessa. Merkittävin ero talousjäteveden puhdistuksessa käytettävän maameyttämön ja tässä työssä ehdotettavan ratkaisun välillä on nesteen määrä ja laatu, joka imeytyskenttään johdetaan. Normaalisti asuinkiinteistöjen jätevedessä virtsa on laimentuneena pesuvesiin. Lisäksi ulosteesta peräisin olevat taudinaiheuttajat ovat sekoittuneet talousjäteveden sekaan. Nyt ehdotettavassa menetelmässä imeytyskenttään johdettava neste on eroteltua ”puhdasta” virtsaa, joka voi sisältää myös jonkin verran ulosteperäisiä taudinaiheuttajia.

Haja-asutusalueiden jätevedenkäsittelyyn tarkoitetun maameyttämön perustamisessa tulee Krögerin ja Korolaisen mukaan huomioida maaperän rakeisuus maaston muodot, pohjavesiolosuhteet sekä syväjuuristen puiden ja pensaiden sijainti. Lisäksi imeytyspaikan päältä ei saa ajaa ajoneuvoilla ja talvisin lumikerros tulisi pysyä koskemattomana. Imeyttämöön ei myöskään saa johtaa maaperän pieneliöiden hajotustoimintaa haittaavia aineita. Maaperän tulee olla riittävän imukyinen muttei liian karkea. Riittävän imukyisellä maaperällä tarkoitetaan karkeaa maa-ainesta esimerkiksi soraa, hiekkaa tai hienorakenteista maa-ainesta kuten silttiä tai hieno hiekkaa. Maameyttämön kaivannon pohjan ja pohjaveden ylimmän tason etäisyyden tulee olla vähintään 1 metri, tässä tosin tulee huomioida kohteen sijaintikunnan määräykset ja ohjeet. Syväjuuriset puut ja pensaat

imeytyskentän läheisyydessä voivat tukkia kentän ja putkiston mutta hie-
man etäämmällä olevat puuvartistet kasvit ovat eduksi toiminnalle. (Kröger
& Korolainen, 2008, s.44 - 47)

Maimeyttämön puhdistusteho on arvioitu olevan fosforin osalta noin 60
– 80 %, typen osalta 20 – 40 % ja orgaanisen aineksen osalta noin 90 – 99
% sekä bakteerien osalta 99 %. Todellisen puhdistustehon todentaminen
on kuitenkin vaikeaa, sillä maimeyttämöstä lähtevästä jätevedestä on vai-
kea ottaa näytteitä. Maimeyttämön vaikutuksia pohjaveteen voidaan ar-
vioida seuraamalla pohjaveden laatua erillisellä pohjavedenhavaintoput-
kella. (Kröger & Korolainen, 2008, s.44 - 45)

Maahanimeyttämön rakenne, käsiteltäessä asuinkiinteistön jätevesiä,
koostuu 2-3:sta saostussäiliöstä, joka kerää suurimman osan kiintoai-
neesta ja rasvoista. Esipuhdistettu vesi johdetaan jakokaivon kautta imey-
tysputkiin, josta jätevesi imeytyy tasaisesti maaperään. Maaperässä tapah-
tuu mekaanis-biologis-kemiallinen puhdistus, jossa orgaaninen aines ha-
joaa, bakteerit tuhoutuvat ja fosfori sitoutuu maaperään. Tyypestä pääosa
kulkeutuu nitraattina syvemmälle ja vain pieni osa haihtuu tai sitoutuu kas-
veihin tai maaperään. Näin ollen typen vähenemä maimeyttämössä on
suhteellisesti vähäisempää. (Kröger & Korolainen, 2008, s.45)

Maimeytyskentän imeytysalan määrittäminen asuinkiinteistön mustien
jätevesien käsittelyssä perustuu alla olevaan laskentakaavaan. Jos imeyte-
tään ainoastaan harmaita jätevesiä, jossa ei ole lainkaan käymäläjätevesiä
voidaan pinta-alaa pienentää 25 %:lla. (Kröger & Korolainen, 2008, s.48)

$$\text{Imeytyspinta-ala (m}^2\text{)} = \frac{\text{mitoituksen henkilömäärä (hlö)} * \text{vedenkulutus (l/hlö/vrk)}}{\text{maa-aineksen suodatuskyky (l/m}^2\text{/vrk)}}$$

Edellä olevan kaavan perusteella on laskettu ehdotus kuivakäymälästä ero-
tellun virtsan maimeyttämön mitoituksesta Suomen oloihin (taulukko
20). Laskennassa on sovellettu Hillin (2013) tekemiä ehdotuksia imeytys-
kentän mitoituksessa huomioitavista asioista. Virtsalle tarkoitetun imey-
tyskentän koko on kymmenkertaistettu, jolla pyritään tasaamaan laimen-
tamattoman virtsan negatiivinen vaikutus maaperän pieneliöstölle (Hill,
2013, s.112 - 113). Laskelmien perusteella kuivakäymälä, jossa on 100
käyntiä päivässä ja yksi käynti aiheuttaa keskimäärin 0,15 litran virtsakuor-
mituksen, tulisi imeytyspinta-alan olla 3 - 5 m² riippuen kohteen maape-
rystä.

Taulukko 20. Maimeyttämön imeytyspinta-alan laskennallinen määrittäminen ja vertailu asuinkeihenteistön jätevesien ja kuivakäymälästä peräisin oleva virtsan osalta.

Asuinkeihenteistö (3 hlöä)	Laskennassa käytetty maan suodatuskyky	Jäteveden määrä (l/vrk)	Imeytyspinta-ala (m ²)	
			Mustat jätevedet	Harmaat jätevedet
Karkea maa-aines	50 l/m ² /vrk	450	9,00	2,25
Hiekka	40 l/m ² /vrk	450	11,25	2,81
Hienorakenteinen maa-aines	30 l/m ² /vrk	450	15,00	3,75

Kuivakäymälä (100 käyntiä/päivä)	Laskennassa käytetty maan suodatuskyky	Virtsan määrä (l/vrk)	Imeytyspinta-ala (m ²)	
			Pinta-ala x 1	Pinta-ala x 10
Karkea maa-aines	50 l/m ² /vrk	15	0,30	3,00
Hiekka	40 l/m ² /vrk	15	0,38	3,75
Hienorakenteinen maa-aines	30 l/m ² /vrk	15	0,50	5,00

Maimeyttämön käyttöönotto Metsähallituksen maastokohteilla edellyttäisi käymäläkohtaista virtsan erottelua. Eroteltu virtsa tulisi johtaa ensin noin 20 litraa seisotusastiaan, jonka tarkoitus on saostaa virtsan seassa oleva mahdollinen kiinteä aine astian pohjalle (Toilet Tech Solutions, n.d.c). Samalla vähennetään virtsan seassa olevien taudinaiheuttajien määrää, kun virtsan pH nousee astiassa. Seisotusastiasta virtsa johdetaan putkea pitkin maimeyttämöön, riippuen käymälän kuormituksesta. Maimeyttämön asennussyvyys tulisi olla noin 60 cm ja se koostuisi yhdestä tai kahdesta 110 mm, alhaalta rei'itetystä jakoputkesta. Imeytysputken ympärille laitetaan nestettä jakava karkea maa-aineskerros. Tässä voidaan hyödyntää käymäläkohteen maaperää tai käyttämällä esimerkiksi Leca-soraa, joka on maastokuljetuksia ajatellen kevyt korvaava materiaali. Imeytysputkien määrä ja pituus riippuu kohteen maastonmuodoista ja käymäläkohteen kuormitustasosta. Edellä esitetyt imeytyspinta-alat huomioon ottaen, yhden putken käyttö on todennäköisin vaihtoehto. Imeytysputken päähän voidaan asentaa ilmanvaihtoa parantava pystyputki, jonka päässä on sateelta suojaava hattu. Tällä varmistetaan maaperässä oleville, hajoitustyötä tekeville, bakteereille riittävät hapensaanti.

Maimeytyskentän toimivuutta voidaan myös parantaa lisäämällä imeytysputken ympärille biohiiltä. Biohiilen avulla lisätään imeytyskentän kykyä pidättää virtsassa olevia ravinteita lisäämällä merkittävästi suodatuspinta-alaa, maaperän omaa kationinvaihtokykyä. Lisäksi biohiilen tiedetään parantavan maaperässä olevien mikrobien elinolosuhteita, mikä voi omalta osaltaan lisätä maaperän kykyä sitoa ravinteita ja tuhota taudinaiheuttajia. Tarvittaessa ravinteilla latautunut biohiili voidaan vaihtaa. Tätä varten biohiili tulisi olla pakattuna esimerkiksi maatumista kestävässä putkimaisessa verkkotuubiin. Tällä tavoin imeytyskenttä voitaisiin uudistaa kohtuu helposti.

Talviaikaan pintamaahan asennettu järjestelmä on vaarassa jäätyä. Näin ollen maimeyttämö soveltuu parhaiten kohteille, joiden pääasiallinen käyttö on sulanmaan aikana. Jos käymäläkohteella on talvella enemmän käyttöä, tulisi imeytyskenttä joko perustaa syvemmälle tai imeytyskentän

päälle tulisi asentaa erillinen routaeristys. Lisäksi imeytyskenttä tulisi sijoittaa sivuun kulku-uralta, ettei maaperä tiivisty liaksi imeytyskentän kohdalla ja eikä pakkaselta suojaava lumikerros tule talvisin tampatuksi.

Maimeyttämö voisi olla potentiaalinen ratkaisu kuivakäymälöiden nesteongelmaan monella käymäläkohteella ainakin Etelä – ja Keski-Suomessa mutta myös Pohjois-Suomessa, kunhan riittävästä routasuojauksesta huolehditaan talvikäyttökohteilla. Kohteet, jonne maimeytyskenttä ei sovellu, ovat ainakin vedenoton kannalta tärkeät pohjavesialueet sekä vesistöjen välittömässä läheisyydessä olevat käymälät.

Kun huomioidaan kuivakäymäläkohteiden suuri määrä valtakunnallisesti, on perusteltua löytää mahdollisimman vähän muutostöitä edellyttävä ja kustannuksiltaan kohtuullinen ratkaisu. Käytännössä pienen imeytyskentän perustaminen tapahtuu käsityönä, jolloin sen voi perustaa myös syrjäisille kohteille, jonne konekalustoa ei ole mahdollista viedä. Perustamiseen vaadittavat materiaalit, kuten putket, lecasora, biohiili ja seisotussäiliö, ovat keveitä ja kohtuu helposti kuljetettavia myös maasto-olosuhteissa.

Ennen kuin maimeyttämön käyttöönottoa lähdetään suunnittelemaan tarkemmin, tulisi menetelmälle hakea periaatteellinen hyväksyntä viranomaisilta. Lisäksi virtsan maimeytyskentän kokovaatimukset eri kuormituksilla ja maalajeilla tulisi selvittää tarkemmin, sillä tämän hetkiset imeytyskentän mitoitusohjeet eivät huomioi tätä vaihtoehtoa.

Virtsan erottelu ja virtsan maaperään imeytys on tällä hetkellä suositelluin toimintatapa, Pack-In Pack-Out – menetelmän jälkeen, Yhdysvaltain kansallispuistojen käymäläjätehuollon toteutukseen. (NPS, 2018, s.108; Leffel, 2018). Tämän takia sitä voi perustellusti suositella otettavaksi käyttöön myös Suomessa, jossa käymäläjätehuollossa esiintyvät ongelmat ovat samanlaiset mitä Pohjois-Amerikassa ja ilmastolliset olosuhteen usean kansallispuiston osalta vastaavat Suomen olosuhteita.

12.4 Käymäläkohteen uudelleen sijoittaminen

Pohjavesialueella ja tieyhteyttä vailla olevien käymäläkohteiden osalta tulisi harkita käymälän siirtoa paremman huoltoyhteyden varten, jossa nesteen kerääminen ja poiskuljetus maastosta on mahdollista järjestää. Jos käymälän kuormitus on vähäinen ja käymälän siirto ei ole mahdollista, tulisi käymälänesteiden käsittelyyn kiinnittää erityistä huomioita esimerkiksi käyttämällä edellä kuvattua virtsan suodatusratkaisua.

