

Huolta aiheuttavien aineiden esiintyminen Itämeren alueen rakennuksissa, rakennusmateriaaleissa ja rakennustyömailla

Esikoulujen ilma ja pöly Hulevesi ja rakennusmateriaalit Västeråsın kaupunki Liite 4

Kirjoittajat:

Christina Larsson ja Alessio Rinaldi, Västerås kaupunki, GoA 2.1 -työryhmän puolesta

Osallistujina myös

GoA 2.1 -työryhmä

Tarkastanut:

Marianne Balck, Byggvarubedomningen, GoA 2.1 -työryhmä

NHC3 GoA2.1. D.2.1

Kesäkuu 2024



Interreg
Baltic Sea Region



Co-funded by
the European Union



SUSTAINABLE WATERS

NonHazCity 3



NonHazCity

Aineisto on laadittu osana NonHazCity 3 -hanketta (nro C014) Euroopan unionin Interreg Baltic Sea Region -ohjelman tuella. Sisältö edustaa yksinomaan kirjoittajien, ei Euroopan komission mielipidettä.

Sisältö

Tiivistelmä.....	5
Lyhenteet.....	6
Johdanto / teoreettinen tausta.....	9
Haitta-aineseulonta	9
Tutkimusmenetelmä.....	11
Esikoulujen pölyn, materiaalien ja sisäilman näytteenotto	11
Näytteenottopaikat (esikoulut)	11
Pölynäytteiden otto.....	12
Materiaalinäytteiden otto.....	12
VOC-yhdistenäytteiden otto ilmasta	12
Hulevesinäytteiden otto	13
Näytteenottopaikat – hulevesi.....	14
Näytteenotto-olosuhteet	18
Tulokset.....	20
Esikoulujen pölyseulonnan tulokset.....	20
Muovinpehmentimet pölyssä	20
PFAS-yhdisteet pölyssä	21
Organofosfaatit pölyssä	22
Bisfenolit pölyssä	23
Isotiatsolinonit pölyssä	24
Klooratut parafiinit pölyssä.....	24
Bromatut palonestoaineet pölyssä.....	24
Orgaanisia klooriyhdisteitä sisältävät torjunta-aineet pölyssä	25
Lattiamateriaalien seulonnan tulokset.....	25
Muovinpehmentimet materiaaleissa.....	25
PFAS materiaaleissa	26
Sisäilman tulokset.....	27
VOC-yhdisteet sisäilmassa	27
Hulevesinäytteenoton tulokset	28
Ravinteet hulevedessä	28
Metallit hulevedessä.....	29
Organofosfaatit hulevedessä	29
Biosidit hulevedessä	29

PFAS-yhdisteet hulevedessä	30
Muovinpehmentimet hulevedessä	31
Aineet, joita hulevedessä ei havaittu	32
Tulosten tulkinta ja pohdinta	34
Sisätilojen pölyn, materiaalien ja ilman seulonnan tulkinta	34
Alustavat odotukset	34
Johtopäätökset	34
Pöly- ja materiaaliseulontaa koskevat johtopäätökset	34
Hulevesinäyteseulonnan tulkinta	44
Alustavat odotukset	44
Johtopäätökset	44
Hulevesiseulontaa koskevat johtopäätökset	45
Mahdolliset virheelliset lähteet	51
Jatkotutkimuksia varten tehtävät parannukset	51
Viitteet	52

Tiivistelmä

Rakennusmateriaalit saattavat sisältää ja niistä saattaa vapautua kemiallisia aineita, jotka voivat vaarantaa ihmisten terveyden ja ympäristön. Näitä aineita on sisäilmassa ja ne kerääntyvät pölyhiukkasiin sisätiloissa. Myös rakennusten ulkopinnoilla käytettävät aineet voivat huuhtoutua sadeveden kautta hulevesiin ja vesistöihin. Tämä tutkimuksen tarkoituksena oli saada lisää tietoa siitä, miten nämä aineet leviävät sisätiloissa ja hulevesissä.

Västeråsissa otettiin pöly-, lattiamateriaali- ja sisäilmanäytteitä neljästä esikoulusta ja hulevesinäytteitä neljästä hulevesilammikosta tai -ojasta. Näytteiden seulonnassa tutkittiin muun muassa muovipehmentimiä, organofosfaatteja, bisfenoleja, PFAS-yhdisteitä, biosideja, kloorattuja parafiineja ja bromattuja palonestoaineita.

Tulokset osoittavat, että nykyisin säänneltyjen aineiden pitoisuudet olivat suurempia vanhemmissa esikouluissa ja että vaihtoehtoisten aineiden, kuten vaihtoehtoisten muovinpehmentimien, pitoisuudet olivat suurempia uudemmissa esikouluissa.

Näyttöjen ja valaisimien kaltaisista sähkölaitteista voi päästä palonestoaineita sisäympäristöön.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC-yhdisteiden) pitoisuudet olivat suurempia uudemmissa esikouluissa, mikä oli odotettavissa, sillä tuotteista vapautuu enemmän VOC-yhdisteitä uutena.

Ainepitoisuudet hulevedessä olivat yleensä melko pieniä. Tämä saattaa johtua esimerkiksi pienistä valuma-alueista, luonnonvesien aiheuttamasta laimenemisesta ja kasvillisuudesta. PFAS-yhdisteiden esiintyminen hulevedessä on huolenaihe.

Tuloksia tulee pitää tilannekuvina, ja tarvitaan lisää tutkimuksia, jotta saadaan enemmän tietoa haitallisten aineiden esiintymisestä Västeråsin alueella.

Lyhenteet

Definitions of all abbreviations that are used or mentioned in the report, for example different chemical substances.

6:2 FTS	6:2 fluorotelomer sulfonate
6:2/8:2 diPAP	6:2/8:2 diisopropylaminodiphenylamine
6:2diPAP	6:2 diisopropylaminodiphenylamine
6:2PAP	6:2 propoxylated phenol amine
6:6 PFPI	6:6 perfluoropolyethylene telomer isomer
6:8 PDPI	6:8 perfluorodecylpolyethylene telomer isomer
8:2 diPAP	8:2 diisopropylaminodiphenylamine
8:2FTS	8:2 fluorotelomer sulfonate
8:2PAP	8:2 propoxylated phenol amine
8:8 PFPI	8:8 perfluoropolyethylene telomer isomer
ATBC	Acetyltributylcitrate
BIT	Benzisothiazolinone
BVB	Byggarubedömningen
BPA	Bisphenol A
BPAF	Bisphenol AF
BPF	Bisphenol F
BPS	Bisphenol S
BzBP	Benzylbutylphthalate
CIT	5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one
CMIT	5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one
DBP	Dibutyl phthalate
DCOIT	4,5-dichloro-2-n-octyl-4-isothiazolin-3-one
DecaBDE	Decabromodiphenyl ether
DEHA	Diethylhexyl adipate
DEHP	Diethylhexyl phthalate
DEHT	Diethylhexyl terephthalate
DEP	Diethyl phthalate
DiBP	Diisobutyl phthalate
DiDP	Diisodecyl phthalate
DINCH	Diisononylcyclohexane-1,2-dicarboxylate
DiNP	Diisononyl phthalate
diSamPAP	di-Sam-diisopropylaminodiphenylamine
DMP	Dimethyl phthalate
DnBP	Dibutyl phthalate
DPHP	Di(2-propylhexyl) phthalate
EHDPP	Ethylhexyldiphenyl phosphate
Et-FOSAA	Ethyl phosphate
FOOSA	Phosphonamide
FPePA	Fluorotelomerpropoxylated ethanolamine
HpBDE	Heptabromodiphenyl ether
HxBDE	Hexabromodiphenyl ether

LCCP	Long Chain Chlorinated Paraffins (C18-C21)
MCCP	Medium Chain Chlorinated Paraffins (C14-C17)
MIT	2-methyl-4-isothiazolin-3-one
MTBE	Methyl tert-butyl ether
NH ₄ -N	Ammonium nitrogen
NO ₂ -N	Nitrite and nitrate nitrogen
OIT	2-Octyl-2H-Isothiazol-3-One
p,p-DDT	Dichlorodiphenyltrichloroethane
PAH	Polycyclic aromatic hydrocarbons
PAH16	16 polycyclic aromatic hydrocarbons
PBDE 100	Polybrominated diphenyl ether
PCB	Polychlorinated biphenyls
PCB7	7 polychlorinated biphenyls
PFAS	Per- and polyfluoroalkyl substances
PFBA	Perfluorobutanesulfonate
PFBS	Perfluorobutan-1-sulfonate
PFCA	Perfluorinated carboxylic acid
PFDA	Perfluorodecanoic acid
PFDoDA	Perfluorododecanoic acid
PFDS	Perfluorodecane-1-sulfonate
PFHpA	Perfluorohexanoic acid
PFHxA	Perfluorohexanesulfonate
PFHxS	Perfluorohexanesulfonate
PFNA	Perfluorononanoic acid
PFNS	Perfluorononanesulfonate
PFOA	Perfluorooctanoic acid
PFOS	Perfluorooctanesulfonate
PFPeA	Perfluoropentanoic acid
PFPrA	Perfluoropropanoic acid
PFSA	Perfluorosulfonic acid
PFUnDA	Perfluoroundecanoic acid
PO ₄ -P	Phosphorus
SCCP	Short Chain Chlorinated Paraffins (C10-C13)
TBBPA	Tetrabromobisphenol A
TBEP	Tris(2-butoxyethyl) phosphate
TBP	Tri-n-butyl phosphate
TBT	Tributyltin
TCEP	Tris(chloroethyl) phosphate
TCPP	Tris(2-chloro-1-methylethyl) phosphate
TCrP-mix	Trikresyl phosphate mixture
TDCPP	Tris[2-chloro-1-(chloromethyl)ethyl] phosphate (TDCPP)
TDCP	Tricresyl phosphate
TeBDE	Tetrabromodiphenyl ether
TEHP	Tris(2-ethylhexyl) phosphate
TiBP	Triisobutyl phosphate
TnBP	Trinonyl phosphate

ToCrP	Trioctyl phosphate
Total N	Total nitrogen
Total P	Total phosphorus
TOTM	Trioctyl trimellitate
TPhP	Triphenyl phosphate
TrBDE	Tribromodiphenyl ether
TVOC	Total volatile organic compounds
α -HBCDD	Alpha-hexabromocyclododecane
α -HCH	Alpha-hexachlorocyclohexane
β -HCH	Beta-hexachlorocyclohexane
γ -HBCDD	Gamma-hexabromocyclododecane
γ -HCH	Gamma-hexachlorocyclohexane

Johdanto / teoreettinen tausta

Rakennusmateriaalit saattavat sisältää ja niistä saattaa vapautua haitallisia aineita. Näitä aineita on sisäilmassa ja ne kerääntyvät pölyhiukkasiin sisätiloissa. Myös rakennusten ulkopinnoilla käytettävät aineet voivat huuhtoutua sadeveden kautta hulevesiin ja vesistöihin. Tämä tutkimus on tehty osana EU:n Interreg-rahoitteisen NonHazCity 3 -hankkeen työpaketti 2.1:tä, Screening and monitoring of hazardous substance occurrence in building materials and sites.

Lapset ovat erityisen herkkiä haitallisille aineille, ja Västeråsın kaupunki on päättänyt rakentaa kemikaaliviisaita esikouluja. Esikouluissa käytettävät materiaalit kirjataan Byggarubedömningenin (BVB) lokikirjaan ja rakennukset sertifioidaan Miljöbyggnadın sertifiointijärjestelmän Silver-tasolla. Tavarantoimittajia on ohjeistettu valitsemaan rakennusmateriaaleja, joille BVB on antanut ”suositeltava”- tai ”hyväksytty”-arvosanan.

Tässä tutkimuksessa verrattiin kahta uutta Miljöbyggnad Silver -sertifioitua esikoulua kahteen vanhempaan esikouluun. Pölyseulonnan tuloksia verrattiin myös hankekumppani Tukholman kaupungin suorittamaan pölyseulontaan.

Hulevesinäytteitä otettiin ja analysoitiin, jotta saataisiin selville rakennuksista peräisin olevien vaarallisten aineiden esiintyminen hulevesissä. Västeråsın kaupunki ottaa säännöllisesti hulevesinäytteitä, mutta ei ole koskaan aiemmin analysoinut näin monenlaisia aineita.

Hulevesianalyyysien tuloksia verrattiin myös hankekumppaneiden Helsingin kaupungin, Turun ammattikorkeakoulun ja Tukholman kaupungin tuloksiin.

Näytteenotto ja analysointi ovat kalliita. Tässä tutkimuksessa keskityttiin selvittämään, mitä aineita esikouluista ja hulevesistä löytyy. Useiden aineiden analysointi asetettiin etusijalle ennen toistuvaa näytteenottoa. Tuloksia tulee pitää tilannekuvina, ja paremmin ennustettavissa olevien lukujen saamiseksi pitää ottaa lisää näytteitä.

Haitta-aineseulonta

Vaarallisia kemikaaleja analysoitiin ilmasta, pölystä, materiaaleista ja hulevedestä.

Pölynäytteitä otettiin kahdesta uudesta ja kahdesta vanhemmasta esikoulusta, ja tarkoituksena oli vertailla uudemmissa ja vanhemmissa esikouluissa esiintyviä aineita. Lattiamateriaalinäytteistä analysoitiin muovinpehmentimet ja PFAS-yhdisteet sen selvittämiseksi, löytyisikö lattiamateriaalissa olevia aineita myös pölystä.

Samojen neljän esikoulun sisäilmasta otettiin VOC-yhdistenäytteitä.

Hulevesinäytteitä otettiin kolmesta äskettäin rakennettuihin alueisiin yhteydessä olevasta lammikosta ja ojasta sekä yhdestä lammikosta, johon valuu sadevettä vanhemmalta alueelta. Taulukossa (Taulukko 1) on kuvattu näytteenottomatriisi, näytteiden lukumäärä ja analysoidut aineet.

Taulukko 1. Näytteenottomatriisi.

Matrix	Group of Substances
Dust, 4 preschools, 8 locations, 8 samples	Plasticisers (including phthalates and alternatives), organophosphates, bisphenols, PFAS, isothiazolinones, chlorinated paraffins, brominated flame retardants, organochlorine pesticides
Material, 2 preschools, 4 locations, 4 samples	Plasticisers, PFAS
Air, 4 preschools, 4 locations, 4 samples	VOCs
Storm water, 4 locations, 7 samples	Plasticisers (including phthalates and alternatives), organophosphates, PFAS, chlorinated paraffins, brominated flame retardants, biocides (including isothiazolinones), metals, nutrients, TBT, PCB, MTBE, PAH
Additional Storm water, 2 locations, 4 samples	PFAS

Pölyanalyysien avulla tutkittavia aineryhmiä olivat muovinpehmentimet, organofosfaatit, bisfenolit, PFAS-yhdisteet, isotiatsolinonit, klooratut parafiinit, bromatut palonestoaineet ja orgaanisia klooriyhdisteitä sisältävät torjunta-aineet. Aiemmissa tutkimuksissa näitä aineita on havaittu sisäilman pölyssä, ja ne kaikki voivat olla vaarallisia terveydelle ja ympäristölle. Niiden esiintymistä ja terveysvaikutuksia kuvataan NonHazCity 3 -hankkeen Building material catalogue for tox-free construction -julkaisussa (NonHazCity3, 2023).

Muovinpehmentimet ovat yleisiä PVC-lattiapäällystemateriaaleissa ja linoleumilattioita käsitellään joskus PFAS-yhdisteitä sisältävillä kiillotusaineilla. Lattiamateriaaleista otettiin näytteitä mahdollisen lattiamateriaalien ja pölyn sisältämien pehmentimien ja PFAS-yhdisteiden välisen yhteyden tutkimiseksi.

Hulevesiseulonta kattoi muovinpehmentimet, organofosfaatit, PFAS-yhdisteet, isotiatsolinonit, klooratut parafiinit, bromatut palonestoaineet, biosidit, metallit, ravinteet, tributyyliitin (TBT), PCB-yhdisteet, metyyli-tert-butyylieetterin (MTBE) ja PAH-yhdisteet. Biosidit ovat yleisiä maaleissa ja puunkäsittelyaineissa. Metalleja voi huuhtoutua metallisista rakennusmateriaaleista, ja ne voivat olla peräisin myös liikenteestä. Ravinteiden ja metallien perusteella oli mahdollista verrata veden tilaa vertailuvesistöihin eli Svartån-jokeen ja Mälaren-järveen.

Mälaren-järven TBT-pitoisuuksia on mitattu useiden vuosien ajan. Mälarenilla pääasiallinen TBT:n lähde on veneissä käytettävä maali, ja kunnalla on meneillään hanke, jossa veneenomistajia taivutellaan poistamaan TBT:tä sisältävä maali veneistään. TBT:tä analysoitiin sen selvittämiseksi, onko Mälarenilla muita TBT:n lähteitä. PCB-yhdisteiden käyttäminen on nykyään kielletty, mutta niitä analysoitiin sen varmistamiseksi, että ne eivät enää aiheuta ongelmia valituilla valuma-alueilla. Bensiinin lisäaine MTBE otettiin mukaan tutkimukseen sen selvittämiseksi, vaikuttaako liikenne hulevesiin. Joissakin valuma-alueilla sijaitsevilla rakennuksissa on tervapaperikatot, jotka voivat olla hulevedestä havaittujen polyaromaattisten hiilivetyjen (PAH-yhdisteiden) lähteitä.

Tutkimusmenetelmä

Esikoulujen pölyn, materiaalien ja sisäilman näytteenotto

Näytteenottopaikat (esikoulut)

Tutkimukseen valittiin neljä esikoulua. Kaksi niistä ovat vanhempia ja kaksi uudemman konseptin mukaisia esikouluja, jotka on Miljöbyggnad Silver -sertifioitu. Kustakin esikoulusta otettiin kaksi pölynäytettä ja yksi VOC-yhdistenäyte. Materiaalinäytteitä otettiin vanhemmista esikouluista, yhteensä kaksi näytettä kummastakin koulusta.

Bäckby Norra, Vas1 ja Vas2

Bäckby Norran esikoulu on rakennettu vuonna 1973, ja se sijaitsee Bäckbyn kaupunginosassa viiden kilometrin päässä kaupungin keskustasta. Rakennuksen julkisivu on puuta, ja sisätilojen lattiamateriaalit ovat PVC-muovia ja linoleumia. Esikoulua käyvät 1–5-vuotiaat lapset, ja kussakin ryhmässä on enintään 13 lasta. Pölynäytteitä otettiin ”Ugglan” (Vas1)- ja ”Torget” (Vas2) -huoneista. Ugglan on pienempi luokahuone, jossa on linoleumilattia ja jossa voi toimia kerrallaan vain yksi lapsiryhmä. Torget on huomattavasti suurempi monikäyttöinen yhteishuone, joka on yhteydessä käytävään ja muihin luokahuoneisiin. Torget-huoneessa on projektori, valopöytä ja muita pedagogisia valaisulaitteita. Koulun henkilökuntaa ohjeistettiin olemaan siivoamatta huonetta kolmesta neljään viikkoon ennen näytteenottoa, jotta pölyhiukkasia olisi tarpeeksi näytteenottoa varten.

Torget ja osa esikoulun yleisistä tiloista on peruskunnostettu vuosien 1990 ja 2000 välillä. Ulkopuolen puulaudoitus on maalattu vuonna 2018. Osa luokahuoneista, myös Ugglan, on maalattu vuonna 2018.

Önsta, Vas3 ja Vas4

Önstan esikoulu sijaitsee Önsta-Grytan alueella viiden kilometrin päässä kaupungin keskustasta. Koulu valmistui kesäkuussa 2018. Se on rakennettu Västeråsin esikoulukonseptimallin mukaisesti ja Miljöbyggnad Silver -sertifioitu. Julkisivu on puuta ja kaksikerroksisen rakennuksen kummassakin kerroksessa on kaksi eri osiota. Pölynäytteitä otettiin kahdesta eri kerroksissa sijaitsevasta huoneesta, yläkerran ”Kastanjen” (Vas3) -huoneesta ja alakerran ”Björken” (Vas4) -huoneesta. Kyseiset huoneet ovat kooltaan ja käyttötavaltaan verrattavissa Vas1:een. Molemmissa huoneissa on PVC-lattiat (joissa on käytetty vaihtoehtoisia muovinpehmentimiä) ja seinään kiinnitetyt näytöt. Koulun henkilökuntaa ohjeistettiin olemaan siivoamatta huonetta kolmesta neljään viikkoon ennen näytteenottoa, jotta pölyhiukkasia olisi tarpeeksi näytteenottoa varten. Molemmista huoneista otettiin pölynäytteet näyttöjen takaa.

Blåsbo, Vas5 ja Vas6

Blåsbon esikoulu sijaitsee melko keskeisellä paikalla, vain muutaman sadan metrin päässä Västeråsin pääkadulta. Se on niin ikään konseptin mukainen esikoulu, ja se valmistui marraskuussa 2018. Se on lähes identtinen Önstan esikoulun kanssa, ja sitä käy kahdeksan lapsiryhmää. Tiilijulkisivu on kuitenkin erilainen kuin Önstassa. Blåsbon esikoulu sijaitsee alakoulun vieressä. Näytteitä otettiin kahdesta ylemmässä kerroksessa sijaitsevasta huoneesta, ”Hamnenista” (Vas5) ja ”Skeppetistä” (Vas6). Skeppet on samanlainen kuin Önstan esikoulun Kastanjen- ja Björken-huoneet, ja siellä on seinään kiinnitetty näyttö. Hamnen (Vas5) on suurempi monikäyttöinen yhteishuone, joka on yhteydessä muihin luokahuoneisiin. Molemmissa huoneissa on PVC-lattiat, joissa on käytetty vaihtoehtoisia muovinpehmentimiä. Koulun henkilökuntaa ohjeistettiin olemaan siivoamatta

huonetta kolmesta neljään viikkoon ennen näytteenottoa, jotta pölyhiukkasia olisi tarpeeksi näytteenottoa varten. Vas6:sta ei otettu pölynäytettä näytön takaa. Vas5:ssä ei ole näytettä.

Vetterslund, Vas7 ja Vas8

1960-luvun puolivälissä rakennettu Vetterslundin esikoulu peruskunnostettiin vuonna 2005. Se koostuu viidestä käytävästä. Näytteitä otettiin kahdesta eri huoneesta, ”Kaprifolenista” (Vas7) ja ”Vihreästä huoneesta” (Vas8). Kaprifolen on päähuoneen vieressä, jossa lapset syövät, leikkivät ja harrastavat muuta toimintaa. Kaprifolen-huoneen vieressä on sähkökaappi. Huoneissa on PVC- ja/tai linoleumilattiat. Vihreässä huoneessa on vihreä kokolattiamatto. Koulun henkilökuntaa ohjeistettiin olemaan siivoamatta huonetta kolmesta neljään viikkoon ennen näytteenottoa, jotta pölyhiukkasia olisi tarpeeksi näytteenottoa varten.

Esikoulun ulkopuoli maalattiin noin 2–3 vuotta sitten. Myös Vihreä huone (Vas8) maalattiin tuolloin.

Pölynäytteiden otto

Pölyä kerättiin erikoissuuttimella varustetulla pölynimurilla, johon oli liitetty suodatin. Jokaisen näytteen ottamiseen käytettiin uutta suodatinta ja suutinta. Hyllyt, ikkunalaudat ja muut noin 0,5 metriä lattiataason yläpuolella olevat pinnat imuroitiin.

Materiaalinäytteiden otto

Kummastakin vanhemmasta esikoulusta (Vas1-2 ja Vas7-8) otettiin kaksi materiaalinäytettä muovinpehmentimien ja PFAS-yhdisteiden analysoimiseksi (Taulukko 2). Uudemmissa esikouluista (Vas3–4 ja Vas5–6) ei otettu lattianäytteitä, koska lattiamateriaaleja koskevat tiedot on kirjattu Byggsvarubedomningenin järjestelmään, ja tiedot lattiamateriaaleista ja muovinpehmentimistä saatiin hankkeiden lokikirjoista.

Taulukko 2. Materiaalinäytteet, näytteenottopaikat ja todennäköiset materiaalit.

Sample	Sample location	Probable material
Vas1	A room in connection to Vas1 room	PVC
Vas2	Vas2 room	PVC or linoleum
Vas7	A corridor in connection to Vas7	PVC
Vas8	Vas8 room	PVC or linoleum

VOC-yhdistenäytteiden otto ilmasta

Kuhunkin esikouluun asennettiin yksi passiivinen ilmankerääjä näytteenottopaikkoihin Vas1, Vas4, Vas6 ja Vas8.

Ilmankerääjät asennettiin noin 2 metriä lattiataason yläpuolelle paikkoihin, missä ne olivat lasten ulottumattomissa. Viikon kuluttua ilmankerääjät suljettiin, irrotettiin ja lähetettiin postitse laboratorioon analysoitavaksi.

Hulevesinäytteiden otto

Yhteensä 11 hulevesinäytesarjaa ja yksi nollanäytesarja kerättiin neljästä eri näytteenottopaikasta: näytteenottopaikasta 2 Gotössä (GO), näytteenottopaikasta 2 Stomnätissä (ST, myös yksi nollanäyte), näytteenottopaikasta 6 Kartografissa (KA, myös neljä ylimääräistä PFAS-yhdistenäytettä) ja näytteenottopaikasta 1 Eriksborg/Erikslundissa (EL). Näytteenottopaikat on kuvattu kohdassa Näytteenottopaikat – hulevesi.

Näytteet otettiin lokakuun ja joulukuun 2023 välisenä aikana. Kaksi ylimääräistä PFAS-yhdistenäytettä otettiin näytteenottopaikasta KA maaliskuun lopun ja huhtikuun alun 2024 välisenä aikana. Näiden lisänäytteiden avulla pyrittiin arvioimaan, miten valuma-alueen rakennukset vaikuttivat valuma-alueen hulevesiin. KA:ssa kaksi lisänäytettä otettiin valuma-alueen vastakkaisista päistä, toinen sisään- ja toinen ulostuloalueelta. Ulostuloalueen näyte (KAout) vastasi näytteenottopaikkaa KA, mutta sisääntulonäyte (KAin) muodosti uuden näytteenottopaikan, ja vaikka se teknisesti sijaitsee samalla valuma-alueella, se lisäsi näytteenottopaikkojen lukumäärän viiteen.

Näytteenottoprosessissa oli kaksi vaihetta: vaiheessa 1 pullot valmisteltiin näytteenottoa varten ja vaiheessa 2 kerättiin hulevesinäyte. Pullojen valmisteluun kuului pullojen huolellinen huuhtelu kolmeen kertaan lammikosta otetulla vedellä. Tämän jälkeen pullot täytettiin ääriään myöten lammikon vedellä käyttäen säädettävää vartta näytteenoton helpottamiseksi. Kun pullot oli suljettu nopeasti asianmukaisilla kansilla, niihin merkittiin näytteenottopaikka, veden lämpötila ja näytteenottoaika ja ne asetettiin kylmälaukkuun, jossa oli neljä kylmäkallea, jotta näytteiden lämpötila säilyisi alhaisena laboratorioon kuljetuksen aikana. Näytteet kuljetettiin laboratorioon analysointia varten keräyspäivänä. Tätä menetelmää käytettiin kaikille näytteille muovinpehmennäytteitä lukuun ottamatta. Niiden näytepullot säilytettiin pakastimessa ennen kuin ne lähetettiin kaikki yhtä aikaa laboratorioon analysoitavaksi. Tämän analyysin teki toinen laboratorio. Kaikki näytepullot lähetettiin laboratorioon samaan aikaan eristetyssä laatikossa. Taulukossa (Taulukko 3) on esitetty kullekin aineryhmälle käytetyt pullotyyppit.

Näytteenottopaikalta ST otettiin nollanäyte. Pullot täytettiin MilliQ-vedellä ja lähetettiin laboratorioon analysoitaviksi yhdessä muiden näytteiden kanssa.

Taulukko 3. Hulevesinäytteenottoastiat.

Substance	Analysed from	Bottle volume	Bottle material
Nutrients	All samples	500 ml	Plastic
Tributyltin	All samples	1000 ml	Glass
PAH	All samples	2 x 200 ml	Glass
PCB	All samples	2 x 200 ml	Glass
Brominated flame retardants	All samples	2 x 500 ml	Glass
MTBE	All samples	100 ml	Glass

PFAS	All samples	2 x 250 ml	Plastic
Metals	All samples	150 ml	Plastic
Isothiazolinones	Only KA2, ST2, GO2	100 ml	Glass
Biocides	Only KA2, ST2, GO2	2 x 1000 ml + 1 x 500 ml + 1 x 100 ml + 1 x 100 ml	Glass
Organophosphates	All samples	2 x 1000 ml	Glass
Chlorinated paraffins	Only EL, KA1, ST1, GO1	2 x 500 ml	Glass
Phthalates and alternative plasticisers	All samples	2 x 1000 ml	Nalgene PTFE

Näytteenottopaikat – hulevesi

Hulevesinäytteet päätettiin ottaa avoimista lammikoista tai ojista, ja aluksi ehdotettiin viittä näytteenottopaikkaa. Yhdellä alueista on noin 20 vuotta vanhoja omakotitaloja, toisella hiljattain rakennettuja kerrostaloja ja kolme muuta on uudempia, joista kaksi oli näytteenottoaikaan vielä rakenteilla. Näytteenottoaikaan asuinrakennuksia sisältävän alueen hulevesiviemärisssä ei valitettavasti ollut riittävästi vettä, joten tämä alue piti jättää näytteenoton ulkopuolelle. Valitut näytteenottopaikat on kuvattu jäljempänä.

Eriksborg/Erikslund, EL

Eriksborgin, aiemmalta nimeltään Erikslundin, alueen näytteenottopaikan (EL) valuma-alueella on omakotitaloja, joista useimmat on rakennettu vuosina 1997–2003 Eriksborg-Hagabergin alueelle. Talojen julkisivut ovat pääosin puulaudoitusta, ja katot on useimmiten tehty betonisista kattotiilistä, mutta myös muita ulkopintamateriaaleja on käytetty. Alueen tiet ovat asfaltoituja ja talojen pihat ovat pääasiassa perinteisiä puutarhoja, joissa on ruohoa ja pensaita. Valuma-alue on kooltaan noin 40 hehtaaria. Tämä alue sijaitsee noin viiden kilometrin päässä Västerås'n keskustasta.

Näytteet otettiin hulevesilammikosta, jossa veden virtaus oli jatkuvaa mutta hidasta. Pienen tien alla kulkevat betoniputket yhdistävät ojat lammikkoon. Lammikkoon virtaavan ojan varrella ja lammikon ympärillä on puita ja muita kasvillisuutta. Kuvissa (Kuva 1 ja Kuva 2) on esitetty valuma-alueen karttoja.



Kuva 1. Ilmakuva EL:n valuma-alueesta ja näytteenottopaikasta. Valuma-alue on punaisen viivan sisällä, ja punainen piste on näytteenottopaikka.



Kuva 2. Eriksborgin/Erikslundin alueen kartta. Punainen piste on näytteenottopaikka.

Gotö, GO

Gotön näytteenottopaikka (GO) sijaitsee Barkarön alueella, noin yhdeksän kilometrin päässä Västeråsin keskustasta. Alue ei ole vielä täysin valmis: siellä on joitakin valmiita taloja, joitakin keskeneräisiä taloja, yksi valmis talo, jonka piha on varustettu erityistarpeita omaaville henkilöille ja rakenteilla oleva esikoulu. Siellä on pääasiassa puisia omakotitaloja, joiden katot on tehty betonisista kattotilistä. Ensimmäinen rakennus valmistui vuonna 2020, mutta suurin osa taloista on rakennettu vuonna 2023. Joidenkin talojen pihat ovat valmiita, mutta toisten vielä rakenteilla. Tiet on

päällystetty asfaltilla. Hulevesiviemäriin virtaa vettä maatalouskäytössä olevalta pellolta ja uudelta asuinalueelta. Näytteet otettiin lammikosta, joka on yhdistetty hulevesiojaan puurakenteella, joka johtaa raskaammat vesivirrat valumavesikentälle. Oja täyttyy jatkuvasti hitaasti virtaavalla vedellä. Valuma-alue on kooltaan noin 5,5 hehtaaria. Kuvissa (Kuva 3 ja Kuva 4) on esitetty valuma-alueen karttoja.



Kuva 3. Ilmakuva GO:n valuma-alueesta ja näytteenottopaikasta. Valuma-alue on punaisen viivan sisällä, ja punainen piste on näytteenottopaikka.



Kuva 4. Gotön alueen kartta. Punainen piste on näytteenottopaikka.

Kartograf, KA

Kartografen (KA) näytteenottopaikan valuma-alueen pinta-ala on noin 4,1 hehtaaria ja se sijaitsee Skälbyn alueella. Se koostuu enimmäkseen aivan uusista asuinrakennuksista, joista osa on vielä rakenteilla. Näytteenottopaikan lähellä valuma-alueella sisällä on myös pieni leikkikenttä, jossa on tekonurmi. Kartografen tärkein näytteenottopaikka (KAout) koostuu hulevesinotkelmasta ja kuivasta puskurivyöhykkeestä, joka sijaitsee valuma-alueen kaakkoispuolella. Valuma-alueen luoteispuolella on toinen hulevesinotkelma, jossa on kuiva puskurivyöhyke (KAin). KAi:iin tulee vettä Kartografen valuma-alueen pohjoispuolella sijaitsevilta metsä- ja maatalousalueilta. Notkelmaan tultuaan ojaan vesi valuu valuma-alueen alle poistonotkelmaan KAout. Näytteet KA1 ja KA2 otettiin näytteenottopaikasta KAout.

Kaksi muuta PFAS-yhdistenäytettä otettiin näytteenottopaikoista KAIN ja KAout sen selvittämiseksi, tuleeko rakennuksista lisää PFAS-yhdisteitä huleveteen. Valuma-alue sijaitsee Skälbyn kaupunginosassa, katso Kuva 5 ja Kuva 6.



Kuva 5. Ilmakuva KA:n valuma-alueesta ja näytteenottopaikasta. Valuma-alue on punaisen viivan sisällä, ja punainen piste on näytteenottopaikka. KAIN sijaitsee juuri valuma-alueen luoteispuolella. Punainen piste on näytteenottopaikkojen KAI, KA2 ja KAout sijaintipaikka.



Kuva 6. Skälbyn ja KA-valuma-alueen kartta. Punainen piste on näytteenottopaikka.

Stomnät, ST

Skälbyn alueella sijaitseva Stomnätnin näytteenottopaikka (ST) on näytteenottopaikan KA eteläpuolella. Hulevesi valuu valuma-alueella sijaitsevan pienen tien vieressä olevassa avoimessa ojassa, mistä se jatkaa kävelytien alitse lammikkoon ja edelleen ojaan. Ulostuloaukko on suljettu metalliritilällä, jotta roskat ja muut materiaalit eivät estäisi veden virtausta. Näytteet otettiin lammikosta, jossa vettä oli hyvin saatavilla; katso Kuva 7 ja Kuva 8. Valuma-alue on kooltaan noin 9,7 hehtaaria. Alueen rakennukset ovat pääasiassa betonikattoisia puutaloja, jotka on rakennettu vuoden 2012 ja nykyhetken välisenä aikana.