Jos kohteella on suuri kuormitus ja se sijaitsee pohjavesialueella eikä kohteelle ole kunnan tieyhteyttä, tulee harkita kohteen soveltuvuutta taukotai käymäläkohteeksi. Jos kohde on erityisen vetovoimainen kohde, esimerkiksi maiseman tai nähtävyyden takia, voisi silloin tulla kyseeseen kohteen palvelurakenteiden siirtäminen helpommin huollettavalle lähialueella, josta on polkuyhteys alkuperäiselle kohteelle.

12.5 Virtsan erotteluun soveltuva käymälätekniikka käymäläkohteilla

Valtaosa edellä kuvatuista ratkaisuvaihtoehdoista perustui käymäläistui-
massa tapahtuvaan virtsan erotteluun. Merkittävin virtsan erottelulla saa-
vutettu hyöty tässä tapauksessa on se, että ihmiselle haitallisia taudinai-
heuttajia sisältävän nesteen määrä vähenee merkittävästi. Tämä parantaa
työturvallisuutta sekä helpottaa käymälänesteen jatkokäsittelyä maas-
tossa. Lisäksi vältetään virtsan aiheuttama korkea ammoniumpitoisuus
käymälämakissa, joka hidastaa mikrobien toimintaa ja tätä kautta kiinteän
käymäläjätteen kompostoitumista (Hill, Baldwin & Vinnerås, 2013). Myös
hajuhaittoja saadaan vähennettyä, kun virtsan ammoniumtyyppiä ei joh-
deta enää käymälämakkiin tai sen määrä käymälämakin seassa on hyvin
vähäinen.

Metsähallitukselle yleisesti käytössä oleva Biolan Populett - kuivakäymä-
löissä on valmiiksi virtsan erottelun mahdollistava mekanismi. Tämä tosin
on puutteellinen, jos tavoitellaan lähes puhtaan virtsan saamista erilleen
käymäläastiasta. Käytössä olevassa mallissa virtsa sekoittuu käymäläastian
pohjalla käymälämakista suodattuun suotonesteeseen, jonka jälkeen
virtsaan sekoittuu ulosteesta peräisin olevat taudinaiheuttajat. Jotta Popu-
lett - käymälästä saataisiin eroteltu virtsa ulos astiasta, tulisi virtsanohjaus-
putkea jatkaa pohjarakenteessa siten, että virtsa saadaan johdettua ulos
omaa putkea pitkin. Näin estettäisiin virtsan kontaminoituminen suoto-
nesteessä olevien ulosteperäiset taudinaiheuttajien kanssa. Myös virtsan
erottelumekanismiin päälle olevan verkon puhtauteen tulisi jatkossa kiin-
nittää entistä enemmän huomiota, jotta vältetään virtsan erottelutilän
tukkeutumiselta ja virtsan likaantumiselta erotteluvaiheessa. Rakenteelli-
nen muutos voi olla mahdollista tehdä nykyisiinkin malleihin mutta tässä
kannattaa konsultoida tuotteen valmistajaa, jotta löydettäisiin yksinkertai-
sin ja toimintavarma ratkaisu asiaan. Myös olemassa olevan mallin kehit-
tämistä edellä kuvatun mukaisesti yhdessä valmistajan kanssa tulisi har-
kita.

Käymälöissä, joissa ei ole erillistä virtsan erottelua, tulisi harkita joko käy-
mälälaitteen vaihtoa sellaiseen, jossa on valmiiksi kiinteä virtsan erottelu
tai erillisen virtsanerotteluistuimen asentamista. Esimerkkinä tällaisesta
on erotteleva käymäläistuin pikkula 501 tai 500, jonka voi asentaa ole-
massa olevan käymäläistuimen tilalle. Tosin yleisökäytössä pikkulan virtsa-
nerottelu voi olla altis likaantumiselle ja tukkeutumiselle, joka aiheuttaa
lisäongelmia kohteilla, joissa huoltovälit ovat pitkät.

Edellä mainittujen käymälätekniikoiden lisäksi tulisi harkita Ecodomeon
BTW-yleisökuivakäymälän testausta muutamalla pilottikohteella ja selvit-
tää sen soveltuvuus Metsähallituksen kohteilla. Kyseinen käymälälaitte on
suunniteltu nimenomaan virtsan erottelevaksi kuivakäymäläksi, jossa ei
ole samanlaisia tukkeutumisoongelmia mitä yleisesti muissa erottelevissa
kuivakäymälöissä on. BTW - käymälästä on saatu hyviä kokemuksia muun
muassa Pohjois-Amerikassa sijaitsevista kansallispuistoissa. BTW-

käymälälaitteen käyttö edellyttää hieman erilaista käymälärakennusta, joten sillä ei suoraan voi korvata vanhaa käymälälaitetta vaan edellyttää joko uuden käymälärakennuksen rakentamista tai muutostöitä olemassa olevaan rakennukseen. BTW - käymälän etuna on myös se, että siinä ei tarvitse käyttää lainkaan kuiviketta. Lisäksi kiinteän käymäläjätteen käsittely muuttuisi työturvallisemmaksi erilaisen kiinteän käymäläjätteen välivarastointitavan takia, joka parhaimmassa tapauksessa vähentäisi kiinteän käymäläjätteen kuljetustarvetta maastosta pois.

13 YHTEENVETO JA JATKOTUTKIMUSAIHEET

Tässä selvitystyössä tavoitteena oli kartoittaa luonnon virkistyskäyttöalueiden, erityisesti kansallispuistojen, yleisökuivakäymälöiden jätehuoltoon liittyviä haasteita sekä ratkaisuvaihtoehtoja ongelmien ratkaisemiseksi. Tarkastelussa huomio keskittyi erityisesti nestemäisen jätteen käsittelyyn, joka on erityisen ongelmallinen sekä ympäristön että huollon kannalta.

Käymäläjätehuollon toimintatavat vaihtelevat alueittain ja niiden kehittämiseen ovat vaikuttaneet käytettävissä olevat resurssit, alueelliset toimintaympäristön erityispiirteet sekä paikallisesti hyväksi havaitut toimintatavat. Myös olemassa oleva käymäläverkosto ja niissä käytettävä, osin epäkäytännöllinen, käymälätekniikka ohjaavat toimintaa ja sen kehittymistä. Yhtenäisiä käymäläjätehuoltoon liittyviä ohjeistuksia tai suosituksia ei Metsähallituksella ole käytössä, joten kenttätöistä vastaavalle henkilöstölle lankeaa iso vastuu toiminnan kehittämiseksi. Käymäläjätehuolto perustuu pääosin kompostointiin perustuvaan käymälätekniikkaan ja jätteen jatkokäsittelyyn. Lisäksi suuren kuormituksen kohteilla, jotka sijaitsevat hyvien huoltoyhteyksien varrella, on ryhdytty käyttämään entistä enemmän imutyhjennyskäymälöitä. Käymälöiden jätehuoltoon liittyvät työt toteuttaa tyypillisesti joko ulkopuolinen huoltoyrittäjä tai Metsähallituksen oma kenttähenkilöstö vankityövoiman kanssa.

Toimintaympäristö käymäläjätehuollon kannalta on usein haastava. Käymälät sijaitsevat pääasiassa maastossa ja huoltoyhteydet ovat pitkät ja vaikeakulkuiset. Ilmastolliset tekijät, kuten kylmyys ja ilmankosteus, luovat epäedullisen toimintaympäristön käymäläjätteen kompostoitumiselle sekä vähentävät nesteiden haihduntaa. Talvisisin kylmyys aiheuttaa käymäläjätteen jäätyksen. Retkeilyn sesonkiluonteisuus ja kuormituksen epätasaisuus asettavat omat haasteensa huollolle sekä toimintavarman käymälätekniikan valinnalle.

Merkittävimmät haasteet käymäläjätehuollossa liittyvät käymälänesteiden hallintaan. Virallisten ohjeiden mukainen käymälänesteen käsittely maasto-olosuhteissa on osoittautunut hyvin ongelmalliseksi ja johtanut monella kohteella käymälänesteiden johtamiseen maaperään sellaise-

naan. Tällainen runsasravinteisen ulosteperäisiä taudinaiheuttajia sisältävän nesteen maahan johtaminen aiheuttaa pistemäistä kuormitusta käymälän ympäristöön mutta sen suuruutta on nykytiedon valossa vaikea tarkkaan arvioida. Kuormituksella on vaikutusta myös kohteen asiakas- ja työturvallisuutteen nesteeseen sisältyvän hygieniariskin takia. Suomi ei ole suinkaan tämän ongelman kanssa yksin vaan vastaavanlaisia haasteita esiintyy myös Suomen rajojen ulkopuolella luonnon virkistyskäyttöalueilla.

Kuivakäymäläjätteen käsittelyyn liittyvät määräykset soveltuvat lähtökohdaisesti vakinaisen ja vapaa-ajan asunnon yhteydessä olevan kuivakäymälän jätehuoltoon eikä luonnon virkistyskäyttöalueiden erityispiirteitä huomioida erikseen. Tämä aiheuttaa tilanteen, jossa jätehuoltomääräysten vaatimuksia on hyvin vaikea saavuttaa esimerkiksi kansallispuistoissa.

Yleisökäymälöistä peräisin olevan ympäristökuormituksen täydellinen esittäminen luonnon virkistyskäyttöalueilla on monesti epärealistinen tavoite-tila ja kuormituksen hallinnassa tulisikin lähteä ongelman minimoinnista. Kun ihmisiä ohjataan luontokohteille, aiheutuu ympäristölle aina jonkinasteisia ei-toivottuja vaikutuksia. Tilanne on hyväksyttävä, jos kyseistä toimintaa on tarkoitus harjoittaa alueella. Tässä tilanteessa maastossa oleva yleisökäymälä tulisikin nähdä ennemminkin ratkaisuna kuormituksen minimoinnissa kuin ongelman aiheuttajana.

Yhtä ratkaisua, joka soveltuu kaikille kohteille, ei ole olemassa. On kuitenkin joukko vaihtoehtoisia ratkaisuja, joilla nykytilanne voitaisiin kehittää. Yksi kehityskelpoinen vaihtoehto olisi pienentää merkittävästi taudinaiheuttajia sisältävän suotonesteen määrää käyttämällä virtsan erottelua. Tähän on teknisesti periaatteellinen valmius useissa Metsähallituksen käymälöissä. Erotellun virtsan käsittelyssä voitaisiin hyödyntää Yhdysvalloissa vastaavilla kohteilla käytössä olevaa tekniikkaa, jossa virtsa käsitellään pienessä käymäläkohtaisessa maameytyskentässä. Menetelmän käyttöönotto edellyttäisi kuitenkin Suomessa viranomaishyväksyntää, sillä virtsan maimeyttämöstä ei ole olemassa omaa ohjeistusta. Käymälänesteiden kerääminen ja poiskuljetus on perusteltu toimenpide silloin kun se voidaan tehdä kustannustehokkaasti ja asianmukaisille kalustolla ja kuormituksen suuri taso tai ympäristönsuojelulliset seikat kuten pohjavesiolosuhteet sitä edellyttävät. Myös käymälän siirtäminen huollon tai ympäristönsuojelun kannalta paremmalle paikalle tulisi olla toimenpidevalikoimassa, huomioiden kuitenkin, ettei käymäläverkoston riittävä kattavuus alueella vaarannu. Erilaiset suodatinratkaisut, joilla puhdistetaan käymälänesteestä ravinteita ja taudinaiheuttajia, soveltuvat nykyisellään melko heikosti maastossa oleville yleisökäymäläkohteille. Käytännössä vain yksi Suomessa myytävä suodatinmalli soveltuu yleisökohteille ja senkin puhdistusteho on rajallinen suurilla kuormituksilla.

Biohiilellä on tutkimustiedon perusteella näyttöä siitä, että sitä voisi hyödyntää kuivakäymälöiden nesteiden käsittelyssä. Toisaalta tutkimustieto

on edelleen osin ristiriitaista, joten toimintavarman menetelmän ja biohiilen löytäminen edellyttää lisää perustutkimusta. Tutkimustiedon valossa biohiilellä on kuitenkin potentiaalia olla ainakin osa ratkaisua, mitä tulee kuivakäymälöistä peräisin olevien nesteiden käsittelyyn. Biohiili voisi sopia sen ominaisuuksien takia esimerkiksi tehostamaan maaperän luontaista kykyä käsitellä nesteitä tai olla osana erillistä suodatinratkaisua.

Käymäläjätehuollon kokonaisvaltainen kehittäminen edellyttää uusien, ympäristön, asiakasturvallisuuden ja huollon kannalta parempien, menetelmien ja tekniikan käyttöön ottoa mutta myös lisää henkilöstöresursseja jätehuollon ylläpitoon. Lisäksi tietoisuutta oikeaoppisesti käymäläjätteen käsittelystä ja siihen sisältyvistä riskeistä tulisi lisätä ylläpitohenkilöstön keskuudessa.

Tutkimustietoa luonnon virkistyskäyttöalueilla tapahtuvasta käymäläjätehuollosta on saatavilla hyvin rajallisesti. Luonnon virkistyskäytön lisääntyessä kasvavat myös käymäläjätehuollon haasteet entisestään, minkä takia aihealueen tutkimiseen tulisi panostaa. Käymäläjätehuollon suunnittelua tukemaan tulisi selvittää tarkemmin käymälöiden todelliset käyntimäärät sekä käymäläjättemäärät. Näiden tietojen avulla luodun mallin mukaan olisi mahdollista arvioida tarkemmin käymälöistä aiheutuvia ympäristövaikutuksia sekä suunnitella käymäläverkostoa vastaamaan paremmin nykyistä ja tulevaa käyttöä. Käymäläjätehuollon elinkaarikustannukset eri toimintamalleilla luonnon virkistyskäyttöalueilla tulisi selvittää. Tämä tieto auttaisi käymäläjätehuollon kehittämistyön yhteydessä tehtävää päätöksentekoa ja mahdollistaisi toiminnan kustannustehokkuuden huomioimisen pitkällä aikavälillä. Lisäksi tässä työssä aiemmin esitellyn virtsan maaperäimeytyksen toimivuutta tulisi tutkia tarkemmin. Oikean imeytyspinta-alan selvittäminen sekä nesteen tasaisen valunnan varmistaminen kenttään tulisi tutkia tarkemmin. Myös menetelmän vaikutuksen pohjaveteen sekä maaperän pieneliöstöön tulisi selvittää.

LÄHTEET

- Adhikari, H., Barnes, D., Schiewer, S. & White, D. (2007). *Total Coliform Survival Characteristics in Frozen Soils*. Journal of Environmental Engineering 133(12). Haettu 16.12.2019 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/238180446_Total_Coliform_Survival_Characteristics_in_Frozen_Soils
- Basnet, M. (2015). *Application of ferric enriched biochar to capture N and P from greywater*. Opinnäytetyö. Environmental Engineering. Metropolia ammattikorkeakoulu. Haettu 30.12.2019 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201503123081>
- BAT Systems Oy. (N.d.). Mullis- kompostoivat käymälä. Esite. Haettu 18.12.2019 osoitteesta https://www.batsystems.fi/uploads/QaQx7xYm/mullis_esite.pdf
- Biolan Oy. (N.d.a.). Biolan Populett. Haettu 27.8.2019 osoitteesta <https://www.biolan.fi/tuotteet/biolan-populett-200.html>
- Biolan Oy. (N.d.b.). Biolan Kompostikäymälä eco. Haettu 17.12.2019 osoitteesta <https://www.biolan.fi/tuotteet/biolan-kompostikaymala-eco.html>
- Biolan Oy. (N.d.c.). Suotis. Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet. Haettu 26.12.2019 osoitteesta https://www.biolan.fi/media/ohjeet-ja-esitteet/70572100_suotis_kayttoohje_fi.pdf
- Boateng, A., Garcia-Perez, M., Masek, O., Brown, R. & Campo, B. (2015). Biochar production technology. Teoksessa Lehmann, J & Joseph, S. (2015). *Biochar For Environmental Management: Science, Technology and Implementation*, Second Edition. Routledge. Haettu 18.2.2019. Ebook Central-tietokanta. ss: 63–88.
- CARBOFEX. (2018). Biohiili. Haettu 13.2.2019 osoitteesta <https://www.carbofex.fi/biohiili>
- Chapman, P. (1993). *COMPOST TOILETS: an option for human waste disposal at remote sites*. Submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Applied Science at Lincoln University. Christchurch. Haettu 20.12.2019 osoitteesta http://dspace.lincoln.ac.nz/bitstream/handle/10182/3016/chapman_mapplsc.pdf?sequence=10
- Chia, C., Downie, A. & Monroe, P. (2015). Characteristics of biochar: physical and structural properties. E-kirjassa Lehmann, J & Joseph, S. (2015).

Biochar For Enviromental Management: Science, Technology and Implementation, Second Edition. Routledge. Haettu 28.12.2019. Ebook Central-tietokanta. ss: 88 – 110.

Clivus Multrum. (N.d.a.). Kompostointisäiliöt. Haettu 17.12.2019 osoitteesta <http://www.clivusmultrum.fi/compostingtanks.php>

Clivus Multrum. (N.d.b.). Miten Clivus Multrum toimii? Haettu 17.12.2019 osoitteesta <http://www.clivusmultrum.fi/compostingprocess.php>

Depledge, D. (1997). *Design examples of waterless composting toilets*. SOUTH PACIFIC APPLIED GEOSCIENCE COMMISSION, report 249. Haettu 26.12.2019 osoitteesta <http://www.pacific-water.org/userfiles/file/MR0249.pdf>

Ecodomeo. (N.d.). ECODOMEO, TOILETTES D'AVENIR. Haettu 18.12.2019 osoitteesta <http://www.ecodomeo.com/english/>

Ecotech AB. (N.d.). Ecobox BDT. Haettu 21.11.2019 osoitteesta <https://www.ecot.fi/ecobox-small/ecobox-bdt/>

Ecoteco. (N.d.a) Ecoteco kompostoiva pytty. Haettu 17.12.2019 osoitteesta <http://www.ecoteco.eu/product/12/ecoteco-kompostoiva-pyttty>

Ecoteco. (N.d.b) Ecoteco vaihtosäiliö. Haettu 17.12.2019 osoitteesta <http://www.ecoteco.eu/product/13/ecoteco-vaihtosailio>

Ehn, A. (N.d.). Ympäristövastaava. Tukholman saaristosäätiö.

Ehn, A. (2017). *Här är vi idag*. Tukholman saaristosäätiön sisäinen käymäläjätehuoltoselvitys. Tukholman saaristosäätiö.

Ehn, A. (2019a). Ympäristövastaava. Tukholman saaristosäätiö. Haastattelu 25.6.2019.

Ehn, A. (2019b). Ympäristövastaava. Tukholman saaristosäätiö. Haastattelu 3.12.2019.

Ekolet Oy. (N.d.) Ekolet ONNI kompostoiva kuivakäymälä. Haettu 3.9.2019 osoitteesta <https://ekolet.com/fi/tuotteet/happy-loo-hl-dry-toilet/>

Ekolet Oy. (2017). Suurempi seisonta-astia Ekolet ONNI käymälän suotonesteelle. Ohje. Haettu 3.9.2019 osoitteesta <https://ekolet.com/wp-content/uploads/2017/05/OHJE-suuremmalle-seisonta-astialle-1.pdf>

- Ekolet Oy. (2019). Ekolet Onni kompostikäymäläohje. Ohje. Haettu 3.9.2019 osoitteesta <https://ekolet.com/wp-content/uploads/2019/04/OHJEET-Ekolet-ONNI-HL-kompostik%C3%A4ym%C3%A4l%C3%A4-FIN-2019-03-25-1.pdf>
- Erämaalaki 62/1991. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1991/19910062>
- European Biochar Foundation. (2013). The European Biochar Certificate. Haettu 13.2.2019 osoitteesta <http://www.european-biochar.org/en/home>
- Feachem, R, Bradley, D, Garelick & H, Mara, D. (1983). *Sanitation and Disease Health Aspects of Excreta and Wastewater Management*. World Bank Studies in Water Supply and Sanitation 3. Maailman pankki. Haettu 16.12.2019 osoitteesta <http://documents.worldbank.org/curated/en/704041468740420118/pdf/multi0page.pdf>
- Färnebojärdenin kansallispuisto. (2019). Kansallispuiston henkilökunnan kokous 2.10.2019. Skype-yhteys.
- Guardabassi, L., Dalsgaard, A. & Sobsey, M. (2003). *Occurrence and survival of viruses in composted human faeces*. Sustainable Urban Renewal and Wastewater Treatment No. 32 2003. Danish Environmental Protection Agency. Haettu 20.12.2019 osoitteesta <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2003/87-7972-715-8/pdf/87-7972-716-6.pdf>
- Gwenzi, W, Chaukura, N., Noubactep, C & Mukome, F. (2017). Biochar-based water treatment systems as a potential low-cost and sustainable technology for clean water provision. *Journal of Environmental Management* 2017 197, ss. 732 – 749. Haettu 30.12.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.087>
- Halinen, A. (2013). Sipoonkorven kansallispuiston hoito- ja käyttösuunnitelma. Vantaa: Metsähallitus. Haettu 22.5.2019 osoitteesta http://www.metsa.fi/documents/10739/1110148/sipoonkorvi_hks_vahvistettavaksi.pdf/27e8262a-9a7a-47cf-848e-ff411ce288fa
- Hanandeh, A., Albalasmeh, A. & Gharaibeh, M. (2017). Phosphorus removal from wastewater in biofilters with biochar augmented geome-dium: Effect of biochar particle *CLEAN - Soil Air Water* 2017. Haettu 30.12.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1002/clen.201600123>
- Hanhisuanto, T. (2019a). Toiminimi Tarmo Hanhisuanto. Haastattelu 13.8.2019
- Hanhisuanto, T. (2019b). Toiminimi Tarmo Hanhisuanto. Haastattelu 27.8.2019

- Harju, A. (2019a). Luontovalvoja. Metsähallitus. Haastattelu 6.8.2019.
- Harju, A. (2019b). Luontovalvoja. Metsähallitus. Haastattelu 4.11.2019.
- Hautala, P. (2019a). Luontovalvoja Pekka Hautalan haastattelu 13.6.2019
- Hautala, P. (2019b). Luontovalvoja. Metsähallitus. Haastattelu 20.8.2019.
- Hautala, P. (2019c). Luontovalvoja. Metsähallitus. Haastattelu 7.11.2019.
- Heinonen-Tanski, H. & van Wijk-Sibesma, C. (2005). *Human excreta for plant production*. *Bioresource Technology*, 96(4), ss. 403 – 411.
<https://doi-org.ezproxy.hamk.fi/10.1016/j.biortech.2003.10.036>
- Heubner, W. (2016). *Letter on Drainfield at Glacier Bay, Alaska*. Kirje. United States Department of Interior, National Park Service. Haettu 26.12.2019 osoitteesta https://e4699c99-3fb3-4f1a-957f-c84a92f2b3db.filesusr.com/ugd/89eb39_68777689ad774d1eb3070392fc617e2b.pdf
- Hill, G. (2013). *An evaluation of Waterless Human Waste Management Systems at North American public remote sites*. University of British Columbia. Haettu 17.1.2020 osoitteesta <https://open.library.ubc.ca/collections/ubctheses/24/items/1.0073570>
- Hill, G., Baldwin, S. & Vinnerås, B. (2013). Composting toilets a misnomer: Excessive ammonia from urine inhibits microbial activity yet is insufficient in sanitizing the end-product. *Journal of Environmental Management* 119 ss. 29 – 35. Haettu 17.1.2020 osoitteesta <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.12.046>
- HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut –kuntayhtymä. (2017). Asiantuntijatietoa HSY:n toimi- ja tulosalueilta. Ilmansuojelu. Musta hiili. Haettu 16.2.2019 osoitteesta <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/ilmansuojelu/mittaustulokset/Sivut/mustahiili.aspx>
- Höglund, C., Stenström, T., Jönsson, H. & Sundin, A. (1998). *Evaluation of faecal contamination and microbial die-off in urine separating sewage systems*. *Water Science and Technology*, 38(6), 1998, ss. 17 – 25.
[https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(98\)00563-0](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(98)00563-0)
- IBI. (2015). Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil. Product Definition and Specification Standards. Haettu 8.2.2019 osoitteesta https://www.biochar-international.org/wp-content/uploads/2018/04/IBI_Biochar_Standards_V2.1_Final.pdf