Kuva 7. Ilmakuva ST:n valuma-alueesta ja näytteenottoapaikasta. Valuma-alue on punaisen viivan sisällä, ja punainen piste on näytteenottoapaikka.



Kuva 8. Skälbyn ja ST-alueen kartta. Punainen piste on näytteenottoapaikka.

Kaikki karttakuvat on laatinut Terese Renström (Mälarenergi).

Näytteenotto-olosuhteet

Ensimmäiset näytteet otettiin lokakuun lopussa ja marraskuun alussa, kun lämpötila oli vielä jäätymispisteen yläpuolella. Toisella näytteenottokerralla maassa oli lunta ja näytteenottoapaikoista ST ja GO piti poistaa jäätä ennen näytteiden ottamista. Taulukossa (Taulukko 4) on kuvattu näytteenoton aikaiset sääolosuhteet.

Näytteenottoapaikan EL1 organofosfaattinäytteiden lasipullot rikkoutuivat kuljetuksen aikana, minkä vuoksi otettiin uudet organofosfaattinäytteet (EL1.1).

Taulukko 4. Lämpötila ja sademäärä näytteenoton aikana ja edellisten 24 tunnin aikana.

Sample	Date	Av temp. prev. 24h (°C)	Max. temp prev. 24h (°C)	Min. temp. prev. 24h (°C)	Water temp during sampl. (C)	Rain previ ous 24h (mm)	Rain during sampl. (mm)	Comment
KA1	2023-10-27	2,7	4,1	1,6	9	0	0	No snow or ice
ST1	2023-10-27	2,7	4,1	1,6	8	0	0	No snow or ice
Blank	2023-10-27	2,7	4,1	1,6	8	0	0	No snow or ice
GO1	2023-10-30	1,3	2,7	0,2	4	0,2	0	No snow or ice
EL1	2023-11-09	4,3	5,7	2,1	8	3	0	No snow or ice
EL1.1	2023-11-24	2,4	6,0	0,7	-	0	0	Only relevant for organo-phosphate sampling
ST2	2023-12-12	-0,3	0,5	-1,2	1	2	0	Snow and icy cover/ axe used to remove ice
GO2	2023-12-12	-0,3	0,5	-1,2	0,5	2	0	Snow and icy cover/ ice drill and axe used to reach water
KA2	2023-12-13	-2,3	-0,5	-3,0	2	0,8	0	Snow but no icy cover
KA3in	2024-03-28	5,1	10,5	1,3	5,9	0	0	No snow or ice/low water level
KA3out	2024-03-28	5,1	10,5	1,3	5,5	0	0	No snow or ice/low water level
KA4in	2024-04-08	8,9	14,5	2,4		0	0	No snow or ice
KA4out	2024-04-08	8,9	14,5	2,4		0	0	No snow or ice

Tulokset

Esikoulujen pölyseulonnan tulokset

Pölynäytteissä havaittiin jäljempänä mainittuja aineita. Kustakin neljästä esikoulusta otettiin kaksi näytettä. Näytteenottopaikat on kuvattu kohdassa Näytteenottopaikat (esikoulut).

Muovinpehmentimet pölyssä

Ftalaatteja ja vaihtoehtoisia muovinpehmentimiä havaittiin kaikkien näytteenottopaikkojen pölynäytteissä, katso Taulukko 5.

Vanhemmissa esikouluissa (Vas1-2 ja Vas7-8) DEHP-pitoisuudet olivat suurempia: Vas1-2:ssa pitoisuus oli 235,59 µg/g ja Vas7-8:ssa 784,39 µg/g. Vaihtoehtoinen muovinpehmentin DEHT oli se pehmentin, jota esiintyi eniten uudemmassa esikoulussa (Vas3-6). Vanhemman esikoulun (Vas7-8) näytteissä oli pienimmät pehmentimien kokonaispitoisuudet, noin 2–4 kertaa pienemmät kuin muiden esikoulujen näytteissä.

Taulukko 5. Ftalaatit ja vaihtoehtoiset muovinpehmentimet esikoulujen pölyssä (µg/g). Näytteenottopaikat on kuvattu kohdassa Näytteenottopaikat.

(µg/g)	Vas1	Vas2	Vas3	Vas4	Vas5	Vas6	Vas7	Vas8
Phthalate esters								
DMP	0,014	0,009	0,018	0,005	0,102	0,029	<LoQ	<LoQ
DEP	0,87	0,28	0,14	0,18	0,08	<LoQ	0,13	0,13
DiBP	2,53	6,03	1,23	0,32	0,85	0,26	0,90	0,93
DnBP	15,65	25,24	1,54	0,76	1,68	0,34	4,83	6,75
BzBP	2,48	2,91	0,98	1,48	0,55	0,70	14,63	9,06
DEHP	235,59	784,39	28,60	37,11	14,70	19,42	107,15	69,01
DiNP	17,02	35,07	18,23	26,84	10,72	38,46	66,98	170,39
DiDP	11,82	17,41	23,28	22,30	21,73	28,57	19,89	44,28
DPHP	1,25	0,65	0,60	0,45	0,47	1,92	0,90	1,54
Alternative plasticisers								
ATBC	101	1,48	12,46	20,58	5,03	4,76	1,16	7,87
DEHA	21,78	2,04	4,02	3,53	1,47	2,46	3,49	6,49
DEHT	252,35	149,99	1015,35	823,06	871,30	938,59	22,55	71,11
DINCH	58,64	10,27	67,26	21,40	8,08	89,28	5,63	13,34
TOTM	4,18	0,29	0,65	0,37	2,48	3,50	0,55	19,79
Sum phthalates and alternative plasticizers	725	1036	1179	958	939	1128	248	420

PFAS-yhdisteet pölyssä

PFAS-yhdisteitä havaittiin kaikissa näytteenottopaikoissa, katso Taulukko 6.

Useita analysoituja PFAS-yhdisteitä ei havaittu yhdessäkään pölynäytteessä: PFTTrDA, PFTTeDA, PFHxDA, PFODA, PFPrS, PFPeS, PFHpS, PFUnDS, PFDDoDS, PFTTrDS, FPrPA, FHpPA, Gen-X, ADONA, 6:2 FTUA, 8:2 FTUA, 10:2 FTUA, PFOSA, FOSAA ja Me-FOSAA. Vas1:n ja Vas2:n PFAS-pitoisuudet olivat paljon suuremmat kuin muiden näytteenottopaikkojen. Pienimmät pitoisuudet havaittiin vastaavasti Vas6:ssa ja Vas7:ssä. Kaikkein suurimmat pitoisuudet olivat aineilla 6:2PAP ja 8:2PAP: 629,9 ng/g ja 682,5 ng/g näytteessä Vas2, mutta 6:2PAP:ia havaittiin vain kuudessa näytteessä ja 8:2PAP:ia neljässä näytteessä. PFHxA:aa, 6:2/8:2 diPAP:ia ja 8:2 diPAP:ia havaittiin suhteellisen suurina pitoisuuksina useissa näytteissä, ja niitä löytyi kaikista näytteistä.

Taulukko 6. PFAS-yhdisteet esikoulujen pölyssä (ng/g).

(ng/g)	Vas1	Vas2	Vas3	Vas4	Vas5	Vas6	Vas7	Vas8
PFPrA	2,458	7,543	0,201	2,056	10,192	1,572	3,362	1,710
PFBA	<LoQ	2,89	2,06	2,14	18,37	1,54	5,03	<LoQ
PFPeA	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	2,75	<LoQ	<LoQ	<LoQ
PFHxA	25,21	298,29	32,40	52,10	30,37	28,94	11,65	10,61
PFHpA	1,61	3,68	<LoQ	1,00	0,80	0,98	1,84	3,11
PFOA	3,32	7,87	0,54	0,78	1,03	<LoQ	4,65	2,83
PFNA	0,58	2,84	<LoQ	0,29	0,24	<LoQ	2,68	0,18
PFDA	1,98	4,66	0,62	1,51	2,37	<LoQ	3,29	2,13
PFUnDA	<LoQ	1,38	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ
PFDDoDA	<LoQ	3,47	<LoQ	0,32	<LoQ	<LoQ	0,93	<LoQ
PFBS	<LoQ	<LoQ	3,22	3,54	0,78	<LoQ	<LoQ	<LoQ
PFHxS	0,80	0,82	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ
PFOS	2,74	6,38	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	1,27	1,67
PFNS	0,12	0,48	<LoQ	<LoQ	0,44	0,30	<LoQ	<LoQ
PFDS	<LoQ	4,90	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ
FPePA	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	0,09	<LoQ
6:2 FTS	0,37	1,23	0,17	0,57	0,35	0,16	0,23	0,89
8:2 FTS	1,83	8,68	0,16	0,45	0,88	0,21	0,50	2,24
Et-FOSAA	20,21	4,60	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	7,26	5,75
6:2PAP	555,84	629,90	33,99	<LoQ	18,95	<LoQ	4,48	22,89
8:2PAP	345,29	682,50	112,98	29,35	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ
6:2diPAP	87,02	80,08	10,30	7,94	8,68	8,25	13,67	65,26
6:2/8:2 diPAP	132,51	105,45	2,15	2,58	2,08	1,55	6,40	4,12
8:2 diPAP	141,95	117,09	1,70	1,52	2,13	1,89	5,05	4,19
6:6 PFPi	0,39	21,89	<LoQ	<LoQ	0,95	0,57	<LoQ	<LoQ
6:8 PFPi	0,41	13,47	0,39	0,25	1,20	0,20	<LoQ	<LoQ
8:8 PFPi	0,15	1,18	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ
diSAmPAP	0,25	0,13	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ
Sum of PFAS	1325	2011	201	106	103	46.1	72.4	128

Organofosfaatit pölyssä

Organofosfaatteja havaittiin kaikissa pölynäytteissä, katso 7. Näytteiden TEP-pitoisuudet analysoitiin, mutta ne olivat alle ilmaisurajan. Näytteiden Vas1-2 ja Vas7-8 pitoisuudet olivat suurimmat, 56–201 µg/g, kun taas näytteissä Vas3–Vas6 pitoisuudet olivat vain 3–6 µg/g. Suurimmat havaitut pitoisuudet olivat TCEP:llä, TBEP:llä ja TEHP:llä.

Taulukko 8. Organofosfaatit esikoulujen pölyssä (µg/g).

(µg/g)	Vas1	Vas2	Vas3	Vas4	Vas5	Vas6	Vas7	Vas8
TiBP	0,0005	0,0016	<LoQ	<LoQ	0,0006	<LoQ	<LoQ	<LoQ
TnBP	0,0007	0,0020	0,0003	<LoQ	0,0017	0,0002	0,0082	0,0006
TCEP	5,53	141,45	0,29	0,34	0,13	0,11	51,42	75,55
TCPP	0,45	1,05	0,47	0,25	1,13	0,48	2,05	0,85
TDCP	0,28	4,40	1,13	0,40	0,23	0,32	0,55	1,87
TEHP	4,21	2,63	0,12	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05
TBEP	82,70	51,08	2,48	0,41	0,30	0,28	1,02	1,13
TPhP	0,23	0,49	0,33	0,44	0,17	0,23	0,22	0,31
EHDPP	0,19	1,02	0,31	0,72	1,88	4,47	0,29	0,33
ToCrP	<LoQ	<LoQ	<LoQ	0,0005	0,0003	<LoQ	0,0004	0,0006
TCrP-mix	0,10	0,12	0,12	0,35	0,04	0,16	0,41	0,19
Sum organo-phosphates	93	201	5	3	4	6	56	80

Bisfenolit pölyssä

Bisfenoleja havaittiin kaikissa näytteissä, katso Taulukko 9. TBBPA-pitoisuudet olivat suurimmat kaikissa näytteenottopaikoissa, 60–98 prosenttia kaikista havaituista bisfenoleista. Suurin havaittu kokonaispitoisuus (6 300 ng/g) oli Vas2:ssa ja seuraavaksi suurin (2 400 ng) Vas8:ssa. Pienimmät pitoisuudet (enintään 730 ng/g) olivat Vas4:ssä, Vas5:ssä, Vas6:ssa ja Vas 7:ssä. BPAF-pitoisuus alitti laboratorion raportointirajan kaikissa näytteissä.

Taulukko 9. Bisfenolit esikoulujen pölyssä (ng/g).

(ng/g)	Vas1	Vas2	Vas3	Vas4	Vas5	Vas6	Vas7	Vas8
BPF	<LoQ	9,30	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	3,77
BPA	142,24	162,21	23,70	29,28	15,39	40,01	85,81	123,83
BPS	<LoQ	17,30	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ
TBBPA	957	6057	1209	695	227	624	127	2298
Sum BPA and its analogues	1100	6300	1200	730	250	660	220	2400

Isotiatsolinonit pölyssä

Taulukossa (Taulukko 10) on esitetty pölynäytteiden isotiatsolinonianalyysien tulokset. Näytteistä analysoitiin CMIT, mutta sitä ei havaittu ollenkaan. Suurin kokonaispitoisuus havaittiin (4 222 ng/g) Vas4:ssä ja sen jälkeen suurimmat Vas5:ssä (3 541 ng/g) ja Vas3:ssa (2 650 ng/g). Pienin kokonaispitoisuus (644 ng/g) havaittiin Vas8:ssa.

Taulukko 10. Isotiatsolinonit esikoulujen pölyssä (ng/g).

(ng/g)	Vas1	Vas2	Vas3	Vas4	Vas5	Vas6	Vas7	Vas8
MIT	<LoQ	<LoQ	508	683	771	447	<LoQ	<LoQ
BIT	153	488	609	405	370	269	86,3	124
OIT	2064	1947	1533	3134	2400	1632	827	520
Sum Isothiazolinones	2217	2435	2650	4222	3541	2348	914	644

Klooratut parafiinit pölyssä

Kloorattujen parafiinien analyysitulokset on esitetty Taulukko 11. Suurimmat pitoisuudet havaittiin Vas3:ssa (154,3 µg/g) ja Vas4:ssä (185,9 µg/g). Pienimmät pitoisuudet havaittiin Vas5:ssa (16,4 µg/g) ja Vas6:ssä (13,5 µg/g).

Taulukko 11. Klooratut parafiinit esikoulujen pölyssä (µg/g).

(µg/g)	Vas1	Vas2	Vas3	Vas4	Vas5	Vas6	Vas7	Vas8
ΣSCCPs (C10-C13)	41,4	38,2	47,8	45,4	1,73	1,45	28,2	23,1
ΣMCCPs (C14-C17)	69,4	58,7	98,4	118	9,45	7,48	38,1	39,4
ΣLCCPs (C18-C21)	23,1	21,4	8,11	23,4	5,23	4,52	8,53	9,11
Sum chlor.paraffins	133,9	118,3	154,3	186,9	16,4	13,5	74,8	71,6

Bromatut palonestoaineet pölyssä

Bromattujen palonestoaineiden analyysitulokset pölyssä on esitetty taulukossa (Table 12). Näytteistä analysoitiin β-HBCDD, PBDE 28, PBDE 47, PBDE 85, PBDE 99, PBDE 153 ja PBDE 154, mutta niitä ei havaittu lainkaan. Suurimmat pitoisuudet havaittiin Vas7:ssä (23,7 ng/g) ja Vas2:ssa (2,00 ng/g). Pienimmät pitoisuudet havaittiin Vas3:ssa (0,61 ng/g) ja Vas4:ssä (0,75 ng/g).

Table 12. Brominated flame retardants in dust(ng/g)

(ng/g)	Vas1	Vas2	Vas3	Vas4	Vas5	Vas6	Vas7	Vas8
α-HBCDD	1,74	1,52	0,52	0,64	1,00	0,85	4,27	0,86
γ-HBCDD	0,17	0,48	0,09	0,11	0,14	0,05	0,07	0,07
PBDE 100	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	19,4	<LoQ
Sum brom. flame ret.	1,91	2,00	0,61	0,75	1,14	0,90	23,74	0,93

Orgaanisia klooriyhdisteitä sisältävät torjunta-aineet pölyssä

Taulukossa (Taulukko 13) on esitetty orgaanisia klooriyhdisteitä sisältävien torjunta-aineiden analyysitulokset pölyssä. α -klordaani-, β -klordaani-, trans-nonachlor- and p,p-DDD-pitoisuudet olivat kaikki alle havaitsemisrajan. Suurimmat pitoisuudet havaittiin Vas7:ssa (127 $\mu\text{g/g}$) ja Vas8:ssa (217 $\mu\text{g/g}$). Vas2:ssa ei havaittu lainkaan orgaanisia klooriyhdisteitä sisältäviä torjunta-aineita.

Taulukko 13. Orgaanisia klooriyhdisteitä sisältävät torjunta-aineet pölyssä (ng/g).

(ng/g)	Vas1	Vas2	Vas3	Vas4	Vas5	Vas6	Vas7	Vas8
α -HCH	<LoQ	<LoQ	9,86	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ
β -HCH	5,90	<LoQ	25,0	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	143
γ -HCH	10,50	<LoQ	14,3	29,3	19,7	24,7	55,1	<LoQ
p,p-DDT	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	72,3	74,2
Sum org.chlor. pesticides	16,4	0	49,2	29,3	19,7	24,7	127	217

Lattiamateriaalien seulonnan tulokset

Lattiamateriaalinäytteitä otettiin näytteenottopaikoista Vas1, Vas2, Vas7 ja Vas8, ja niistä analysoitiin muovinpehmentimet ja PFAS-yhdisteet.