- IBI. (2018a). FAQs. What is Biochar? Haettu 8.2.2019 osoitteesta <https://biochar-international.org/faqs/>
- IBI. (2018a). Biochar standards. Haettu 13.2.2019 osoitteesta <https://biochar-international.org/characterizationstandard/>
- IBI & EBC. (2014). Comparison of European Biochar Certificate Versions 2.8. and IBI Biochar Standards Version 2.0. Haettu 13.2.2019 osoitteesta <http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/IBI-EBC.pdf>
- Jaakkola, J. (2019). Yrittäjä. Toiminimi Jani Jaakkola. Haastattelu 6.8.2019.
- Jackson, T. (2019). Naturbevakare. Tyrestaskogen säätiö. Haastattelu 24.6.2019.
- Jacobs, D. (2020). Trail Programme Manager. Glacierin kansallispuisto. Puhelinhaastattelu 20.1.2020.
- Jansson, A. (2019.) Public dry toilet management in Färnebofjärden national park. Sähköpostiviestiketjun ensimmäinen viesti tekijälle 28.8.2019.
- Jartti, L. (2019). Oulangan materiaalia. Sähköpostiviesti tekijällä 12.12.2019. Kenttäpäällikkö. Metsähallitus, Luontopalvelut.
- Jita. (N.d.) Huussi-Ukko kompostoiva kuivakäymälä. Haettu 17.12.2019 osoitteesta <https://www.jita.fi/fi/tuotteet/kompostorit-ja-kuivakaymat/multa-max-kompostori-2-2/>
- Jönsson, H., Stinzing, A., Vinnerås, B. & Solomon, E. (2004). *Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production*. EvoSanRes Publications Series. Report 2004-2. Haettu 17.12.2019 osoitteesta http://www.eco-sanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR2web.pdf
- Kleber, M., Hockaday, W. & Nico, P. (2015). Characteristics of biochar: Macro-molecular properties. E-kirjassa Lehmann, J & Joseph, S. (2015). *Biochar For Environmental Management: Science, Technology and Implementation*, Second Edition. Routledge. Haettu 28.12.2019. Ebook Central-tietokanta. ss: 111 – 138.
- Konu, H, Tyrväinen, L, Pesonen, J, Tuulentie, S, Pasanen, K & Tuohino, A. (2017). *Uutta liiketoimintaa kestävän luontomatkailun ja virkistyskäytön ympärille – Kirjallisuuskatsaus*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 45/2017
- Juntunen, H., Kulmala, P., Kamula, P. & Härkönen, E. (2017). *Pyhä-Luoston kansallispuiston hoito- ja käyttösuunnitelma*. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja C 157.

Kekkilä. (N.d.a.). Kekkilä Tehokäymälä. Käyttöohje. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://www.kekkila.fi/tuotteet/tehokaymala-230-l/>

Kekkilä. (N.d.b.). Kekkilä Kompostoiva Huussi. Käyttöohje. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://www.kekkila.fi/tuotteet/kompostoiva-huussikaymala-230-l/>

Kekkilä. (N.d.c.). KOMPOSTOIVA KUIVIKEKÄYMÄLÄ 100L. Käyttöohje. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://www.kekkila.fi/tuotteet/kompostoiva-kuivikekaymala-100-l/>

Kilpimaa, S., Runtti, H., Kangas, T. Lassi, U. & Kuokkanen, T. (2015). Physical activation of carbon residue from biomass gasification: Novel sorbent for the removal of phosphates and nitrates from aqueous solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 2015 21 ss. 1354 – 1364. Haettu 30.12.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.06.006>

Koskinen, R. (2019a). Puistomestari. Metsähallitus. Haastattelu 6.6.2019.

Koskinen, R. (2019b). Puistomestari. Metsähallitus. Haastattelu 16.8.2019.

Koskinen, R. (2020). Puistomestari. Metsähallitus. Haastattelu 15.4.2020.

Kröger, T. & Korolainen, H. (2008). *Käsikirja hajaasutus-alueiden jätevesien käsittelystä kiinteistönomistajille, kuntien viranomaisille, suunnittelijoille ja alan opetuskäyttöön*. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja D 4/2008. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Kuluttajaturvallisuuslaki 920/2011. Haettu 11.12.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110920>

Käymäläseura Huussi ry. (N.d.). Kuivakäymälän hoito ja käymäläjätteen käsittely. Käymäläseura Huussi ry. Haettu 5.4.2019 osoitteesta <http://www.huussi.net/wp-content/uploads/2013/06/kaymalaja-teopas.pdf>

Käymäläseura Huussi ry. (2013). Sisäkuivakäymälän ABC- Käymäläntuotokset kiertoon. Haettu 30.4.2019 osoitteesta http://www.huussi.net/wp-content/uploads/2013/08/Kaymalatuotokset-final-logos-no_bleeds.pdf

Käymäläseura Huussi ry. (2018a). Laitemallivertailu. Haettu 17.4.2019 osoitteesta <http://www.huussi.net/toimintamme/hankkeet-nyt/pirkanmaa-kuivakaymalan-hankinta/tietoa/laitemallivertailu/#taulukko7>

Käymäläseura Huussi ry. (2018b). Kuivakäymälöiden standardointi ja CE-merkintä -hanke. Haettu 3.5.2019 osoitteesta <http://www.huussi.net/toimintamme/paattyneet-hankkeet/ce-merkinta/>

Käymäläseura Huussi ry. (2018c). Hyvä Huussi?. Haettu 3.5.2019 osoitteesta <http://www.huussi.net/materiaalia/perustietoa/>

Käymäläseura Huussi ry. (2018d). Lainsäädäntö. Haettu 24.5.2019 osoitteesta <https://www.huussi.net/materiaalia/lainsaadanto/>

Käymäläseura Huussi ry. (2018e). Kuivakäymäläjätteen käsittely ja hyötykäyttö. Haettu 21.12.2019 osoitteesta <http://www.huussi.net/materiaalia/ratkaisuja-kehitysmaihin/sanitaatio-opas/sanitaatiojarjestelmat/kaymalajatteen-kasittely/>

Laiho, T. (2020a). NanoGeo Finland Oy. Haastattelu 13.1.2020.

Laiho, T. (2020b). GeoTrapin puhdistusteho. Sähköpostiviesti tekijälle 13.1.2020.

Laki metsähallituksesta 234/2016. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20160234#Pidp446159184>

Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, B., O'Neill, J., Skjemstad, J., Thies, F., Luizão, J., Petersen, E. & G. Neves (2006). Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils *Soil Science Society of America Journal* 2006 70, ss. 1719 – 1730. Haettu 30.12.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0383>

Lee, D., Cheng, Y., Wong, R. & Wang, X. (2018). Adsorption removal of natural organic matters in waters using biochar *Bioresource Technology* 2018 Volume 260, ss. 413 – 416. Haettu 30.12.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.04.016>

Leffel, J. (2018). NPS Requirement for backcountry waste collection and disposal. Kirjallinen ohje. Haettu 25.1.2020 osoitteesta https://e4699c99-3fb3-4f1a-957f-c84a92f2b3db.file-susr.com/ugd/8d94b5_035faf50531c49c38fee47f45023e8ec.pdf

Lehmann, J & Joseph, S. (2015). Biochar For Enviromental Management: Science, Technology and Implementation, Second Edition. Routledge. Haettu 11.2.2019. Ebook Central-tietokanta

Lotta, K. (2019). Clivus Multrum malli? Sähköpostiviesti tekijälle 14.8.2019.

Luonnonsuojelulaki 1096/1996. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961096#L3P19>

Länsstyrelsen Gävleborg. (N.d.). Färnebofjärden. Haettu 12.11.2019 osoitteesta <https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besok-och-upptack/nationalparker/farnebofjarden.html>

Länsstyrelsen Västernorrland. (N.d.) Skyddad natur. Haettu 13.11.2019 osoitteesta <https://www.lansstyrelsen.se/vasternorrland/privat/djur-och-natur/skyddad-natur.html>

Malila, R. (2019). Ulkokäymälän suotoneste. Sähköpostiviesti tekijälle 9.4.2019.

Malila, R., Viskari, E. & Kallio, J. (2019). Virtsan ravinteet kiertoön. MORTTI-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 49 / 2019. Haettu 26.12.2019 osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/307654>

Malkki, S., Heinonen-Tanski, H. & Juntunen, P. (1997). Ympärivuotisten kompostikäymälöiden toimintavarmuus ja häiriöiden kartoitus. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Maa- ja metsätalousministeriö. (n.d.). Metsien virkistyskäyttö. Haettu 6.3.2019 osoitteesta <https://mmm.fi/metsat/virkistys-matkailu-maisema/metsien-virkistyskaytto>

Mehtätalo, L. (2009). *Kolin, Patvinsuon ja Ylläs-Pallastunturin kansallispuistojen kuivakäymäläjätehuollon kehittämissuunnitelma*. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.

Mercado, L., Lalander, C., Berger, C. & Dalahmeh, S. (2018). Potential of Biochar Filters for Onsite Wastewater Treatment: Effects of Biochar Type, Physical Properties and Operating Conditions *Water* 2018 10(12):1835. Haettu 30.12.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.3390/w10121835>

Metsähallitus. (N.d.). Retkikohteen esite. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/lp/Esitteet/pyhaluostofineng.pdf>

Metsähallitus. (2008). Rokuan kansallispuiston ja valtion omistamien Natura-alueiden hoito- ja käyttösuunnitelma. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja C 37. Haettu 21.8.2019 osoitteesta https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/lp/Csarja/c37_teksti.pdf

Metsähallitus. (2014). Suojelun alueiden hoidon ja käytön periaatteet. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja Sarja B 203. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/lp/Bsarja/b203.pdf>

Metsähallitus. (2016a). Metsähallituksen ohjaus. Haettu 7.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/metsahallituksenohjaus>

Metsähallitus. (2016b). Luontomatkailuyritysten toiminta suojelualueilla. Haettu 1.2.2020 osoitteesta <https://www.metsa.fi/luontomatkailuyrityksetsuojelualueilla>

Metsähallitus. (2018a). Monien mahdollisuuksien Metsähallitus. Haettu 6.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/metsahallitus>

Metsähallitus. (2018b). Metsähallituksen organisaatio. Haettu 6.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/organisaatiojatoimintatapa>

Metsähallitus. (2018c). Metsähallituksen luontopalvelut. Haettu 7.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/luontopalvelut>

Metsähallitus. (2018d). Metsähallitus, Luontopalvelut 2018 – Elinvoimaa ihmisille ja luonnolle. Esite. Haettu 7.3.2019 osoitteesta <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/lp/Esitteet/Luontopalvelut-2018.pdf>

Metsähallitus. (2018e). Luontopalvelujen rahoitus. Haettu 8.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/luontopalvelut/rahoitus>

Metsähallitus. (2018f). Oikeudet ja säännöt valtion mailla ja vesillä. Haettu 8.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/oikeudet-ja-saannot>

Metsähallitus. (2018g). Retkeily valtion alueilla. Haettu 8.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/retkeily>

Metsähallitus. (2018h). Luonnonsuojelualueet valtion mailla ja vesillä. Haettu 8.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/suojelualueet>

Metsähallitus. (2018i). Kansallispuistot ovat luontoaarteitamme. Haettu 8.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/suojelualueet/kansallispuistot>

Metsähallitus. (2018j). Suomen kansallispuistot pinta-alan, perustamisvuoden ja käyntimäärän mukaan. Haettu 8.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/kansallispuistotaulukot>

Metsähallitus. (2018k). Metsähallituksen hoitamien suojelu- ja retkeilyalueiden määrä ja pinta-alat. Haettu 12.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/metsahallituksensuojelualueet>

Metsähallitus. (2018l). Valtion retkeilyalueet. Haettu 12.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/valtionretkeilyalueet>

Metsähallitus. (2018m). Lapin erämaa-alueet. Haettu 13.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/eramaaalueet>