Muovinpehmentimet materiaaleissa

Kaikissa lattiamateriaaleissa havaittiin pehmentimiä. Tulokset on esitetty taulukossa (Taulukko 14). Suurimmat muovinpehmentinipitoisuudet havaittiin Vas8:n (79 349 $\mu\text{g/g}$) ja Vas1:n (71 049 $\mu\text{g/g}$) materiaalinäytteissä, ja pienin pitoisuus oli Vas7:ssä (49 $\mu\text{g/g}$).

Näytteenottopaikkojen Vas3, Vas4, Vas5 ja Vas6 lattiamateriaalit ovat Byggarubedömningens (BVB) hankelokikirjojen mukaan samanlaisia. Kyseinen lattiamateriaali on PVC-pohjainen Sarlon 15db. Lattiamateriaalin tiedot haettiin BVB:n tietokannasta. Se sisältää 25 prosenttia dioktyylitereftalaattia (DEHT), mikä vastaa 250 000 $\mu\text{g/g}$:aa. Tämä oli suurin muovinpehmentinipitoisuus lattiamateriaaleissa, vaikka tieto saatiinkin eri menetelmällä kuin muiden näytteiden kohdalla. Näytteissä Vas 1-2 ja Vas 7-8 pitoisuuksiltaan suurimmat pehmentimet olivat DEHP, DiNP ja DiDP.

Taulukko 14. Ftalaatit ja vaihtoehtoiset muovinpehmentimet materiaaleissa (µg/g). Vas1-2:n ja Vas7-8:n kohdalla esitetään kerättyjen pölyanalyysien tulokset ja Vas3-6:n kohdalla esikoulurakennusten Byggsvarubedomningenin lokikirjoista saadut tiedot. Esikoulujen näytteenottopaikoissa Vas3-4 ja Vas5-6 on käytetty samaa lattiamateriaalia.

(µg/g)	Vas1	Vas2	Vas7	Vas8		Vas3-6
Phthalates						
DMP	0,059	0,034	0,089	0,053		
DEP	4,1	2,5	0,92	2,1		
DiBP	21,8	55,7	5,8	142,9		
DnBP	370,2	150,5	24,7	111,5		
BBzP	829,4	81,3	1,6	2563,6		
DEHP	17753	14489	9,4	3229,1		
DiNP	39612	13421	3	70292		
DiDP	11091	1574,4	0,55	24,5		
DPHP	1155,4	237,5	0,051	28,3		
Alternative plasticizers						
ATBC	1,2	16,7	0,089	1,2		
DEHA	201,9	142,4	0,59	2951,3		
DEHT	3,5	72,6	0,026	1,6		250000
DINCH	5	162,2	2,4	0,94		
TOTM	0,56	1,1	<LoQ	0,068		
Sum phthalates and alternative plasticizers	71049	30407	49	79349		250000

PFAS materiaaleissa

PFAS-yhdisteitä havaittiin kaikissa lattiamateriaalinäytteissä, katso Taulukko 15. Näytteistä analysoitiin seuraavat aineet, mutta niiden pitoisuudet olivat alle toteamisrajan: PFPrA, PFPeA, PFUnDA, PFTrDA, PFTeDA, PFHxDA, PFODA, PFPrS, PFPeS, PFHpS, PFNS, PFUnDS, PFDoDS, PFTrDS, FPrPA, FPePA, FHpPA, Gen-X, ADONA, 6:2 FTUA, 8:2 FTUA, 10:2 FTUA, PFOSA, Me-FOSAA, 8:8 PFPI ja diSAmPAP. Suurin materiaalien ja sisäilman PFAS-yhdistepitoisuus oli Vas2:ssa (3 182 ng/g) ja toiseksi suurin Vas1:ssä (394 ng/g). Pienin pitoisuus oli Vas8:ssa (1,73 ng/g). Pitoisuuksiltaan suurimmat PFAS-yhdisteet olivat 6:2PAP, 6:2/8:2 diPAP, 6:2diPAP, 8:2PAP, 8:2 diPAP ja Et-FOSAA. Näistä 6:2/8:2 diPAP:ia havaittiin kaikissa materiaalinäytteissä.

Taulukko 15. PFAS-yhdisteet lattiamateriaaleissa (ng/g).

(ng/g)	Vas1	Vas2	Vas7	Vas8
PFBA	0,91	<LoQ	<LoQ	<LoQ
PFHxA	12,21	5,82	0,18	1,21
PFHpA	1,01	2,59	<LoQ	<LoQ
PFOA	1,68	5,8	<LoQ	<LoQ
PFNA	0,56	0,86	0,51	0,24
PFDA	<LoQ	2,31	<LoQ	<LoQ
PFDoDA	0,67	1,34	<LoQ	<LoQ
PFBS	0,2	<LoQ	<LoQ	<LoQ
PFHxS	0,54	0,53	<LoQ	<LoQ
PFOS	2,24	24,46	<LoQ	<LoQ
PFDS	1,62	11,1	<LoQ	<LoQ
6:2 FTS	0,11	<LoQ	<LoQ	<LoQ
8:2 FTS	<LoQ	0,63	<LoQ	<LoQ
FOSAA	<LoQ	3,47	<LoQ	<LoQ
Et-FOSAA	17,76	198	2,26	<LoQ
6:2PAP	146,01	802	<LoQ	<LoQ
8:2PAP	121,05	470	<LoQ	<LoQ
6:2diPAP	27,87	602	14,39	<LoQ
6:2/8:2 diPAP	27,85	682	13,66	0,28
8:2 diPAP	31,76	369	7,55	<LoQ
6:6 PFPi	<LoQ	0,45	<LoQ	<LoQ
6:8 PFPi	<LoQ	0,21	<LoQ	<LoQ
Sum of PFAS	394	3182	38,5	1,73

Sisäilman tulokset

VOC-yhdisteet sisäilmassa

Taulukossa (Taulukko 16) on esitetty näytteissä havaitut VOC-yhdisteet. Seuraavien VOC-yhdisteiden pitoisuudet alittivat laboratorion raportointirajan kaikissa näytteissä: bentseeni, m-ksyleeni, 1,3,5-trimetyylibentseeni, 1-okten-3-oli, naftaleeni and kokonaisnonanoli. Formaldehydiä ei otettu mukaan analyysiin. Suurimmat VOC-yhdistepitoisuudet olivat Vas6:ssa ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja toiseksi suurimmat Vas1:ssä ($85 \mu\text{g}/\text{m}^3$). 2-etyyliheksanoli oli yleisimmin havaittu aine, ja sen pitoisuus oli suurin Vas6:ssa ja toiseksi suurin Vas4:ssä.

Taulukko 16. VOC-yhdisteet sisäilmassa tolueniekvivalenteina (µg/m³).

Toluene equivalents (µg/m3)	Vas1	Vas4	Vas6	Vas8
n-decane	<LoQ	<LoQ	<LoQ	0,7
α-Pinene	2,5	3,8	3,1	0,9
Toluene	0,9	1,3	1,1	2,5
n-hexanal	5,1	5,4	4,5	1,9
n-butanol	1,7	1,4	3,2	6,7
3-carene	1,6	2,4	1	<LoQ
Limonene	4,4	2	1,4	<LoQ
2-ethylhexanol	7,9	26	45	7,2
Benzyl alcohol	<LoQ	<LoQ	0,6	<LoQ
2,2,4-trimethyl-1,3-pentanol diisobutyrate (TXIB)	<LoQ	2,4	<LoQ	2,2
TVOC* (Total VOC) Toluene equivalents:	85	72	110	52

Hulevesinäytteenoton tulokset

Hulevesinäytteitä otettiin neljästä paikasta. Näytteenottopaikasta EL otettiin yksi näyte ja näytteenottopaikoista KA, ST ja GO kaksi kustakin. Lisätietoja näytteenottopaikoista on kohdassa Hulevesinäytteiden otto. Kaikissa näytteissä havaittiin ravinteita, metalleja, PFAS-yhdisteitä ja muovinpehmentimiä. Torjunta-aineita ja organofosfaatteja havaittiin vain muutamissa näytteissä. Nollanäytteiden analyysissä havaittiin sinkkiä ja muovinpehmentimiä, mutta ei muita aineita.

Näytteistä analysoitiin klooratut parafiinit, PCB-yhdisteet, TBT, MTBE, PAH-yhdisteet ja isotiatsolinonit, mutta niitä ei havaittu yhdessäkään näytteessä.

Ravinteet hulevedessä

Ravinteita havaittiin kaikissa näytteenottopaikoissa. Tulokset on esitetty taulukossa (Taulukko 17). Kokonaistyyppi oli melko samalla tasolla kaikissa näytteissä. Nollanäytteessä ei havaittu ravinteita.

Taulukko 17. Ravinteet hulevedessä.

(mg/l)	EL	KA1	KA2	ST1	ST2	GO1	GO2
NH4-N	<LoQ	0,026	0,017	0,035	0,026	0,035	0,054
PO4-P	0,061	0,068	0,058	0,051	0,049	0,13	0,15
Total P	0,085	0,078	0,065	0,055	0,07	0,12	0,14
Total N	0,87	0,79	0,6	0,65	0,8	0,67	0,74
NO23-N	0,16	0,27	0,11	0,31	0,36	0,34	0,37

Metallit hulevedessä

Kaikissa näytteissä havaittiin metalleja, katso Taulukko 18. EL:n näytteen kokonaismetallipitoisuus oli suurin (19 µg/l). Muiden kuuden näytteen pitoisuudet ja profiilit olivat melko samanlaisia: vain kadmium- ja sinkkipitoisuuksissa oli joitakin eroja. Bariumpitoisuudet olivat suurimmat kaikilla näytteenottopaikoilla, ja seuraavina tulivat sinkki ja kupari. Nollanäytteessä oli jonkin verran sinkkiä.

Taulukko 18. Metallit hulevedessä (µg/l). Huomaa, että nollanäyte sisälsi jonkin verran sinkkiä.

(µg/l)	EL	KA1	KA2	ST1	ST2	GO1	GO2	Blank
Arsenik	1,2	0,65	0,49	0,63	0,47	0,62	0,65	<LoQ
Barium	27	27	20	24	21	26	23	<LoQ
Lead	2,7	0,31	0,73	0,37	0,62	0,36	0,35	<LoQ
Cadmium	0,044	0,051	0,039	<LoQ	<LoQ	0,05	0,048	<LoQ
Cobolt	0,77	0,18	0,45	0,22	0,32	0,26	0,25	<LoQ
Copper	7,8	3,9	3,4	2,9	3,1	2,7	4,1	<LoQ
Chrome	3,6	0,65	1,3	0,73	1,2	0,63	0,64	<LoQ
Nickel	4,4	2,6	2,6	2	2,2	1,8	1,8	<LoQ
Vanadin	5,3	1,2	1,5	1,4	1,7	1,4	1,5	<LoQ
Zink	19	11	10	5,2	7,3	<LoQ	3,9	3

Organofosfaatit hulevedessä

Vain yhtä organofosfaattia, tris(1,3-dikloori-isopropyli)fosfaattia (TDCPP), havaittiin yhdessä näytteessä (ST2), ks. Taulukko 19. TBP, TEHP, TBEP, TCEP ja TCPP analysoitiin, mutta niiden pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan.

Nollanäytteessä ei havaittu organofosfaatteja.

Taulukko 19. Organofosfaatit hulevedessä (µg/l).

(µg/l)	EL	KA1	KA2	ST1	ST2	GO1	GO2
TDCPP	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	0,026	<LoQ	<LoQ

Biosidit hulevedessä

Torjunta-aineiden analysointia varten otettiin kolme näytettä. Torjunta-aineita analysoitiin 53, mutta analyyseissä havaittiin vain seitsemää niistä. Näytteistä analysoitiin seuraavat aineet, mutta niiden pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan: 2,4-dikloorifenoksietikkahappo, atratsiini, BAM (2,6-diklooribentsamidi), bifenoksi, bitertanoli, syanatsiini, desetyyliatratsiini, atratsiini-desisopropyli, 2,4-diklorproppi, dimetooatti, diuron, etofumesaatti, fenoksaproppi, fluoksipyyri, γ-heksakloorisykloheksaani (lindaani), hydroksiantraseeni, isoproturoni, kloridatsoni, kvinmerakki, MCPA, mekopropi, metamitroni, metatsakloori, metributsiini, metsulfuroni-metyyli, simatsiini,

terbutylatsiini, tifensulfuroni-metyyli, tribenuroni-metyyli, ETU (etyleenitiourea), desetyyli-desisopropyli-atratsiini, desetyyli-terbutylatsiini, kloridatsoni-desfenyyli, pirimikarbi, atsoksisitrobiini, metalaksyli, imidaklopridi, boskalidi, amidosulfuroni, DMST, fluopikolidi, karbendatsiimi, propoksikarbatsoni, terbutryyni, tiametoksaami ja triallaatti. Torjunta-aineista ei otettu nollanäytettä.

Taulukossa (Taulukko 20) on esitetty yhdessä tai useammassa näytteessä havaitut torjunta-aineet. KA2:ssa ei havaittu ollenkaan torjunta-aineita. GO2-näytteessä havaittiin kuutta ja ST2-näytteessä kahta torjunta-ainetta. Torjunta-aineista ei otettu nollanäytettä.

Taulukko 20. Torjunta-aineet hulevedessä (µg/l).

(µg/l)	KA2	ST2	GO2
AMPA	<LoQ	0,016	0,048
Bentazone	<LoQ	<LoQ	0,011
Glyphosate	<LoQ	<LoQ	0,039
Clopyralid	<LoQ	<LoQ	0,036
Hydroxyterbutylazine	<LoQ	0,011	<LoQ
DMS (N,N-dimethylsulfamide)	<LoQ	<LoQ	0,015
Propiconazole	<LoQ	<LoQ	0,011
Sum Pesticides	<LoQ	0,027	0,16

PFAS-yhdisteet hulevedessä

Kaikissa näytteissä havaittiin PFAS-yhdisteitä. Tulokset on esitetty taulukossa (Taulukko 21). Näytteistä analysoitiin haarautunut PFOA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFDS, PFOSA, PFPeS, PFHpS, PFNS, PFUnDS, PFDoDS ja PFTrDS, mutta niiden pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan.

Lähes kaikissa näytteissä PFBA-pitoisuus oli suurin ja sen jälkeen lineaarinen PFOA. Suurimmat kokonaispitoisuudet olivat EI:ssä ja Ka1:ssä, 13 ja 14 ng/l.

Taulukko 21. PFAS-yhdisteet hulevedessä (ng/l).

(ng/l)	EL	KA1	KA2	KA3 in	Ka3 out	KA4 in	KA4 out	ST1	ST2	GO1	GO2
PFBA	6,4	7,3	4,8	<LoQ	0,32	3,7	3,5	3,2	1,9	4,1	1,4
PFPeA	<LoQ	1,8	<LoQ	<LoQ	0,33	0,45	0,47	1,5	0,92	<LoQ	0,37
PFHxA	1,2	1,1	0,99	<LoQ	<LoQ	0,62	0,46	0,89	0,79	<LoQ	0,32
PFHpA	1	0,77	0,61	<LoQ	<LoQ	0,47	0,53	0,81	0,41	<LoQ	0,32
PFOA, linear	1,6	1,4	1,5	0,31	<LoQ	<LoQ	0,35	1,1	0,7	0,76	0,42
PFNA	0,5	<LoQ	<LoQ	1,4	0,66	1,1	1,7	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ
PFBS	0,51	0,47	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	0,5	0,35	<LoQ	0,36
PFHxS	0,41	0,32	<LoQ	<LoQ	<LoQ	0,74	1	<LoQ	<LoQ	0,97	0,63
PFOS, branched	0,61	0,48	0,48	<LoQ	<LoQ	0,45	0,38	0,37	0,48	<LoQ	0,23
PFOS, linear	0,79	0,27	<LoQ	0,43	0,42	0,37	0,49	<LoQ	0,83	<LoQ	0,33
6:2 FTS	<LoQ	<LoQ	1,1	<LoQ	<LoQ	0,37	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ
PFOA, total	1,6	1,4	1,5	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	1,1	0,7	0,76	0,42
PFOS, total	1,4	0,75	0,48	1,7	0,66	1,1	2,1	0,37	1,3	<LoQ	0,56
Total 4 PFAS LB	3,9	2,5	2	0,43	0,42	0,74	0,49	1,8	2	1,7	1,6
Total 11 PFAS LB	13	14	9,5	2,1	0,66	2,3	3	8,7	6,4	5,8	4,4
Total 21 PFAS LB	13	14	9,5	2,1	1,7	8,3	8,9	8,7	6,4	5,8	4,4
Total 22 PFAS LB	13	14	9,5	2,1	1,7	8,3	8,9	8,7	6,4	5,8	4,4

Muovinpehmentimet hulevedessä

Kaikista näytteistä, jopa nollanäytteestä, löytyi muovinpehmentimiä, ftalaatteja ja ftalaattien vaihtoehtoja, katso Taulukko 22. Näytteistä analysoitiin ftalaatti DiDP ja vaihtoehtoinen pehmenin DEHA, mutta niitä ei havaittu. Suurimmat kokonaispitoisuudet havaittiin näytteissä KA1 ja EL, 169 ng/l ja 138 ng/l. Nollanäytteessä havaittiin DEP:iä, DiBP:tä, DnBP:tä, DPHP:tä, ATBC:tä and TOTM:ää. EL:n, KA1:n ja ST2:n kokonaispitoisuudet olivat suuremmat kuin nollanäytteen.

Taulukko 22. Muovipehmentimet hulevedessä (ng/l).

(ng/l)	EL	KA1	KA2	ST1	ST2	GO1	GO2	Blank test
Phthalates								
DMP	6,68	1,46	0,988	1,34	2,74	3,94	2,91	<LoQ
DEP	19,4	6,27	<LoQ	5,22	4,7	7,05	7,25	5,4
DiBP	5,46	<LoQ	<LoQ	<LoQ	3,93	<LoQ	<LoQ	5,2
DnBP	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoQ	16,7	<LoQ	<LoQ	27,8
BzBP	0,264	<LoQ	<LoQ	<LoQ	0,329	<LoQ	<LoQ	<LoQ
DEHP	<LoQ	46,6	<LoQ	<LoQ	13,8	<LoQ	<LoQ	<LoQ
DiNP	75,5	<LoQ	<LoQ	3,8	3,06	<LoQ	<LoQ	<LoQ
DPHP	<LoQ	107	17,5	13,2	8,59	8,11	2	3,53
Alternative plasticisers								
ATBC	23,3	7,47	5,65	1,81	6,54	7,45	24,6	8,08
DEHT	3,34	0,495	9,56	0,932	1,58	0,595	1,07	<LoQ
DINCH	3,83	<LoQ	<LoQ	2,79	1,64	1,63	12,8	<LoQ
TOTM	<LoQ	<LoQ	5,8	0,391	<LoQ	<LoQ	<LoQ	0,83
Sum phthalates and alternative plasticizers	138	169	39,5	29,5	63,6	28,8	50,6	50,8

Aineet, joita hulevedessä ei havaittu

Hulevedestä analysoitiin bromatut palonestoaineet, klooratut parafiinit, tributyyliina (TBT), PCB-yhdisteet, öljytuotteet, polyaromaattiset hiilivedyt ja isotiatsolinonit, mutta niitä ei havaittu missään näytteistä.

Bromatut palonestoaineet

Kaikkien analysoitujen bromattujen palonestoaineiden (DekaBDE, HxBDE, PnBDE, TeBDE, TrBDE ja HpBDE) pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan kaikissa seitsemässä näytteessä.

Klooratut parafiinit

Hulevesinäytteissä ei havaittu lyhytketjuisia (SCCP) eikä keskipitkäketjuisia (MCCP) kloorattuja parafiineja. Kloorattuja parafiineja etsittiin EL1:stä, KA1:stä, ST1:stä ja GO1:stä.

Tributyyliina (TBT)

Hulevesinäytteissä ei havaittu TBT:tä.

PCB-yhdisteet

Seitsemästä näytteestä analysoitiin PCB-101:n (pentaklooribifenyyli), PCB-118:n (pentaklooribifenyyli), PCB-138:n (heksaklooribifenyyli), PCB-153:n (heksaklooribifenyyli), PCB-180:n (heptaklooribifenyyli), PCB-28 (triklooribifenyyli) ja PCB-52:n (tetraklooribifenyyli) pitoisuudet, ja pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan kaikissa näytteissä.

Öljytuotteet/öljy (MTBE)

Hulevesinäytteissä ei havaittu MTBE:tä.

Polyaromaattiset yhdisteet (PAH-yhdisteet)

Hulevesinäytteistä analysoitiin asenafteeni, asenaftyleeni, naftaleeni, antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, pyreeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(ghi)peryleeni, kryseeni ja trifenyleeni, dibentso(a,h)antraseeni ja indeno(1,2,3-cd)pyreeni. Kaikkien näytteiden pitoisuudet olivat alle havaitsemisrajan.

Isotiatsolinonit

Isotiatsolinonit olivat mukana toisella näytteenottokierroksella näytteissä KA2, ST2 ja GO2. BIT, CIT, DCOIT, MIT ja OIT analysoitiin, mutta niitä ei havaittu yhdessäkään näytteessä.

Tulosten tulkinta ja pohdinta

Tutkimuksen tavoitteena oli saada lisätietoa rakennuksista ja erityisesti Västeråsin esikouluista mahdollisesti vapautuvista aineista. Tarkoituksena oli saada laaja kuva esiintyvistä aineista ja tuloksia, jotka tulisi tulkita tilannekuvina. Johtopäätökset perustuvat tämän tutkimuksen tuloksiin ja vertailuun aiempien tutkimusten kanssa.

Sisätilojen pölyn, materiaalien ja ilman seulonnan tulkinta

Alustavat odotukset

Pölynäytteenoton tavoitteena oli vertailla vanhempien esikoulujen ja uudempien esikoulujen pölyn sisältämiä aineita. Uudemmat esikoulut (Vas3–Vas6), on sertifioitu Miljöbyggnad Silver -tason mukaisesti ja niissä olevat tuotteet on kirjattu Bygghälsöcertificeringen lokikirjaan. Tästä syystä pitoisuuksien odotettiin olevan pienempiä uudemmissa kuin vanhemmissa esikouluissa. Lisäksi odotettiin, että esikoulun materiaaleissa havaittuja aineita löytyisi myös saman huoneen pölystä. Toinen oletus oli, että aineet ja pitoisuudet olisivat samankaltaisia kuin Tukholmassa aiemmin otettujen pölynäytteiden tulokset (Langer, et al., 2020) (Langer, de Wit, Giovanoulis, Fäldt, & Karlsson, 2021) (Larsson, et al., 2017).

Johtopäätökset

Pöly- ja materiaaliseulontaa koskevat johtopäätökset

Verrattuna aiempiin tutkimuksiin, joissa analysoitiin esikoulujen pölyä (Langer, de Wit, Giovanoulis, Fäldt, & Karlsson, 2021) (Giovanoulis, et al., 2019) (Larsson, et al., 2018) tämän tutkimuksen tulokset olivat samankaltaisia (Giovanoulis, et al., 2024). Kunkin aineen tuloksia käsitellään jäljempänä.

Muovinpehmentimet pölyssä ja materiaaleissa

Lattiamateriaalista peräisin olevia pehmentimiä odotettiin löytyvän myös samasta esikoulusta otetusta pölynäytteestä. Säänneltyjen ftalaattien pitoisuuksien odotettiin olevan pienempiä uudemmissa esikouluissa kuin vanhemmissa esikouluissa.

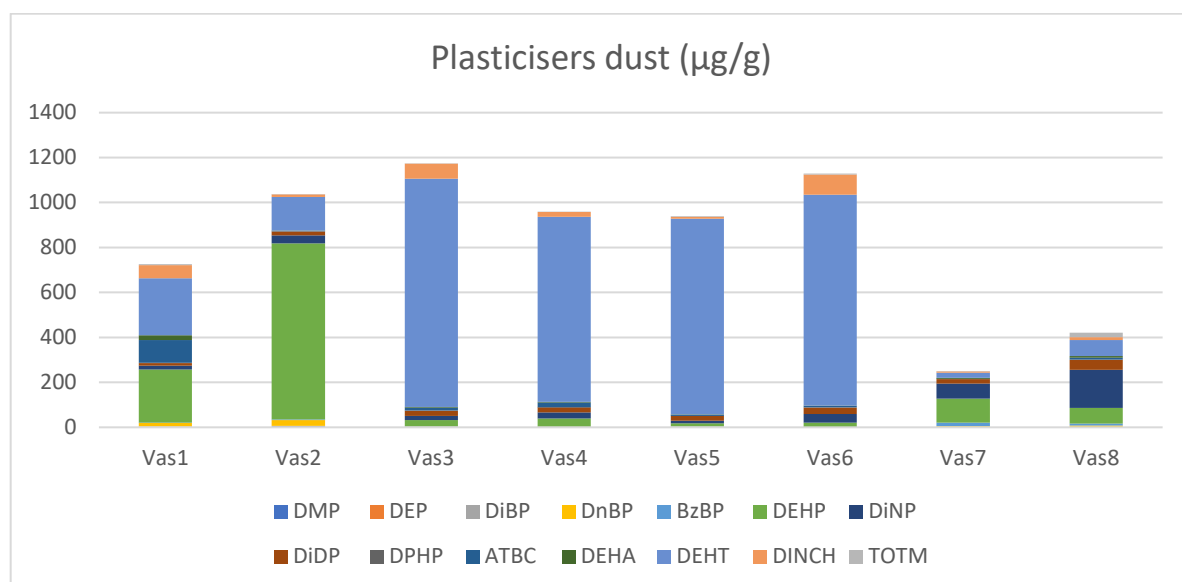
Pölyn ja materiaalien sisältämät muovinpehmentimet on esitetty kuvissa (Kuva 9 ja Kuva 10). Verrattaessa näitä lukuja voidaan havaita, että ainepitoisuudet pölyssä vastaavat lattiamateriaalien ainepitoisuuksia. Vanhemman esikoulun (Vas7-8) pölynäytteissä oli pienimmät muovinpehmentinpitoisuudet.

PVC-lattioissa käytetyt DEHP ja DiNP korvataan nykyään vaihtoehtoisilla pehmentimillä, kuten DEHT:llä. Tämä näkyy uudemmissa esikouluissa (näytteissä Vas3–4 ja Vas5–6), joissa sekä materiaalin että pölyn DEHT-pitoisuudet ovat suurempia kuin vanhemmissa esikouluissa.

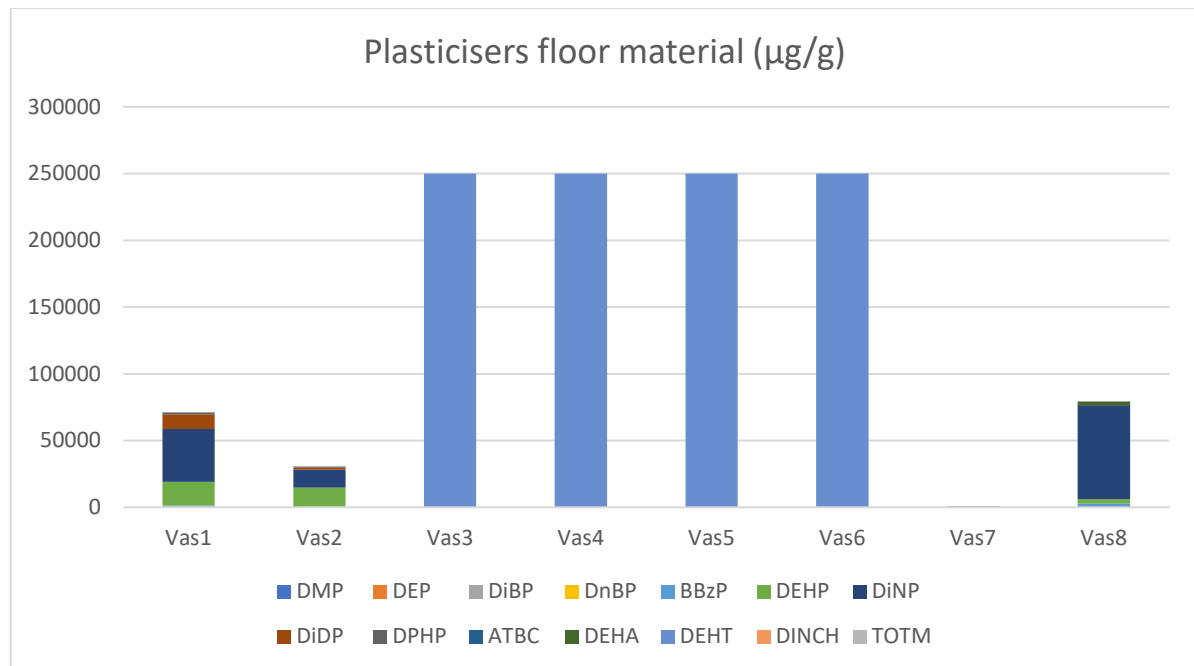
Lattiamaterialinäytteet Vas1 ja Vas7 otettiin lattiosta, joiden reuna oli taitettu seinää vasten, mikä on PVC-lattioiden yleinen asennustapa, ja mistä syystä on yllättävää, että Vas7:n ftalaattipitoisuudet olivat pienimmät. Vas1:n pitoisuus, 71 049 µg/g, vastaa 7,1 prosenttia, mikä oli myös odotettua pienempi pitoisuus. Aikaisemmissa tutkimuksissa (Karlsson, 2016) vuosina 1977–1980 asennettujen PVC-lattioiden ftalaattipitoisuuksiksi havaittiin 14–70 prosenttia.

Lattiamateriaalin lisäksi muita mahdollisia ftalaattien lähteitä rakennuksissa ovat valaistus, kaapelit, pinnoitteet ja tiivisteet (NonHazCity3, 2023). Myös esikoulutoiminnassa käytettävät tuotteet voivat lisätä muovinpehmentinpitoisuuksia pölyssä. Esimerkiksi muoviset lelut ja nuket on usein valmistettu PVC-muovista. Vanhemmat patjat voivat sisältää nykyään säänneltyjä ftalaatteja. Kaikkien Västeråsin kunnan esikoulujen patjat on kuitenkin vaihdettu vuosien 2017 ja 2021 välisenä aikana uusiin patjoihin, jotka eivät sisällä PVC-muovia tai ftalaatteja.

On hyvä merkki, että säänneltyjen ftalaattien, kuten DEHP:n, pitoisuudet ovat paljon pienempiä uudemmissa esikouluissa. On kuitenkin huolestuttavaa, että vaihtoehtoisten muovinpehmentimien, kuten DINCH:n ja DEHT:n, pitoisuudet ovat suurempia uudemmissa esikouluissa.



Kuva 9. Muovinpehmentimet pölynäytteissä.



Kuva 10. Muovinpehmentimet materiaalinäytteissä Taulukko 5 ja Byggvarubedomningenistä saadut tiedot, katso kohta Pölynäytteiden otto

Pölyä kerättiin erikoissuuttimella varustetulla pölynimurilla, johon oli liitetty suodatin. Jokaisen näytteen ottamiseen käytettiin uutta suodatinta ja suutinta. Hyllyt, ikkunalaudat ja muut noin 0,5 metriä lattiataason yläpuolella olevat pinnat imuroitiin.

PFAS-yhdisteet pölyssä ja materiaaleissa

PFAS-yhdisteitä esiintyy kaikkialla, joten niitä odotettiin löytyvän kaikista näytteistä. Esimerkiksi de la Torre A. ym. (de la Torre, Navarro, Sanz, & de los Martínez, 2019) ovat kuvanneet PFAS-yhdisteiden esiintymistä kolmen eurooppalaisen kaupungin talojen pölyssä. Lisäksi epäiltiin, että varsinkin linoleumilattioissa voisi olla eniten PFAS-yhdisteitä, joita niihin joutuu tahattomasti lattianhoitotuotteiden mukana.

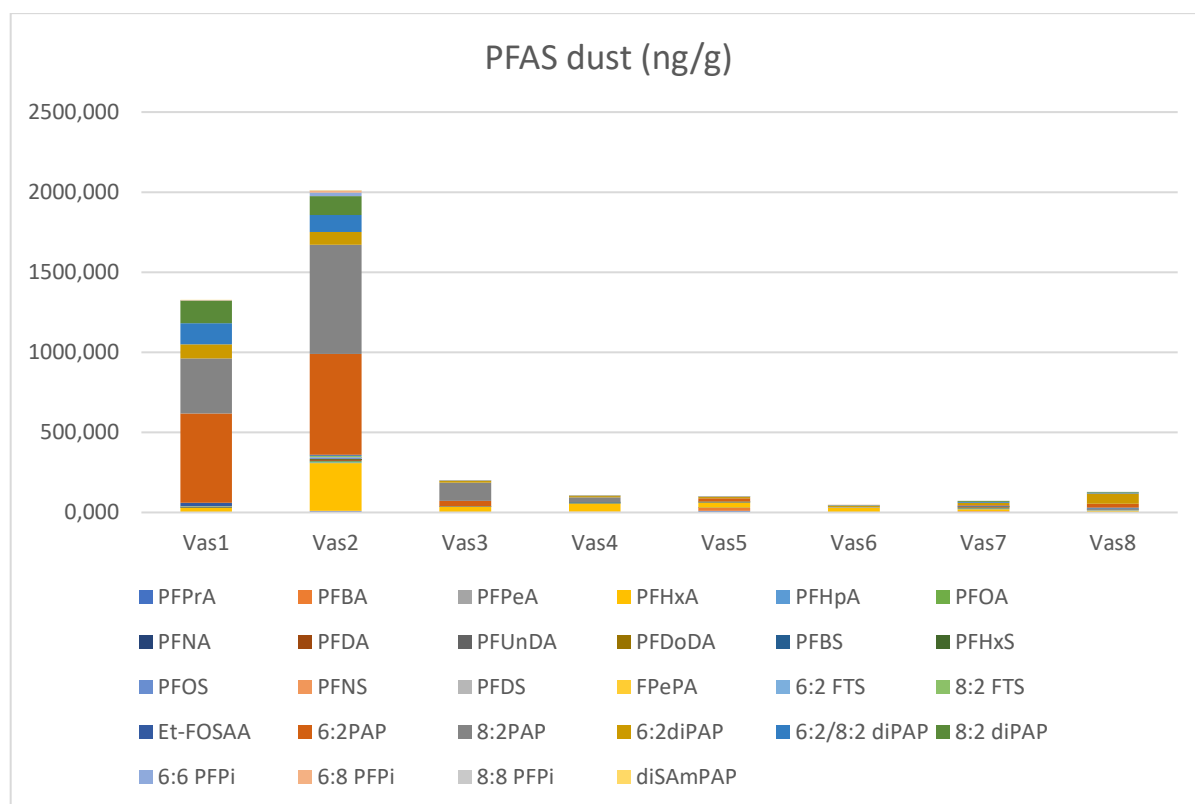
Oli yllättävää, että Vas1- ja Vas2-esikoulujen pölyn PFAS-pitoisuudet olivat paljon suurempia kuin muiden näytteenottoaikkujen. Vas1:n ja Vas2:n lattiamateriaalinäytteet ovat hyvin samankaltaisia kuin Vas1:n ja Vas2:n pölynäytteet, katso Kuva 11 ja Kuva 12. Lisäksi Vas7:n lattiamateriaali- ja pölynäytteiden PFAS-pitoisuuksien välillä on vastaavuus, vaikka se ei näykään kaavioissa. Viisi ainetta, joiden pitoisuudet Vas7:n pölynäytteessä olivat suurimmat, olivat kaikki niiden kuuden PFAS-yhdisteen joukossa, joita havaittiin Vas7:n materiaalinäytteessä. Sekä materiaalissa että pölyssä oli eniten 6:2diPAP:ia.