Metsähallitus. (2018n). Sipoonkorven esite. Haettu 1.9.2019 osoitteesta <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/lp/Esitteet/sipoonkorpifins-veeng.pdf>

Metsähallitus. (2019a). Pinta-alat ja aluekartat. Haettu 6.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/pintaalatiaaluekartat>

Metsähallitus. (2019b). Metsähallitus, tilinpäätös 2018. Haettu 8.3.2019 osoitteesta <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/mhtilinpaa-tos2018fin.pdf>

Metsähallitus. (2019c). Taloudelliset tunnusluvut. Haettu 7.3.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/taloudelliset-tunnusluvut>

Metsähallitus. (2019d). Luontoon.fi, Lapin erämaa-alueet – Kauas kaikesta. Haettu 8.3.2019 osoitteesta <https://www.luontoon.fi/eramaa-alueet>

Metsähallitus. (2019e). Luontoon.fi, Inarin retkeilyalue, Inarin luonto. Haettu 12.3.2019 osoitteesta <https://www.luontoon.fi/inari/luonto>

Metsähallitus. (2019f). Luontoon.fi, Napapiirin retkeilyalue, Napapiirin luonto. Haettu 12.3.2019 osoitteesta <https://www.luontoon.fi/napapiiri/luonto>

Metsähallitus. (2019g). Käyntimääriä suojelu- ja retkeilyalueilla sekä asiakaspalvelupisteissä. Haettu 22.5.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/kayntimaarat>

Metsähallitus. (2019h). Luontoon.fi, Rokuan kartat ja kulkuyhteydet. Haettu 21.8.2019 osoitteesta <https://www.luontoon.fi/rokua/kartatjakulkuyhteydet>

Metsähallitus. (2019i). Luontoon.fi. Rokuan reitit. Haettu 21.8.2019 osoitteesta <https://www.luontoon.fi/rokua/reitit>

Metsähallitus. (2019j). Luontoon.fi. Rokuan historia. Haettu 21.8.2019 osoitteesta <https://www.luontoon.fi/rokua/historia>

Metsähallitus. (2019k). Luontoon.fi. Sipoonkorven kulkuyhteydet ja kartat. Haettu 1.9.2019 osoitteesta <https://www.luontoon.fi/sipoonkorpi/kartatjakulkuyhteydet>

Metsähallitus. (2019l). Sipoonkorven kansallispuiston retkeilypalveluita kehitetään lisämäärärahalta. Tiedote. Haettu 1.9.2019 osoitteesta <http://www.metsa.fi/-/sipoonkorven-kansallispuiston-retkeilypalveluita-kehitetaan?fbclid=IwAR2AnbBeo-bkj5QKNL0E2e3XGH3vzRUosEdm5vJO5uNURux4rhxe5Nb63Kkk>

- Metsähallitus. (2019m). Luontoon.fi. Pyhä-Luoston reitit. Haettu 30.10.2019 osoitteesta <https://www.luontoon.fi/pyha-luosto/reitit>
- Metsähallitus. (2019n). Asiakasturvallisuus Luontopalveluissa. Haettu 11.12.2019 osoitteesta <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/lp/Muut/asiakasturvallisuus.pdf>
- Metsähallitus. (2019o). Vuosikertomus 2018. Vantaa: Metsähallitus. Haettu 1.2.2020 osoitteesta <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/mhvuosikertomus2018fin.pdf>
- Metsähallitus. (2019p). Metsähallituksen Luontopalvelut lisää luonnon-suojelutyötään ja parantaa retkeilypalveluja – hallitusohjelma ja ensi vuoden budjetti tuovat merkittävän lisärahoituksen. Tiedote. Julkaistu 19.12.2019. Haettu 1.2.2020 osoitteesta https://www.metsa.fi/tiedotteet/-/asset_publisher/JMLsEpt3rusg/content/metsahallituksen-luontopalvelut-lisaa-luonnon-suojelutyotaan-ja-parantaa-retkeilypalveluja
- Miljødirektoratet. (N.d.). Forvaltning av vernet natur. Haettu 8.11.2019 osoitteesta <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vernet-natur/forvaltning-av-vernet-natur/>
- Mullbanken. (N.d.). MULLBANKEN LATRINKOMPOST 500 LITER. Haettu 3.12.2019 osoitteesta <https://www.mullbanken.se/latrinkompost/mullbanken-latrinkompost-500-liter>
- MulToa. (2018). MulToa – Uudet mallit. Esite. Haettu 3.5.2019 osoitteesta <https://www.mulltoa.fi/media/tiedostot/mulltoa-2018.pdf>
- Nasri, B., Florent, B. & Fouché, O. (2017). *Evaluation of the quality and quantity of compost and leachate from household waterless toilets in France*. Environmental Science and Pollution Research 26(3):1-17. November 2017. Haettu 19.12.2019 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/320859159_Evaluation_of_the_quality_and_quantity_of_compost_and_leachate_from_household_waterless_toilets_in_France
- Naturvårdsverket. (N.d.a) Färnebofjärden national park – A unique river landscape. Esite. Haettu 4.4.2020 osoitteesta https://www.sverigesnationalparker.se/globalassets/farnebofjarden/filer/kartor/2018_helfolder_eng_3mb.pdf
- Naturvårdsverket. (N.d.b.) Naturum. Haettu 4.4.2020 osoitteesta <https://www.sverigesnationalparker.se/om-sveriges-nationalparker/Naturum/>

Naturvårdsverket. (N.d.c.) Map of Tyresta. Haettu 4.4.2020 osoitteesta http://www.nationalparksofsweden.se/globalassets/tyresta/filer/tyresta_karta_20111031_300.jpg

Naturvårdsverket. (N.d.d.) Skuleskogens nationalpark. Esite. Haettu 4.4.2020 osoitteesta <https://www.sverigesnationalparker.se/globalassets/skuleskogen/filer/skuleskogens-nationalpark-karta-2016.pdf>

Naturvårdsverket. (2019a). Så bildas en nationalpark. Haettu 7.11.2019 osoitteesta <https://www.naturvardsverket.se/Var-natur/Skyddad-natur/Nationalparker/Sa-bildas-en-nationalpark/>

Naturvårdsverket. (2019b). Skuleskogens national park. Haettu 13.11.2019 osoitteesta <http://www.sverigesnationalparker.se/park/skuleskogens-nationalpark/>

Naturvårdsverket. (2019c). 2,7 miljoner besökare och Sveriges 30:e nationalpark. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Naturvard/Anslag-och-resultat-av-vardefull-natur-/2018/Nationalparker/>

Naturvårdsverket. (2019d). Sveriges naturum hade 1,8 miljoner besökare. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Naturvard/Anslag-och-resultat-av-vardefull-natur-/2018/naturum/>

NPS. (2017). Fact Sheet. Haettu 21.1.2020 osoitteesta <https://www.nps.gov/glac/learn/news/fact-sheet.htm>

NPS. (2018a). National Park System Sees More Than 330 Million Visits. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://www.nps.gov/orgs/1207/02-28-2018-visitation-certified.htm>

NPS. (2018b). Reference Manual – 83A. National Park Service, public health: Protection and Prevention. Haettu 26.12.2019 osoitteesta https://www.nps.gov/policy/DOrders/RM-83A_2-16-2018.pdf

NPS. (2018c). Frontcountry Camping (car camping). Haettu 20.1.2020 osoitteesta <https://www.nps.gov/subjects/camping/frontcountry-camping.htm>

NPS. (2018d). National Park System. Haettu 4.4.2020 osoitteesta <https://www.nps.gov/carto/hfc/carto/media/NPSmap2.jpg>

NPS. (2019b). Visitation Numbers. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://www.nps.gov/aboutus/visitation-numbers.htm>

- NPS. (2019b). National Park Service visitation tops 318 million in 2018. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://www.nps.gov/orgs/1207/03-05-2019-visitacion-numbers.htm>
- NPS. (2019c). Evolution of an Idea. Haettu 19.1.2020 osoitteesta <https://www.nps.gov/americasbestidea/templates/timeline.html>
- NPS. (2019d). National Park System. Haettu 19.1.2020 osoitteesta <https://www.nps.gov/aboutus/national-park-system.htm>
- NPS. (2019e). Budget. Haettu 19.1.2020 osoitteesta <https://www.nps.gov/aboutus/budget.htm>
- NPS. (2019f). Free Entrance Days in the National Parks. Haettu 19.1.2020 osoitteesta <https://www.nps.gov/planyourvisit/fee-free-parks.htm>
- NPS. (2019g). Finding and Setting Up a Campsite. Haettu 20.1.2020 osoitteesta <https://www.nps.gov/subjects/camping/finding-and-setting-up-a-campsite.htm>
- NPS. (2020). Frequently Asked Questions. Haettu 19.1.2020 osoitteesta <https://www.nps.gov/aboutus/faqs.htm>
- Oaks, R. (2018). *Making charcoal and biochar: A comprehensive guide*. Ramsbury, Marlborough: The Crowood Press.
- Orumwense, P. (2012). *The survival of mycobacteria in pure human urine*. Pro gradu-tutkielma. Environmental Biology and Biogeochemistry. University of Eastern Finland, Department of Environmental Science. Haettu 4.12.2019 osoitteesta http://epublications.uef.fi/pub/urn_nbn_fi_uef-20120678/urn_nbn_fi_uef-20120678.pdf
- Ortega, M. (N.d). Suosituskirje. Haettu 17.1.2020 osoitteesta https://e4699c99-3fb3-4f1a-957f-c84a92f2b3db.file-susr.com/ugd/89eb39_68777689ad774d1eb3070392fc617e2b.pdf
- Pakkanen, A. (2017). Pyhä-Luoston kansallispuiston kävijätutkimus 2015-2016. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 232. Haettu 30.10.2019 osoitteesta <https://julkaisut.metsa.fi/as-sets/pdf/lp/Bsaria/b232.pdf>
- Pakkanen, A. (2019). Tarkennuksia Pyhä-Luoston kävijätutkimuksen tietoihin. Sähköpostiviesti tekijälle 7.11.2019.
- Panwar, N., Pawar, A. & Salvi, B. (2019). Comprehensive review on production and utilization of biochar. *SN Applied Sciences* 2019 1:168 Haettu 30.12.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0172-6>

Perez-Mercado, Lalander, C. Joel, A., Ottoson, J. Dalahmeh, S. & Vinnerås, B. (2019). Biochar filters as an on-farm treatment to reduce pathogens when irrigating with wastewater-polluted sources *Journal of Environmental Management* 2019 248. Haettu 30.12.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109295>

Pikku Vihreä. (N.d.a.). Green Toilet 330 Kompostikäymälä. Haettu 17.12.2019 osoitteesta <https://www.pikkuvihrea.fi/fi/kompostoivat-kaymala/14-green-toilet-330-kompostikaeymaelae.html>

Pikku Vihreä. (N.d.b.). GeoTrap Huussisuodatin. Asennus ja käyttöohje. Haettu 18.12.2019 osoitteesta https://www.pikkuvihrea.fi/fi/index.php?controller=attachment&id_attachment=69

Reddy, K., Xie, T & Dastgheibi, S. (2014). Evaluation of biochar as a potential filter media for the removal of mixed contaminants from urban storm water runoff *Journal of Environmental Engineering* 2014. Haettu 20.12.2019 osoitteesta [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000872](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000872)

RIIGIMETSA MAJANDAMISE KESKUS. (N.d.). RMK manages Estonian state forests. Haettu 8.11.2019 osoitteesta <https://www.rmk.ee/organisation/operating-areas>

Rokua Geopark. (N.d.) Haettu 21.8.2019 osoitteesta <https://www.rokua-geopark.fi/fi/koe>

Romtec. (N.d.). Sweet Smelling Technology. Haettu 25.1.2020 osoitteesta <http://romtec.com/blog-categories/sweet-smelling-technology/>

Rose, C., Parker, A., Jefferson, B. & Cartmell, E. (2015). The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 45(17). ss. 1827 – 1879

Ruokavirasto. (N.d.) Yleistä mikrobeista. Ruokavirasto. Haettu 21.12.2019 osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikkeiden-turvallisen-kayton-ohjeet/ruokamyrkytykset/yleista-mikrobeista/>

Sadowski, P. (2019). Puistomestari. Metsähallitus. Haastattelu 10.6.2019.

Separrett. (N.d.). Erotteleva käymäläistuim Pikkula 501. Haettu 18.12.2019 osoitteesta <https://www.separrett.com/fi-fi/tuotteet/tarvikkeet/erottelevat-istuimet/erotteleva-kaymalaistuim-pikkula-501>

Sievänen, T. (2011). Virkistyskäytön kysynnän tutkimus. Teoksessa Sievänen, T & Neuvonen, M. (toim.) *Luonnon virkistyskäyttö 2010*. Metlan työraportteja-sarja. Metsäntutkimuslaitos. ss: 12–18. Haettu 22.3. osoitteesta <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp212.pdf>

Sievänen, T & Neuvonen, M. (2011). Virkistyskäytön kysyntä 2000-2010. Teoksessa Sievänen, T & Neuvonen, M. (toim.) *Luonnon virkistyskäyttö 2010*. Metlan työraportteja-sarja. Metsäntutkimuslaitos. ss: 12–18. Haettu 22.3. osoitteesta <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp212.pdf>

Siikamäki, H., Kyrönseppä, H. & Jokiranta, S. (2002). Suoliston parasiitti-infektiot. *Duodecim* 118, 1235 – 1247. Haettu 2.4.2019 osoitteesta <https://www.terveyskirjasto.fi/xmedia/duo/duo93006.pdf>

Skärgårdsstiftelsen. (2019a). Our Work. Haettu 18.11.2019 osoitteesta <https://archipelagofoundation.se/>

Skärgårdsstiftelsen. (2019b). Property management. Haettu 18.11.2019 osoitteesta <https://archipelagofoundation.se/property-management/>

Skärgårdsstiftelsen. (2019c). Att bevara och utveckla. Haettu 18.11.2019 osoitteesta <https://skargardsstiftelsen.se/om-skargardsstiftelsen/historik/att-bevara-och-utveckla/>

Skärgårdsstiftelsen. (2020). Våra områden. Haettu 4.4.2020 osoitteesta <https://skargardsstiftelsen.se/karta/>

Snowqueen & Scout. (2015). Backcountry Toilets / Views from the bathroom. Blogijulkaisu 25.6.2015. Haettu 25.1.2020 osoitteesta <http://www.snowqueenandscout.com/journal/2015/6/13/100daysofwilderness-day-34-views-from-the-bathroom>

Stiftelsen Tyrestaskogen. (2017). Tyresta NATIONALPARK and NATURRESERVAT. Karta och föreskrifter, 2017. Esite.

Stockholm Archipelago. (N.d.) About. Haettu 18.11.2019 osoitteesta <https://www.stockholmarchipelago.se/en/about/>

Sunnela, K. (2019). Aluejohtaja. Kaivosyhtiö Arctic Ametisti Oy. Haastattelu 1.11.2019.

Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto. (N.d.a). Jätevesiopas. Käymälätuotteen käsittely. Haettu 5.4.2019 osoitteesta <https://vesiensuojelu.fi/jatevesi/jateveden-kasittely/kaymala-ja-pesuedet-erikseen/kaymalatuotteen-kasittely/>

Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto. (N.d.b). Jätevesiopus. Jäteveden ympäristövaikutukset. Haettu 16.12.2019 osoitteesta <https://vesiensuojelu.fi/jatevesi/etusivu/jateveden-ymparisto-vaikutukset/#Bakteerien>

Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto. (N.d.c). Jätevesiopus. Jäteveden puhdistus maaperässä – imeytyskenttä. Haettu 27.12.2019 osoitteesta <https://vesiensuojelu.fi/jatevesi/jateveden-kasittely/kaikkien-jatevesien-yhteiskasittely/imeytyskentta/>

Suomen virkistysalueyhdistykset. (N.d.). Haettu 22.3.2019 osoitteesta <http://virkistys.info/>

Suomen ympäristökeskus. (2013). Komposti- ja kuivakäymälät. Haettu 16.12.2019 https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennushanke/Talotekniset_jarjestelmat_LVI/Kiinteiston_jatevesien_kasittely/Syventavaa_tietoa/Puhdistamosivusto_jatevesien_kasittelymenetelmista/Komposti_ja_kuivakaymalat

Suomen ympäristömerkintä Oy. (N.d.). Jätevedettömät käymälät. Haettu 3.5.2019 osoitteesta <https://joutsenmerkki.fi/kriteerit/052-jatevedettomat-kaymalat-3/>

Tenhunen, E. (1994). Kompostointiin perustuvat käymäläratkaisut: tämän hetken tilanne. Muistio 1/1994. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto.

Terveystensuojeluasetus 1280/1994. Haettu 27.5.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941280#L4>

Terveystensuojelulaki 763/1994. Haettu 27.5.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763#L6>

Tieteen termipankki (2013). Mineralisaatio. Haettu 27.12.2019 osoitteesta <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Mikrobiologia:mineralisaatio>

Tieteen termipankki (2019). Adsorptio. Haettu 27.12.2019 osoitteesta <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:adsorptio>

Toilet Tech Solutions. (N.d.a). BTW Urine Diverting Riser. Haettu 18.12.2019 osoitteesta <https://www.toilettech.com/seats>

Toilet Tech Solutions. (N.d.b). Decompose. Haettu 18.12.2019 osoitteesta <https://www.toilettech.com/toilettypes>

Toilet Tech Solutions. (N.d.c). What's in Urine and How is it Treated and Dispersed Onsite? Haettu 26.12.2019 osoitteesta <https://www.toilettech.com/seats>

Trazzi, P., Leahy, J., Hayes, M. & Kwapinski, W. (2016). Adsorption and desorption of phosphate on biochars *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2016 4:1, ss. 37 – 46. Haettu 30.12.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.11.005>

Tuomala, T. (2019). Harjoittelija. Metsähallitus Luontopalvelut. Haastattelu 22.8.2019.

Tuominen, K. (2008). Kaikki kompostoinnista. Helsinki: Minerva Kustannus Oy.

Tuominiemi, R. (2019). Asiakasturvallisuus ja yleisökäymälät. Sähköposti tekijälle 11.12.2019. Erikoissuunnittelija. Metsähallitus, Luontopalvelut.

Tyresta nationalpark och naturreservat. (2019a). Förvaltning. Haettu 7.11.2019 osoitteesta <https://www.tyresta.se/om/forvaltning/>

Tyresta nationalpark och naturreservat. (2019b). Om Tyresta. Haettu 8.11.2019 osoitteesta <https://www.tyresta.se/om/>

Tyrväinen, L. (2017). Minä väitän: Luontomatkailussa on merkittävää kasvupotentiaalia Suomen taloudelle, mutta se vaatii pohdittuja panostuksia ja laajempaa yhteistyötä. Blogijulkaisu 9.1.2017. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://www.nessling.fi/blogi/mina-vaitan-luontomatkailu-tyrvainen/>

Työsuojeluhallinto. Tunnistaminen. Haettu 12.12.2019 osoitteesta <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/biologiset-tekijat/tunnistaminen>

Työturvallisuuslaki 738/2002. Haettu 12.12.2019 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#L6>

Uebel, J. (2019a). Site manager. Länsstyrelsen Norrbotten. Haastattelu 27.6.2019.

Uebel, J. (2019b). Site manager. Länsstyrelsen Norrbotten. Haastattelu 21.11.2019

Ulkoilulaki 606/1973. Haettu 12.3.2019 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1973/19730606?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ulkoilulaki#L2>

Vafabmiljö. (N.d.a.) Avfallstaxa - Köping kommun. Hinnasto. Haettu 12.11.2019 osoitteesta https://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2018/06/Avfallstaxa_sm%C3%A5husfritidshus-K%C3%B6ping_nr-197.pdf

- Vafabmiljö. (N.d.b.) Latrin. Haettu 12.11.2019 osoitteesta <https://vafabmiljo.se/hushall/din-kommun/koping/latrin/>
- Vainio, O. (2019a). Kenttäpäällikkö. Metsähallitus. Haastattelu 6.8.2019.
- Vainio, O. (2019b). Kenttäpäällikkö. Metsähallitus. Haastattelu 14.8.2019.
- Valtioneuvoston asetus eräitä kuluttajapalveluja koskevasta turvallisuusasiakirjasta 1110/2011. Haettu 11.12.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20111110>
- Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 157/2017. Haettu 27.5.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170157>
- Valtioneuvoston asetus työntekijän suojelemiseksi biologista tekijöistä aiheutuville vaaroilta (933/2017). Haettu 12.12.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170933#Pidp445970272>
- Veteläinen, T. (2017.) Rokuan kansallispuiston ja suojalalueiden kävijätutkimus 2017. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 235. Haettu 21.8.2019 osoitteesta <https://julkaisut.metsa.fi/asets/pdf/lp/Bsarja/b235.pdf>
- Vigneswaran, S., Kandasamy, J. & Johir, M. (2016). *Sustainable Operation of Composting in Solid Waste Management*. Procedia Environmental Sciences 35 (2016) 408 – 415. Haettu 20.12.2019 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/305892094_Sustainable_Operation_of_Composting_in_Solid_Waste_Management
- Vinnerås, B & Jönsson, H. (2003). *Adapting the nutrient content of urine and faeces in different countries using FAO and Swedish data*, 2nd international symposium on ecological sanitation, april 2003 s.624. Haettu 9.12.2019 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/285858813_Adapting_the_nutrient_content_of_urine_and_faeces_in_different_countries_using_FAO_and_Swedish_data
- Vinnerås, B., Palmquist, H., Balmer, P. & Jönsson, H. (2006). *Characteristics of household wastewater and biodegradable solid waste - A Proposal for new Swedish design values*, Urban Water Journal, 3:1, 3-11. Haettu 9.12.2019 osoitteesta <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15730620600578629>
- Von Boehm, A. (2010). Sipoonkorven kävijätutkimus 2009. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 126. Haettu 25.11.2019 osoitteesta <https://julkaisut.metsa.fi/asets/pdf/lp/Bsarja/b126.pdf>

Von Boehm, A. (2019). Raportti Metsähallituksen asiakastietojärjestelmästä 12.11.2019. Sipoonkorven kansallispuiston kävijäkyselyn aineisto. Metsähallitus.

Wiedner, K & Glaser, B. (2015). Traditional use of Biochar. E-kirjassa Lehmann, J & Joseph, S. (2015). Biochar For Environmental Management: Science, Technology and Implementation, Second Edition. Routledge. Haettu 18.2.2019. Ebook Central-tietokanta. ss: 15–34.

Weber, K. & Quiker, P. (2018). Properties of biochar. *Fuel* Volume 217 / 2018, ss. 240 – 261. Haettu 29.12.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.12.054>

WHO. (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater - Volume 4 Excreta and greywater use in agriculture*. Geneva: World Health Organization. Haettu 21.12.2019 osoitteesta http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546859_eng.pdf?ua=1

WHO. (2018). *Guidelines on Sanitation and Health*. Geneva: World Health Organization. Haettu 9.9.2019 osoitteesta <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/274939/9789241514705-eng.pdf?ua=1>

Ylösjoki, K. (2019). Toimitusjohtaja. Ekolet Oy. Haastattelu 3.9.2019.

Ymparisto.fi. (2017). Jokamiehen oikeudet. Haettu 6.3.2019 osoitteesta [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Jokamiehenoikeudet\(16989\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Jokamiehenoikeudet(16989))

Ympäristöministeriö. (2017). *Haja-asutuksen jätevedet- Lainsäädäntö ja käytännöt*. Ympäristöopas 2017. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Haettu 27.5.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

Ångström, J. (2019). Naturumföreståndare. Naturum Nationalparkernas hus. Haastattelu 24.6.2019.

POOKIVAARAN KÄYMÄLÄN HUOLTOTILA JA SUOTONESTEEN KOONTIJÄRJESTELMÄ



Kuvat: Lauri Värri

OTE PYHÄ-LUOSTON KANSALLISPUISTON KARTASTA



(Metsähallitus, n.d.)