Tästä syystä oletetaan, että pölyssä havaittu PFAS-yhdiste voi olla peräisin lattiamateriaalista. Toisen vielä julkaisemattoman tutkimushankkeen alustavat tulokset ovat samankaltaisia: joidenkin lattia- ja pölynäytteiden PFAS-yhdistepitoisuudet ovat koholla. Lisätutkimukset PFAS-yhdisteistä lattiamateriaaleissa ovat tarpeen.

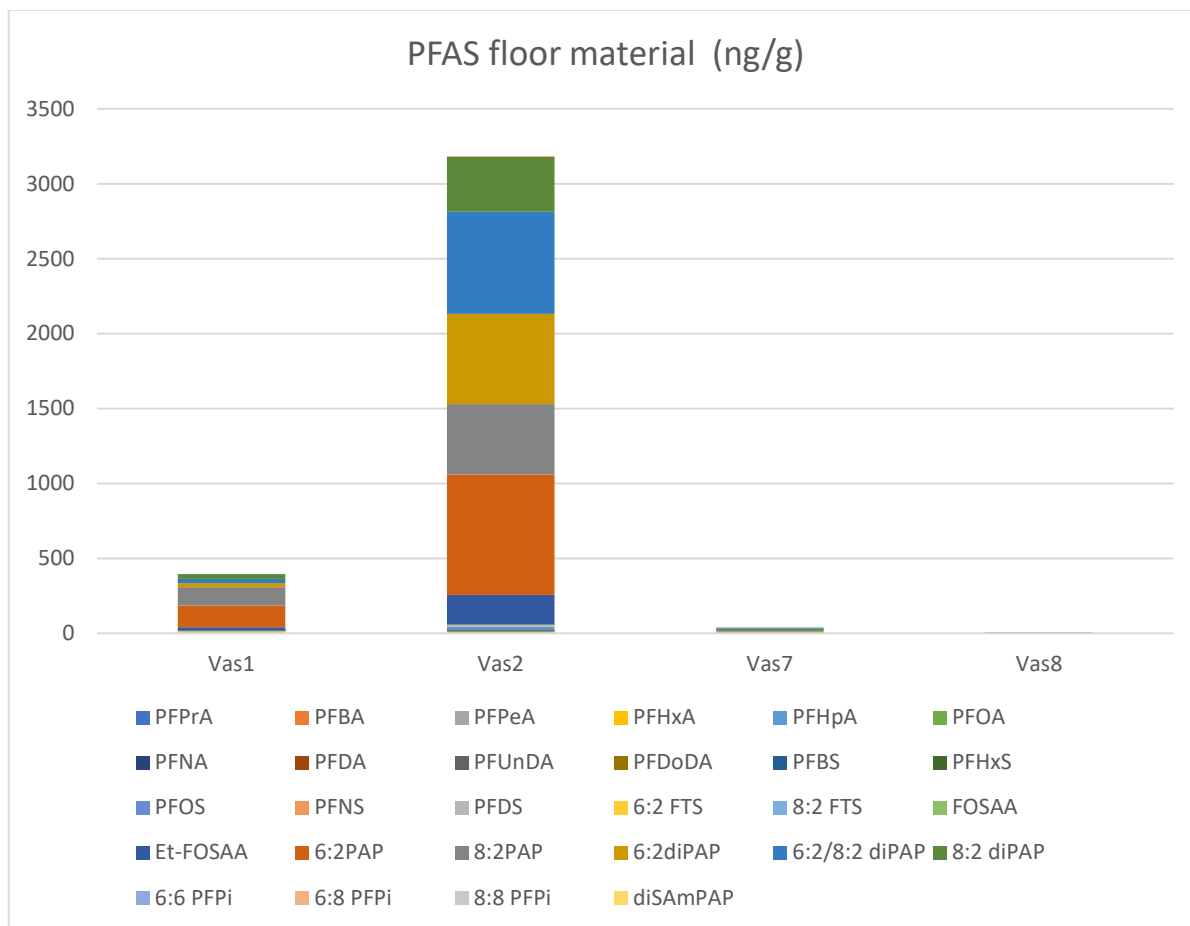
Lattiamateriaaliin saatetaan vahingossa lisätä PFAS-yhdisteitä siivouksen ja lattioiden hoidon yhteydessä. Vas1-2:ssa ja Vas7-8:ssa vanha lattia- ja poistettiin vuosien 2014 ja 2017 välisenä

aikana ja lattian pintaan lisättiin uutta vahaa. Lattianhoitotuotteet voivat sisältää PFAS-yhdisteitä, ja ne ovat hyvin todennäköinen lattiamateriaalien PFAS-yhdisteiden lähde.

NonHazCity 3 -hankkeen Rakennusmateriaalihakemistossa (Building material catalogue for tox-free construction, (NonHazCity3, 2023)) todetaan, että muita PFAS-yhdisteiden lähteitä rakennuksissa ovat tekstiilit, matot ja verhoilut, puulevyt, OSB- ja lastulevyt, puueristeet, sähkö- ja elektroniikkalaitteet, linoleumi, laminoidut lattianpäällysteet, muoviputket, eristysmateriaalit ja -vaahdot, maalit, laasti, pinnoitteet, tiivistysaineet ja rakennuskalvot. PFAS-yhdisteitä voi löytyä myös kierrätysmateriaaleista (NonHazCity3, 2023).



Kuva 11. PFAS-yhdisteet pölyssä, lähde Taulukko 6.



Kuva 12. PFAS-yhdisteet lattiamateriaaleissa, lähde taulukon Taulukko 15 tulokset.

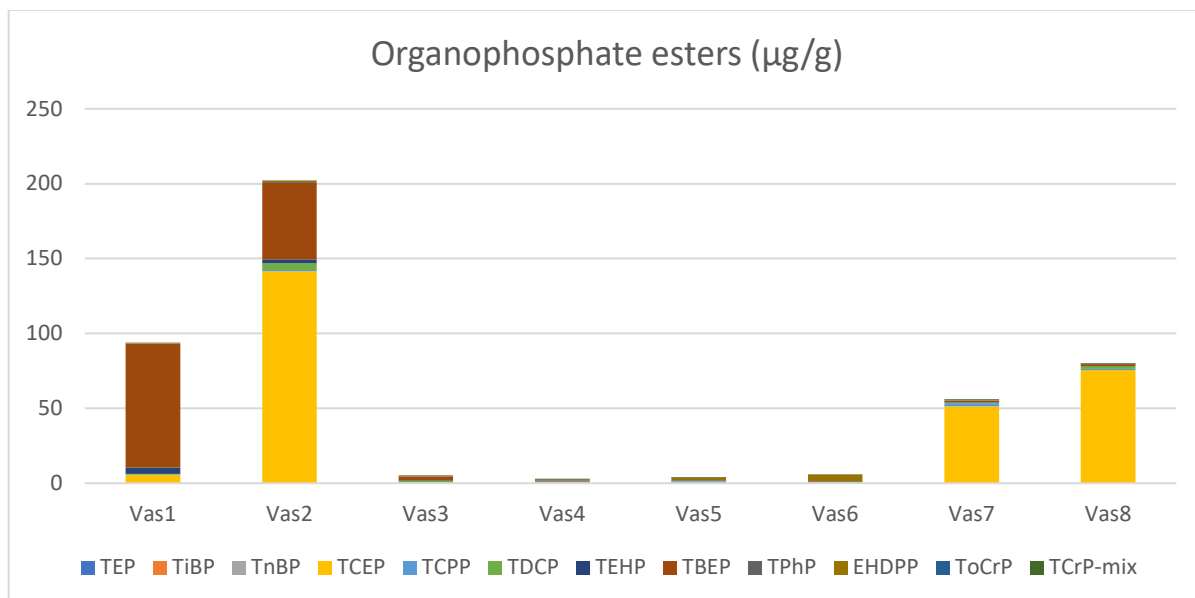
Organofosfaatit ja bromatut palonestoaineet

Oletuksena oli, että organofosfaattien ja bromattujen palonestoaineiden pitoisuudet olisivat suurempia vanhemmissa rakennuksissa.

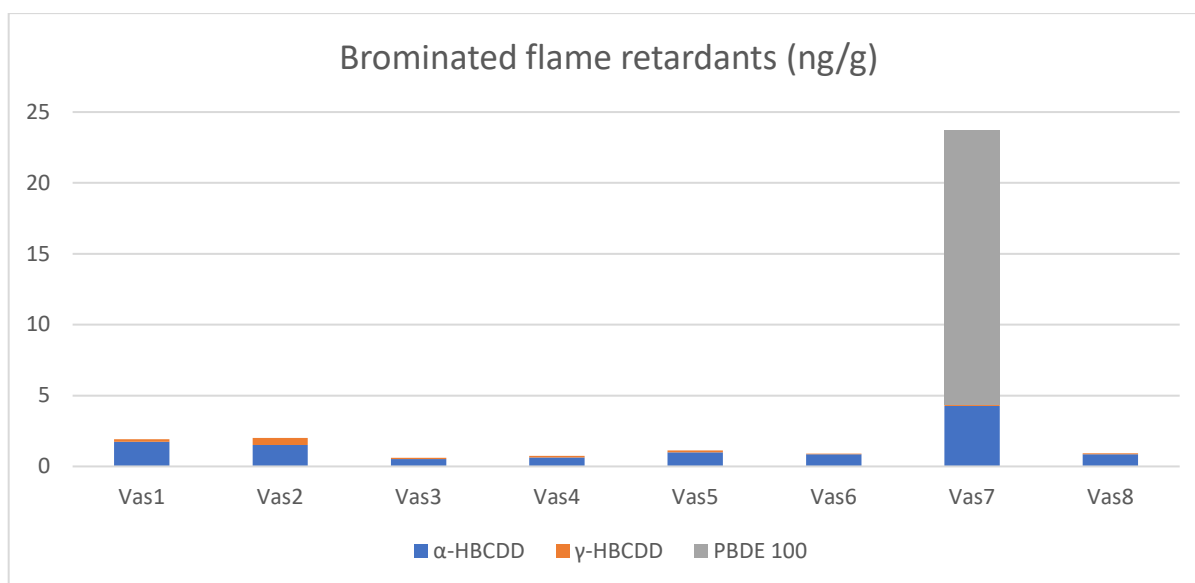
Kuvassa (Kuva 13) on esitetty organofosfaattipitoisuudet pölyssä. Organofosfaatit voivat olla peräisin lattianhoitotuotteista ja tuotteissa käytetyistä palonestoaineista. Vanhemmissa esikouluissa käytetyt patjat sisältävät usein vaahtomaisia organofosfaattipalonestoaineita, mutta Västeråsin esikouluissa käytetään uudempia patjoja, joiden ei pitäisi olla organofosfaattien lähde.

Kuvassa (Kuva 14) on esitetty bromattujen palonestoaineiden pitoisuudet pölyssä. Niiden lähteenä voivat olla sähkölaitteet ja valaisimet, eristysmateriaalit, muovimateriaalit, polymeerivaahdot jne. (NonHazCity3, 2023).

Vanhemmissa esikouluissa, Vas1-2:ssa ja Vas7-8:ssa, oli suurimmat organofosfaattien ja bromattujen palonestoaineiden pitoisuudet. Tämä oli odotettavissa, koska näitä aineita käytetään uudemmissa rakennuksissa säännösten ansiosta harvemmin. Vas7:n näytteenottopaikan vieressä sijaitseva sähkökaappi voi selittää Vas7:n näytteen kohonneet PBDE-pitoisuudet.



Kuva 13. Organofosfaatit pölyssä.



Kuva 14. Bromatut palonestoaineet pölyssä (ng/g). Huom.: TBBPA on esitetty yhdessä bisfenolien kanssa kuvassa (Kuva 15).

Bisfenolit

Bisfenolien A, S, F ja AF pitoisuudet olivat odotettua pienempiä ja TBBPA-pitoisuudet odotettua suurempia. Aikaisemman Tukholman esikouluissa tehdyn tutkimuksen näytteissä (Langer, et al., 2020) pitoisuudet olivat paljon suurempia kuin tässä tutkimuksessa. Jotkin TBBPA-pitoisuudet olivat kuitenkin Västeråsin näytteissä merkittävästi suurempia kuin Tukholman tutkimuksessa, katso Taulukko 23. TBBPA-pitoisuudet olivat suurimpia Vas2:ssa Vas8:ssa, katso Kuva 15.

Vas2:ssa näytteenottoaikana oli käytössä projektori, valopöytä ja muita pedagogisia valaisulaitteita. Nämä sähkölaitteet voivat olla pölynäytteiden TBBPA:n lähteitä.

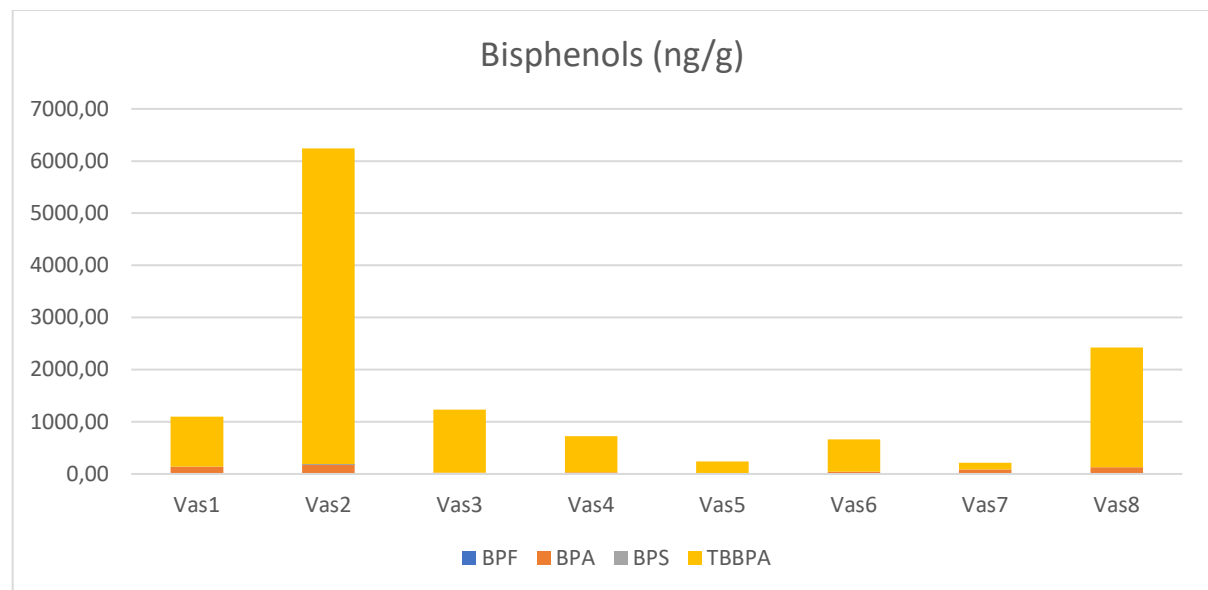
Pölyä kerättiin näytön takaa Vas3:ssa ja Vas4:ssä, mutta ei Vas5:ssä tai Vas6:ssa, mikä saattaa selittää, miksi Vas3:ssa ja Vas4:ssä oli korkeammat TBBPA-pitoisuudet kuin Vas5:ssä ja Vas6:ssa. Vas6 on samanlainen tila kuin Vas3 ja Vas4, mutta Vas5 on suurempi huone, jossa ei ole näyttöä.

Rakennuksissa voi olla myös muita TBBPA:n lähteitä. TBBPA on palonestoaine, jota käytetään usein elektroniikkalaitteissa sekä valaistus- ja ilmanvaihtotuotteissa (NonHazCity3, 2023).

Bisfenolien pitoisuudet olivat suurimmat Vas1:ssä, Vas2:ssa, Vas3:ssa and Vas8:ssa, mikä viittaa siihen, että uudempien esikoulujen pitoisuudet olisivat vähän pienempiä.