CLIVUS - KUIVAKÄYMÄLÄ PYHÄLATVAN LAAVULLA PYHÄ-LUOSTON
KANSALLISPUISTOSSA



Kuvat: Lauri Värri

Liite 4

MULLIS MULTRUM 2000 – KUIVAKÄYMÄLÄN TYHJENNYS HÖGBONDENIN SAARELLA



1. Käymälänjätessäiliön takaosa ja kuivahkoa käymälämakkia ennen tyhjennystä. Säiliön pohjalla on suotonestettä.



2. Käymälänjätessäiliö sisältäpäin, säiliön etuosassa näkyy käymäläistuimen alla oleva tuorein käymälämakki.



3. Vanhimman käymälämakin poisto lapiolla.



4. Vanhin käymälämakki poistettu, jonka jälkeen keskivaiheilla oleva makki "haravoidaan" jätessäiliön takaosaan.



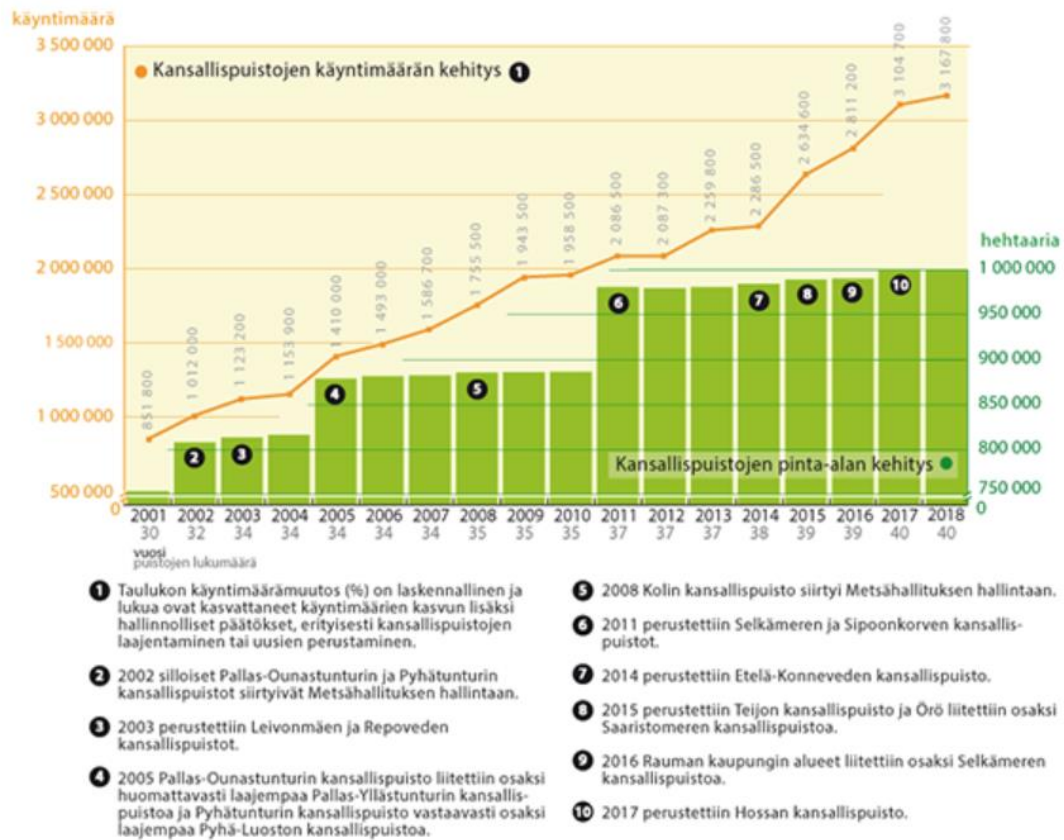
5. Käymälämakki haravoituna säiliön takaosaan "lepäämään". Kuivaa makkia kasteltiin lapiomalla suotonestettä sen päälle.



6. Yhdestä käymälästä tyhjennettiin kerran vuodessa kahden (n. 25 litraa) muovisäkillisen verran käymälämakkia.

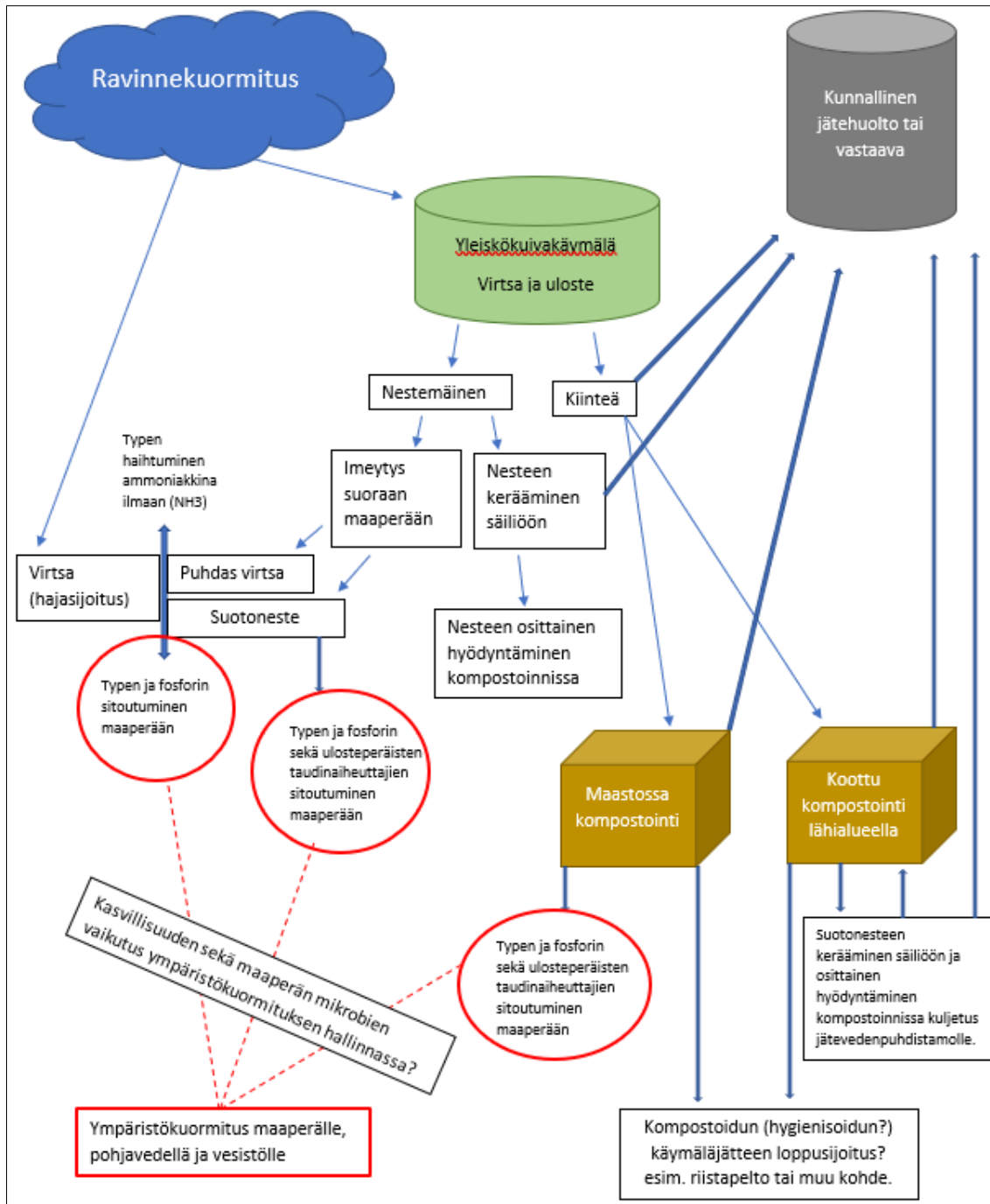
Kuvat ja teksti: Lauri Värri

Kansallispuistojen käyntimäärän ja pinta-alojen kehitys 2001–2018



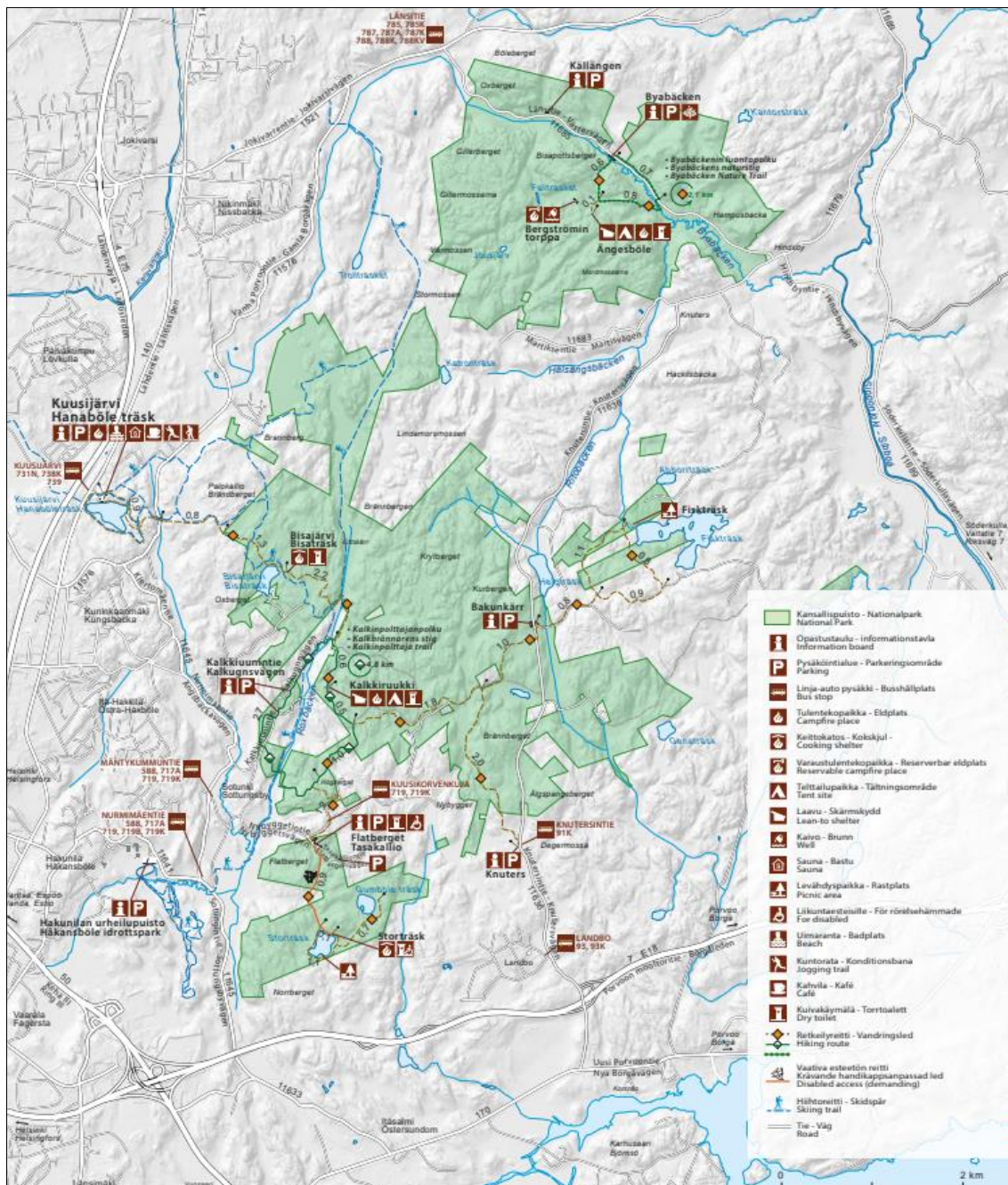
(Metsähallitus, 2019g)

YMPÄRISTÖKUORMITUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT KANSALLISPUISTOJEN KÄYMÄLÄJÄTEHUOLTOKETJUSSA



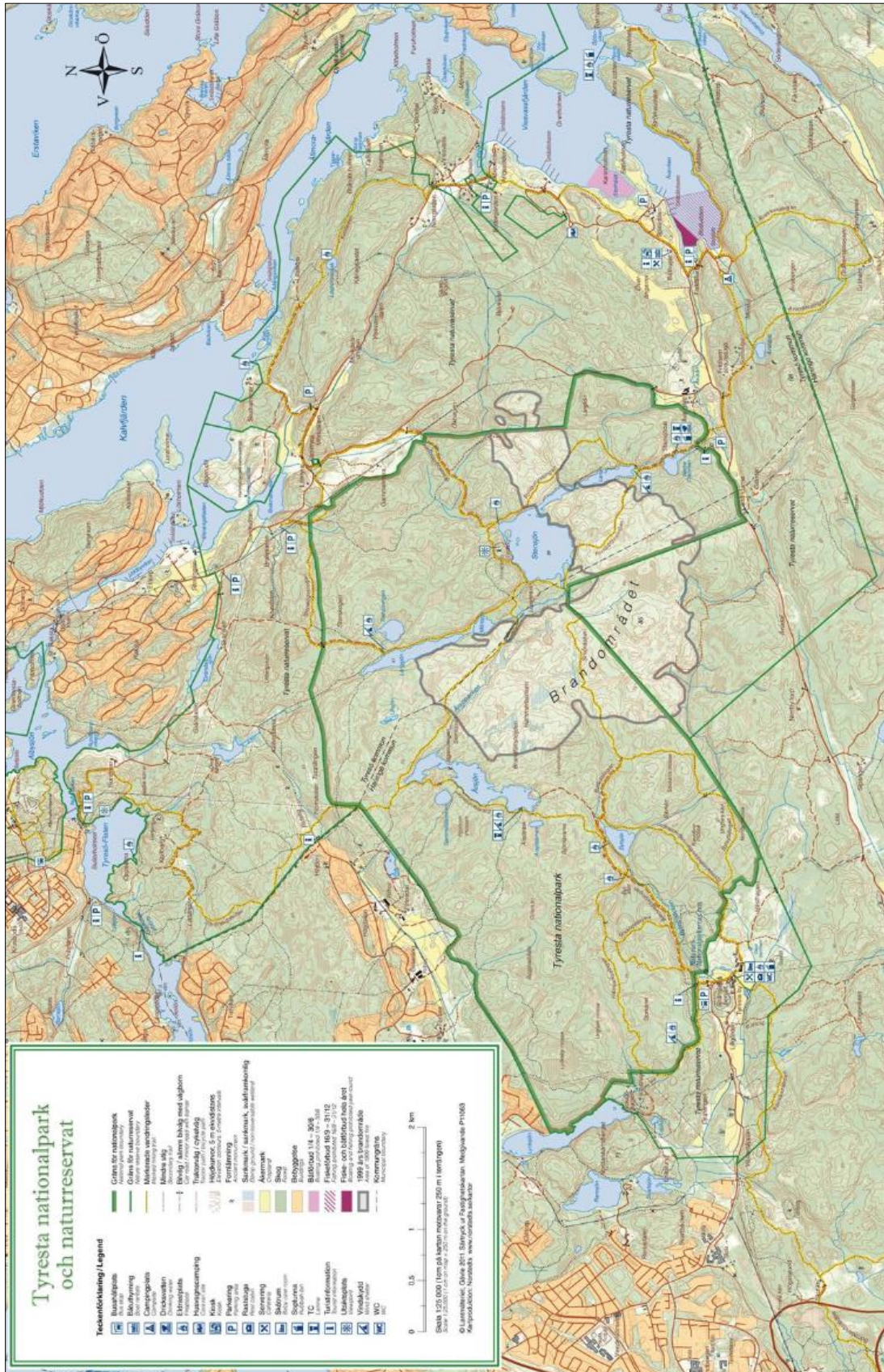
Kuva: Lauri Värri

OTE SIPOONKORVEN KANSALLISPUISTON KARTASTA



(Metsähallitus, 2018n)

OTE TYRESTAN KANSALLISPUISTON KARTASTA



(Naturvårdsverket, n.d.c.)

OTE FÄRNEBOFJÄRDENIN KANSALLISPUISTON KARTASTA



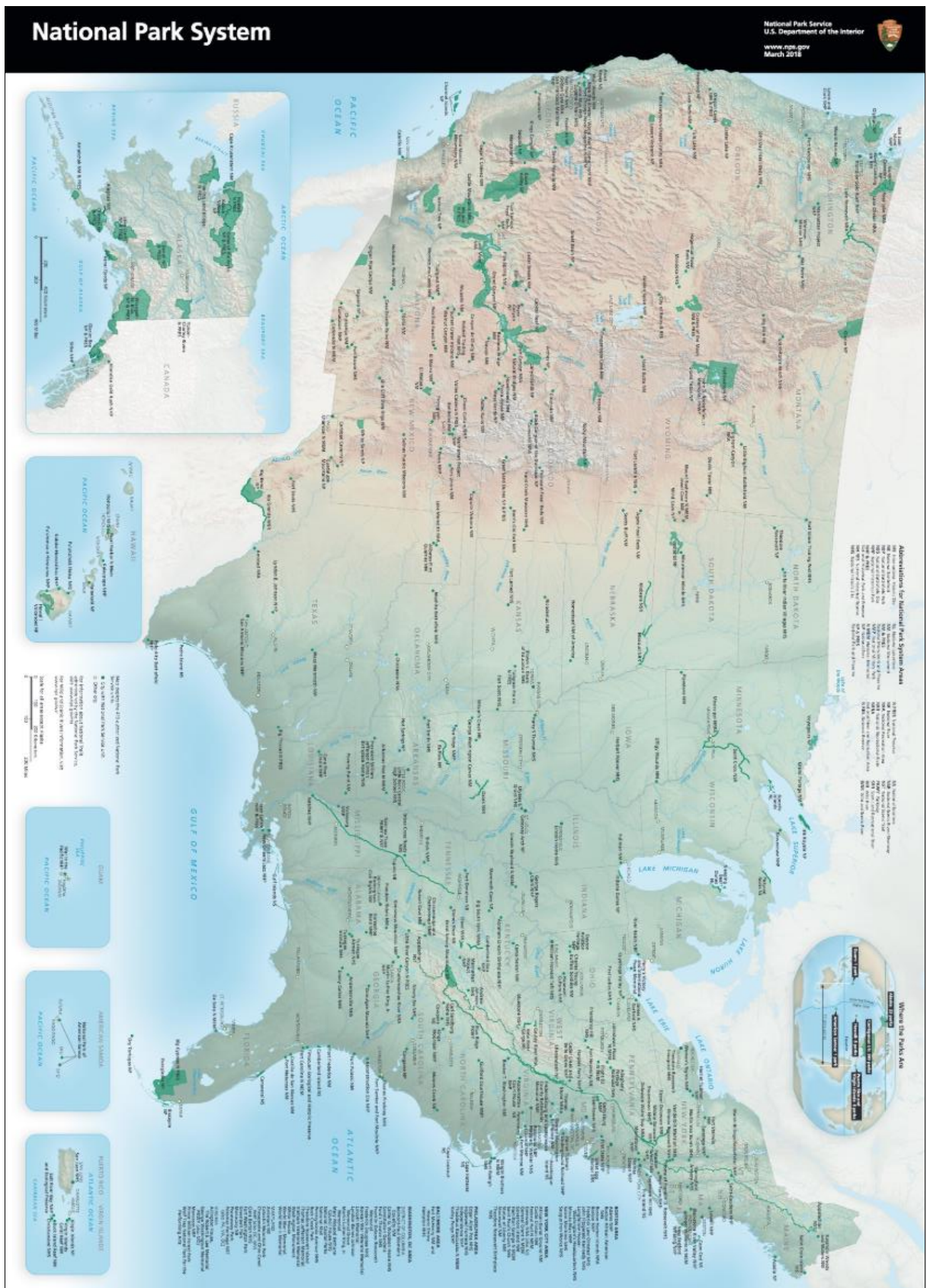
(Naturvårdverket, n.d.a)

OTE SKOLESKOGENIN KANSALLISPUISTON KARTASTA



(Naturvårdsverket, n.d.d)

OTE YHDYSVALTOJEN KANSAALLISPUISTIVERKOSTON KARTASTA



(NPS, 2018d)

KÄMYÄLÄJÄTEHUOLTOSELVITYKSEN MAASTOLOMAKE

Kansallispuisto:	
Aika:	
Sää:	
Perutiedot käymälästä	Käymälän nro (juokseva numerointi)
Kohteen nimi	
Käymälätyyppi	
Milloin käymälä on perustettu?	
Käymäläastian tilavuus tai mitat (m ³)	
Suotonestesäiliön tilavuus (m ³)	
Sijaitsee pohjavesialueella (I tai II) (kyllä/ei)	
Etäisyys vesistöstä (m)	
Etäisyys talousvesikaivosta (m)	
Etäisyys lähteestä (m)	
Etäisyys ojasta (m)	
Etäisyys huoltoreitistä (m)	
Etäisyys tauko-/leiripaikasta / päärakennuksesta tms. (m)	
Saavutettavuus huollon kannalta (avoin)	
Muuta huomioitavaa käymälän sijainnista (avoin)	
Käymälän siisteys (avoin)	
Käymälässä on käyttöohje käyttäjälle (Kyllä/ei)	
Käsienpesumahdollisuus käymälän läheisyydessä, mikä? (avoin)	
Jättemäärät	
Kiinteän jätteen määrä vuodessa (m ³)	
Kerätyn suotonesteen määrä vuodessa (m ³)	
Huomiot vuodenaikojen vaikutuksesta kuormitukseen (avoin)	
Muuta huomioitavaa jättemääristä (avoin)	

Käymäläjätteen esikäsittely	
Virtsan erotteleva malli (kyllä/ei)	
Kuivikkeen laatu (avoin)	
Umpiastia, ei suotonesteen erotusta (kyllä/ei)	
Suotonesteen käsittely (avoin)	
Kiinteän aineen keräys (avoin)	
Miten tuuletus on järjestetty? (avoin)	
Arvio tuuletuksen riittävydestä (korvausilma-poisto) (avoin)	
Muuta huomioitavaa? (avoin)	
Käymäläjätteen jatkokäsittely	
Paikan päällä kompostointi (avoin)	
Muu menetelmä, mikä? (avoin)	
Paikan päällä kompostoidun käymäläjätteen loppusijoitus (avoin)	
Havainnot käymälämakin kompostoitumisesta (avoin)	
Muuta huomioitavaa (avoin)	
Käymälän huolto	
Miten käymälän huolto toteutetaan? (avoin)	
Kuinka usein käymälät tyhjenetään ja tarkistetaan? (avoin)	
Kuka tekee säännölliset ylläpitohuollot? (avoin)	
Milloin viimeksi huollettu? (pvm)	
Milloin viimeksi tyhjenetty? (pvm)	
Tyhjennuskerrat vuodessa? (lkm)	
Kuka tekee käymäläjätteen tyhjennyksen? (avoin)	
Miten käymäläjätteen tyhjennys tehdään? (avoin)	
Vessapaperin kulutus vuodessa? (rullaa)	
Kuivikkeen kulutus vuodessa? (m3)	
Muut huoltotoimenpiteet? (avoin)	

Miten työturvallisuus on huomioitu (suojaimet, työvälineet tms.) (avoin)	
Käymälälle on huolto-ohje (kyllä/ei)	
Käymälän vaikutus ympäristöön	
Hajuhavainnot käymälän yhteydessä, kuvailu (avoin)	
Kasvillisuus käymälän takana/ympärillä (avoin)	
Käymälän huoltotilan/-luukun ympäristön siisteys (avoin)	
Käymälärakennuksen maapohjan laatu (avoin)	
Käymälän ympäristön maalaji (maalaji)	
Muut huomiot kuten maaston kaltevuus, pintakallio jne. (avoin)	
Miten ympäristö otetaan huomioon käymälän huollossa? (avoin)	
Käymälän käytössä esiintyvät ongelmat?	
Kesällä (avoin)	
Talvella (avoin)	
Suotonesteen vaikutus käymälän käytölle? (avoin)	
Käymälän huollossa esiintyvät ongelmat?	
Kesällä (avoin)	
Talvella (avoin)	
Suotonesteen vaikutus käymälähuollolle? (avoin)	
Toimivat ratkaisut? (Hyvät käytänteet)	
Kesällä (avoin)	
Talvella (avoin)	
Muuta (avoin)	

Taulukko: Lauri Värri