Taulukko 23. Näytteiden ja Tukholman aikaisempien näytteiden bisfenolipitoisuuksien vertailu. (Langer, et al., 2020)

(ng/g)	Västerås lowest – highest	Stockholm lowest – highest
BPA	15,4 – 162	250 – 1650
BPS	<LoQ – 17,3	<LoQ – 950
BPF	3,77 – 9,30	<LoQ – 140
BPAF	Not detected	<LoQ – 20
TBBPA	227 – 6057	218 – 645



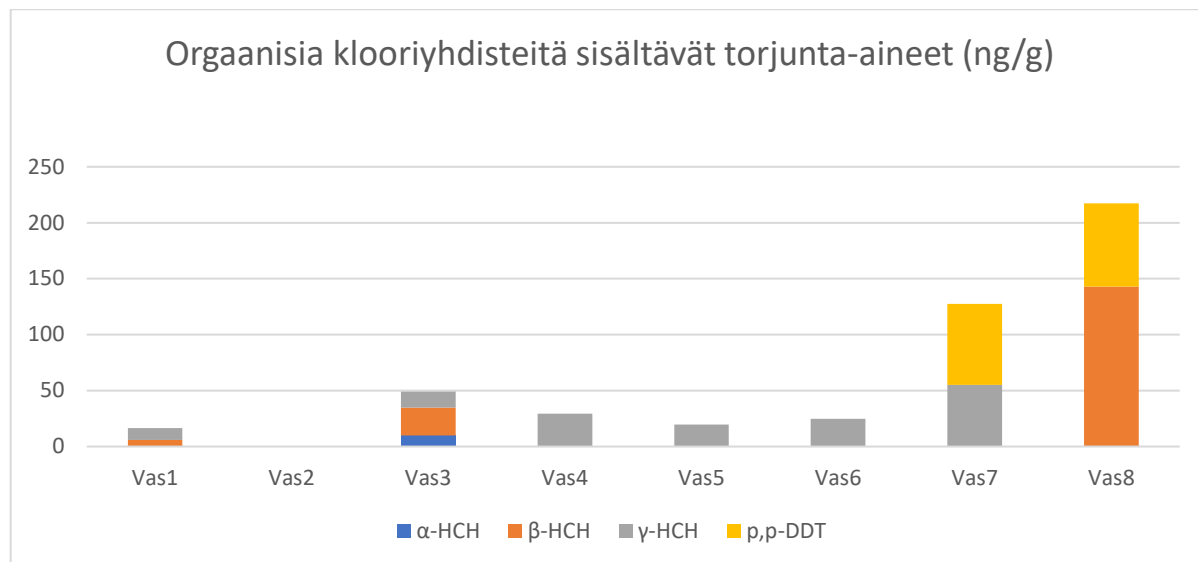
Kuva 15. Bisfenolit pölyssä

Orgaanisia klooriyhdisteitä sisältävät torjunta-aineet

Aikaisemmissa tutkimuksissa rakennuksissa on havaittu orgaanisia klooriyhdisteitä sisältäviä torjunta-aineita. Tanskalaisessa Bräuner ym:n (Bräuner, Mayer, Gunnarsen, Vorkamp, & Raaschou-Nielsen, 2011) tutkimuksessa analysoitiin kymmenen rakennuksen pölyä. Kahdessa niistä havaittiin suuria DDT-pitoisuuksia. Molemmat olivat yksityisasuntoja (rakennettu 1971 ja 1973). Seitsemässä rakennuksessa pitoisuudet olivat pieniä, 9–76 ng/g. Tutkijat mainitsivat kokolattiamatot mahdollisina DDT:n lähteinä. Tutkimuksen pienemmät pitoisuudet ovat samankaltaisia kuin Vas7-8:n tulokset, 72 ja 74 ng/g.

Bräuner ym. (Bräuner, Mayer, Gunnarsen, Vorkamp, & Raaschou-Nielsen, 2011) havaitsivat, että HCH-pitoisuudet olivat määrittämissä ja 11 ng/g:n välillä eli pienempiä kuin kaikissa näytteissä Vas2:ta lukuun ottamatta.

Uudemmissa esikouluista (Vas 3–4 ja Vas5–6) ei odotettu löytyvän DDT:tä tai HCH-yhdisteitä. On huolestuttavaa, että näitä aineita havaittiin uusissa rakennuksissa, vaikka pitoisuudet olivatkin pieniä.

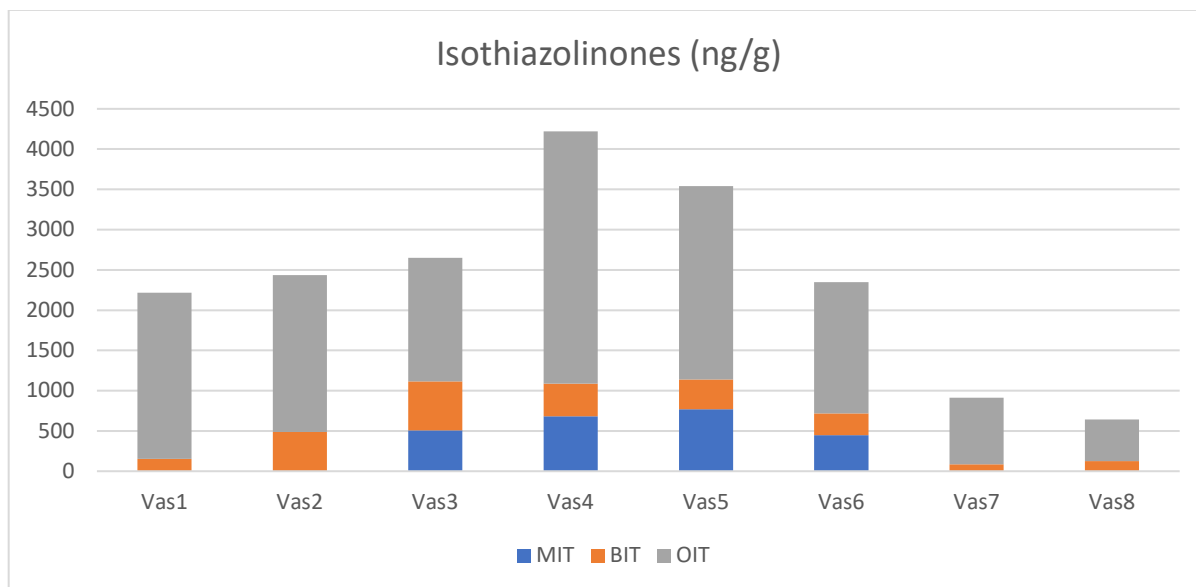


Kuva 16. Orgaanisia klooriyhdisteitä sisältävät torjunta-aineet pölyssä.

Isotiatsolinonit

Isotiatsolinonit ovat ryhmä säilöntäaineita, joita käytetään yleisesti vesiliukoissa maaleissa, tiivisteissä ja liimoissa (NonHazCity3, 2023). Kuvassa (Kuva 17) on esitetty isotiatsolinonien pitoisuudet pölyssä. Näitä säilöntäaineita vapautuu enemmän elinkaarensa alussa. Pitoisuudet olivat suurimmat Vas3–4:ssä ja Vas5–6:ssa, mikä oli odotettavissa, sillä ne ovat uusimmat rakennuksista.

Vas1-2:n ulkopinta on maalattu uudelleen vuonna 2018. Samaan aikaan myös osa sisätiloista maalattiin uudelleen, myös Vas1-näytteenottopaikka. Vas7-8:n ulkopinta ja Vas8:n sisätilat maalattiin uudelleen jossain vaiheessa vuosien 2021 ja 2022 aikana, joten niistä odotettiin löytyvän isotiatsolinoneja.



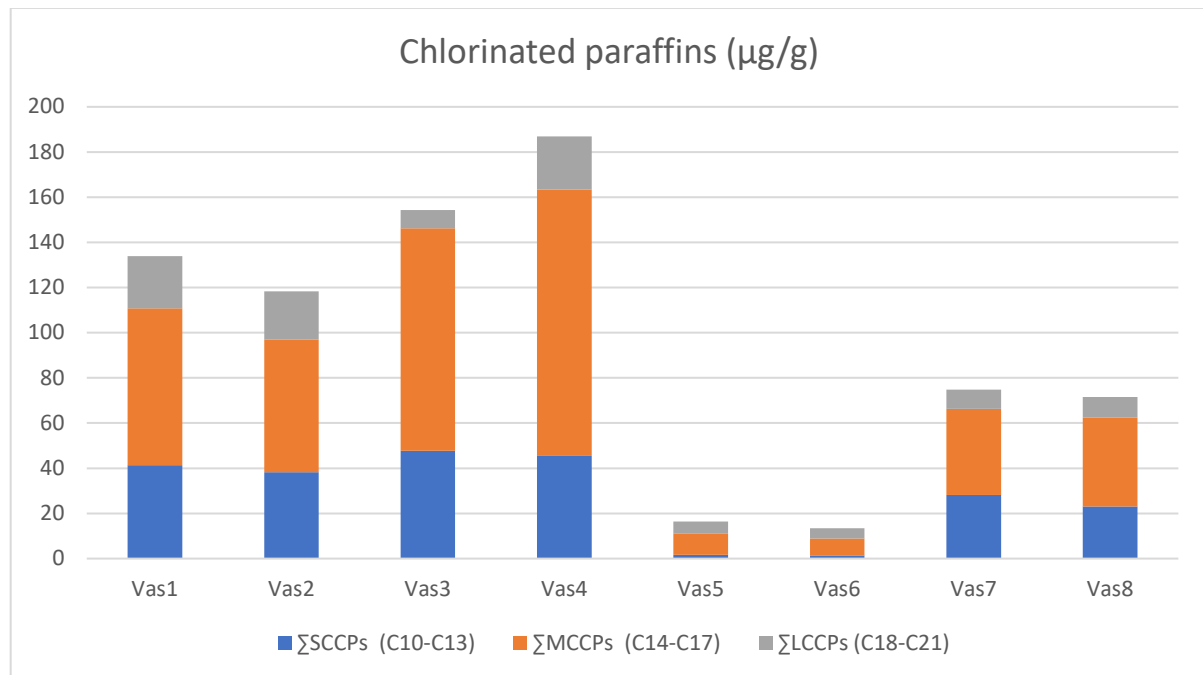
Kuva 17. Isothiazolinonit pölyssä.

Klooratut parafiinit

Kloorattuja parafiineja, joita käytetään muovinpehmentiminä ja palonestoaineina, esiintyy mm. PVC-muovi- ja kumituotteissa, maaleissa, tiivistysaineissa, liimoissa, polyuretaanivaahdoissa ja kloropreenituotteissa (NonHazCity3, 2023).

On positiivista, että uusimmassa esikoulussa, jota näytteet Vas5 ja Vas6 edustavat, kloorattujen parafiinien pitoisuudet olivat huomattavasti pienempiä kuin muissa esikouluissa, katso Kuva 18. On yllättävää, että toisissa uusissa esikouluissa (näytteet Vas3–4) pitoisuudet olivat niin suuria. Molemmat esikoulut ovat rakenteeltaan jokseenkin samanlaisia, mutta se, josta näytteet Vas3–4 on peräisin, valmistui noin puoli vuotta ennen sitä, josta näytteet Vas5–6 ovat peräisin.

Olisi erittäin kiinnostavaa tutkia tarkemmin kahden konseptiesikoulun Vas3–4 and Vas5–6) välisiä tuote- ja materiaalieroja, jotta saataisiin lisätietoa klooratuista parafiineista rakennuksissa.



Kuva 18. Klooratut parafiinit pölyssä.

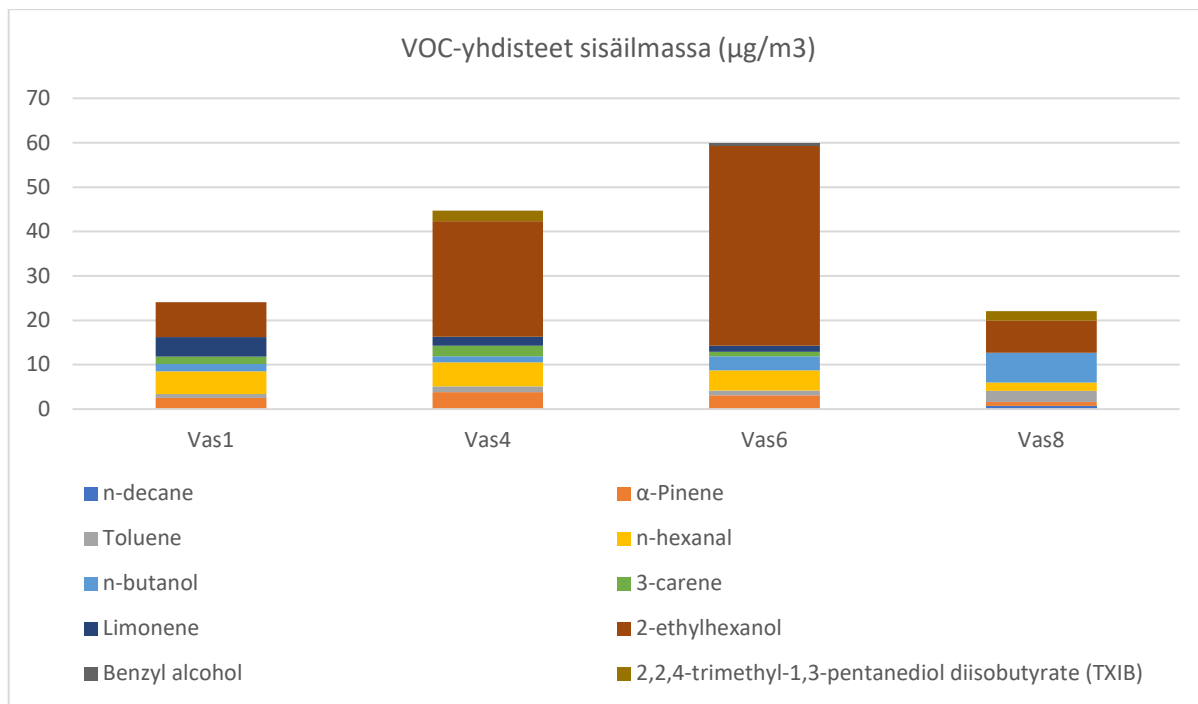
VOC-yhdisteet

Kaikkien näytteiden VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuudet olivat alle käytettävän raja-arvon $300 \mu\text{g/g}$, katso Giovanoulis G ym. (Giovanoulis, et al., 2024) ja Kuva 20. Suurin 2-etyyliheksanolipitoisuus oli Vas4:ssä, ja varsinkin Vas6:n tulos oli yllättävä. Vas6:ssa VOC-yhdisteiden näytteenottoputki oli roikkuvista kynistä koostuvassa koristeessa, katso Kuva 19. Epäiltiin, että kynistä saattoi vapautua 2-etyyliheksanolia, mikä saattoi vaikuttaa näytteenottoon. Asian tarkistamiseksi yksi kynistä lähetettiin laboratorioon tutkimuksia varten, ja siinä havaittiin kohonneita 2-etyyliheksanolipitoisuuksia (Egelrud, 2024). Näin ollen voidaan olettaa, että kynät vaikuttivat Vas7:n kohonneisiin pitoisuuksiin.

Tuotteista vapautuu suurempia pitoisuuksia VOC-yhdisteitä elinkaarensa alussa, mikä voi selittää, miksi Vas4:n ja Vas6:n VOC-yhdistepitoisuudet olivat suurimmat. Tulokset ovat samankaltaisia kuin tukholmalaisissa esikouluissa aiemmin tehtyjen seulontatutkimusten tulokset (Langer, et al., 2020).



Kuva 19. VOC-yhdisteiden näytteenottoputki oli asennettu värillisten kynien lähelle näytteenotto paikassa Vas6.



Kuva 20. VOC-yhdisteet esikoulujen sisäilmassa.

Hulevesinäyteseulonnan tulkinta

Alustavat odotukset

Odotuksena oli, että hulevedestä löytyisi jälkiä kaikista analysoiduista aineryhmistä ja että tulokset olisivat samankaltaisia kuin muiden hankekumppaneiden tulokset.

Johtopäätökset

Oli positiivista, että yleisesti ottaen aineiden pitoisuudet hulevesissä olivat pieniä ja joskus jopa alle havaitsemisrajan. Tämä voi johtua useista syistä.

- KA-, ST- ja GO-alueiden valuma-alueet ovat melko pieniä, ja niissä on pääasiassa hiljattain rakennettuja omakotitaloja, joissa on piha, tai rakenteilla olevia rakennuksia. Suuremmilla ja tiheimmin rakennetuilla alueilla hulevesipitoisuudet olisivat todennäköisesti suurempia.
- Kaikissa neljässä kohteessa suurin osa rakennuksista on omakotitaloja, joissa on omat pihat. Katoilta ja julkisivuista valuva sadevesi saattaa suodattua ruohon ja maaperän kautta.
- Hulevedet valuvat pääasiassa kasvillisuuden peittämissä avoimissa ojissa, jolloin vedenalainen kasvillisuus suodattaa hiukkasia ja haitta-aineita ennen kuin vesi pääsee näytteenottopaikkaan saakka. Myös kasvit saattavat imeä itseensä haitta-aineita ja poistaa niitä vedestä. Tätä on tutkittu esimerkiksi PFAS-yhdisteiden yhteydessä (Greger & Landberg, 2024).

- Hulevesilammikoihin ja -ojiin tulee vettä viereisiltä alueilta, joissa on puita ja peltoja, ja ne laimentavat rakennusten hulevesiä.

Hulevesiseulontaa koskevat johtopäätökset

Ravinteet

Ravinteita havaittiin kaikissa näytteenottopaikoissa. Gotössä hulevettä tulee maatalouskäytössä olevalta pellolta, mikä todennäköisesti selittää, miksi Gotössä oli suurin fosforipitoisuus. Muiden näytteenottopaikkojen kokonaisfosforipitoisuus oli enemmän samankaltainen kuin Svartån-joesta 2022 mitattu kokonaisfosforipitoisuus (Mälarenergi, 2022). Kaikkien näytteiden kokonaistyyppipitoisuus oli Svartån-joen vuoden 2022 pitoisuutta pienempi.

Rakennusmateriaaleja ei pidetä typen ja fosforin lähteenä. Tämän tutkimuksen ravinneanalyysi voi osoittaa, että ravinteita tulee muista lähteistä kuin rakennusmateriaaleista. Västeråsin kaupungin hulevesisuunnitelman (Västerås stad, 2023) mukaan huleveden typpi- ja fosforilähteitä ovat viemärien ylivuotovedet ja väärin yhdistetyt putket, lanta, teollisuus, pesuaineet ja ilmansaastelaskeuma.

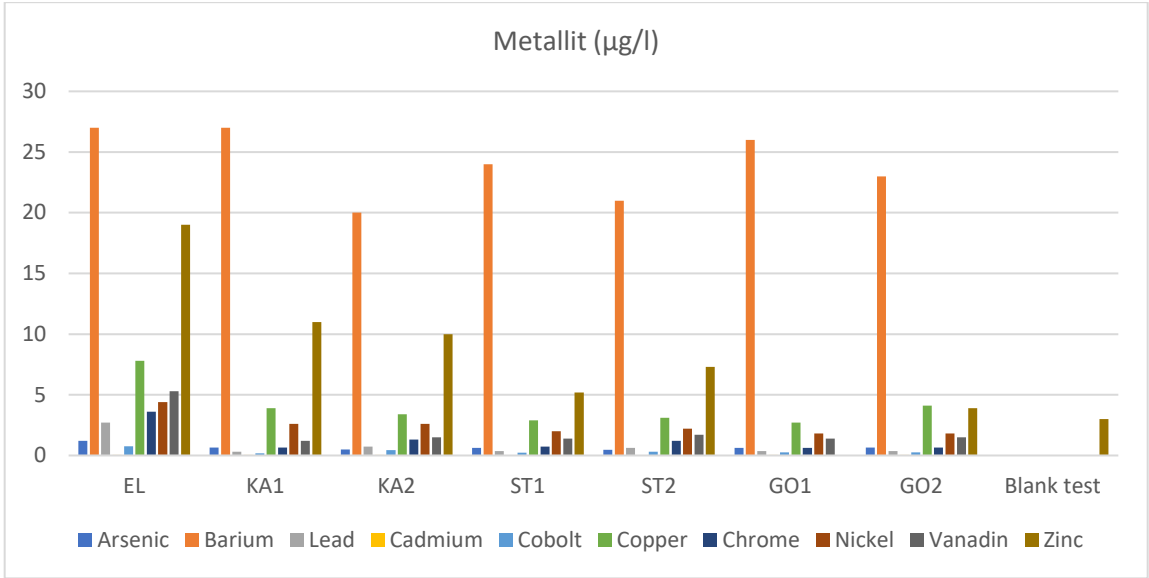
Metallit

Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että metallikattojen ja -räystäskourujen kaltaisista rakennusmateriaaleista päätyy metalleja huleveteen (Müller, Österlund, Nordqvist, Marsalek, & Viklander, Building surface materials as sources of micropollutants in building, 2019) (Müller, Mot hållbara val av byggnadsmaterial: Bidraget av föroreningar till avrinning vid regn och snösmältning, 2022). Västeråsissa pääasiallisen huleveden lyijyn, kuparin, kadmiumin, kromin, nikkelin, vanadiinin ja sinkin lähteen on oletettu olevan liikenne (Västerås stad, 2023) (Folkesson, 2005).

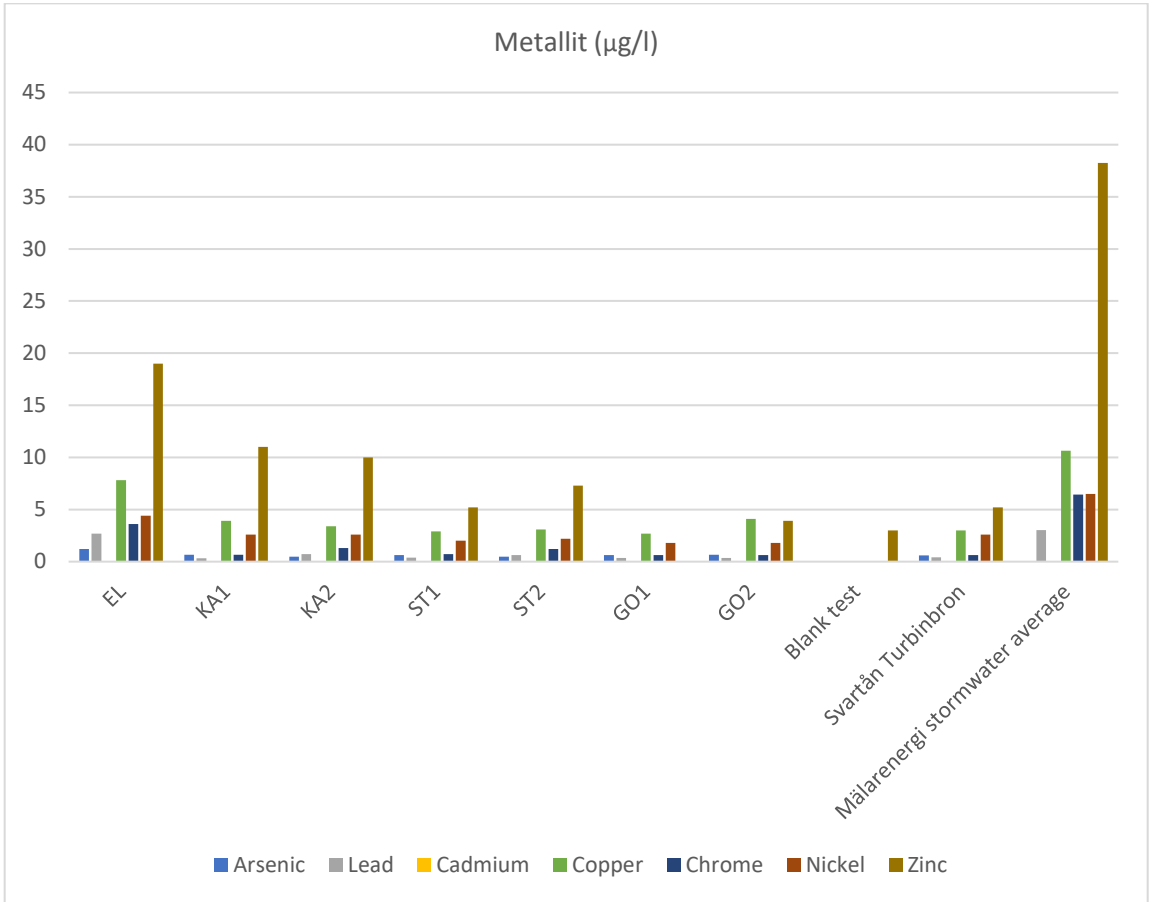
Kuvassa (Kuva 21) on esitetty pitoisuudet hulevesinäytteissä. Näytteenottopaikan EL valuma-alue on suurin, ja sinne valuu eniten vettä liikennöidyiltä teiltä. Tämä voi selittää, miksi EL:stä otetussa näytteessä oli suurimmat yllämainittujen metallien pitoisuudet.

Bariumpitoisuudet olivat suunnilleen samat kaikissa näytteissä, joten voidaan olettaa, että bariumin lähde ei ole sen paremmin rakennukset kuin liikennekään.

Kuvassa (Kuva 22) on verrattu metallipitoisuuksia Svartån-joen (Mälarenergi, 2022) ja Mälarenergin hulevesinäytteisiin (Mälarenergi, 2024). Svartån on Västeråsin keskustan läpi virtaava joki, joka laskee Mälaren-järveen. Mälarenergi on mm. jäte- ja vesihuollosta vastaava kunnallisyritys. Barium-, koboltti- ja vanadiinipitoisuuksia ei otettu mukaan kuvaan (Kuva 22), koska niitä ei analysoitu Svartånin ja Mälarenergin tutkimuksissa.



Kuva 21. Metallit hulevesinäytteissä.



Kuva 22. Metallit hulevesinäytteissä suhteessa Svartån-joen (Turbinbron-silta) ja Mälarenergin hulevesinäytteisiin. Barium-, koboltti- ja vanadiinipitoisuuksia ei otettu mukaan, koska niitä ei analysoitu Svartånin ja Mälarenergin tutkimuksissa (Mälarenergi, 2022) (Mälarenergi, 2024).

Organofosfaatit

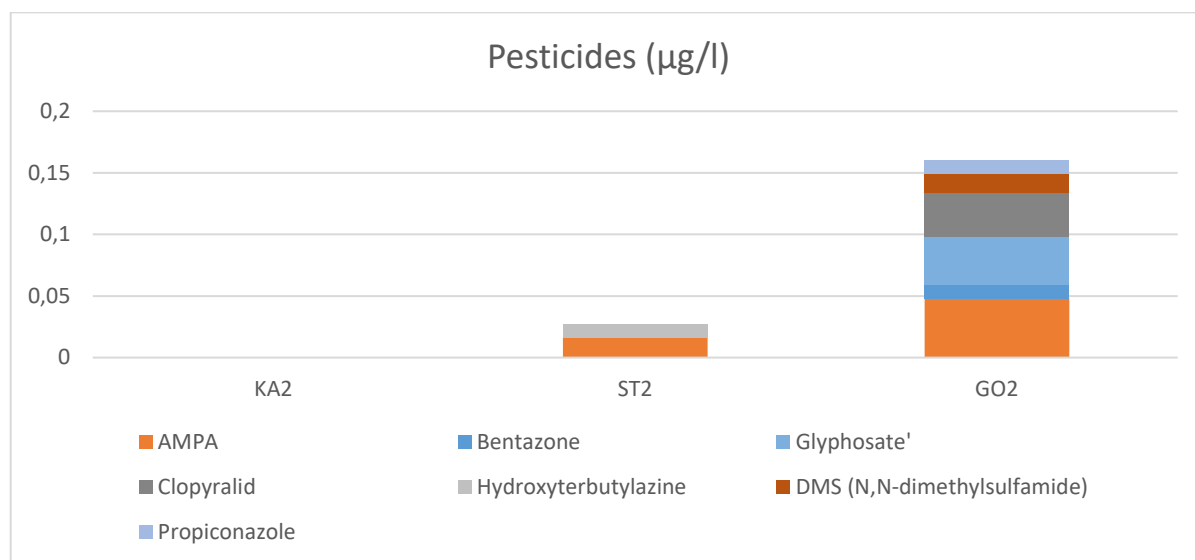
ST2-näytteen TDCPP oli ainoa havaittu organofosfaatti. ST2-näytteenottoaika on melko uudella asuinalueella, jota on rakennettu vuodesta 2012 lähtien. Kuvassa (Kuva 13) on esitetty, että vanhempien esikoulujen pölyn organofosfaattipitoisuudet olivat suurempia. Valuma-alueilla, joilla on vanhempia rakennuksia, saattaa olla suurempia orgaanisten fosfaattien pitoisuuksia hulevedessä.

Torjunta-aineet

Gotö 2 -näytteenottoaikalta johtavaan hulevesiviemäriin valuu vettä toiselta puolelta maatalouskäytössä olevilta pelloilta ja toiselta puolelta omakotitalojen pihoilta. Maataloustoiminta saattaa selittää, miksi Gotö 2 -näytteenottoaikalta havaittiin enemmän torjunta-aineita, katso Kuva 23. Glyfosaatti, AMPA (glyfosaatin metaboliitti), klopuralidi ja bentatsoni ovat rikkakasvien torjunta-aineita, joita on myös muissa tutkimuksissa havaittu pintavesissä (Linderöth, et al., 2016) (SGU, 2024).

DMS, terbutyyliatsiini-2-hydroksi ja propikonatsoli voivat olla peräisin puun- tai kasvinsuoja-aineista. DMS on sienimyrkkujen tolyylifluaniidi ja syatsofamidi metaboliitti (SGU, 2024), joita on käytetty sekä maataloudessa että puunsuoja-aineina. Tolyylifluaniidi ja syatsofamidi sisältävät PFAS-yhdisteitä, ja niiden käyttöä rajoitetaan nykyään tiukasti. Terbutyyliatsiini-2-hydroksi ja propikonatsoli voivat olla peräisin puunsuoja-aineista (Paijens, Bressy, Frère, & Moilleron, 2019). Euroopan kemikaalivirasto on hyväksynyt propikonatsolin puunsuoja-aineeksi.

Terbutyyliatsiini-2-hydroksia havaittiin vain näytteenottoaikassa ST2. Koska kyseinen asuinalue on rakennettu aiemmin maatalouskäytössä olevalle maalle, on mahdollista määrittää, voiko terbutyyliatsiini-2-hydroksi olla peräisin maataloustoiminnasta vai rakennusten ja muiden piharakenteiden puunsuojauksesta.



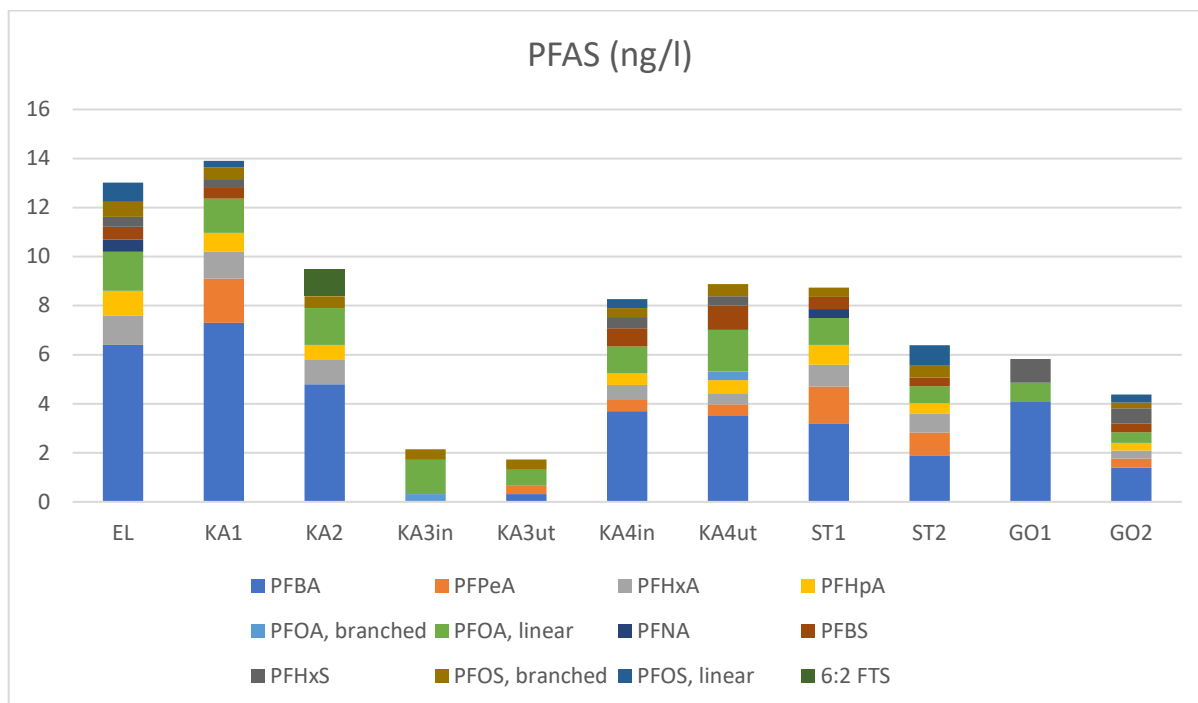
Kuva 23. Torjunta-aineet hulevedessä.

PFAS-yhdisteet

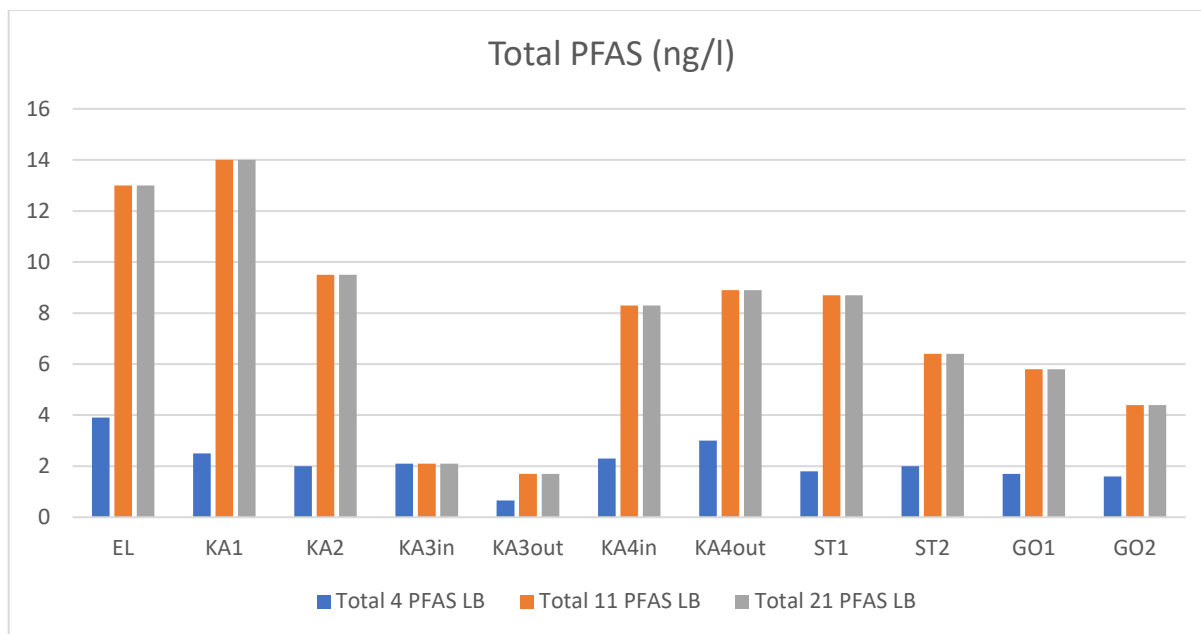
Näytteiden pitoisuudet pienenevät ensimmäisen ja toisen näytteenoton välillä kaikissa näytteenottopaikoissa. Myöhempien näytteiden KA3 ja KA4 pitoisuudet kasvoivat viimeisissä näytteissä. Pitoisuuksien ja ulkolämpötilan vertailu (Taulukko 4) osoittaa, että hulevesi sisältää enemmän PFAS-yhdisteitä, kun sää on lämpimämpi. Tämän hypoteesin todentamiseksi tarvitaan kuitenkin lisää näytteitä ja analyyskejä.

KAin:n ja KAout:n väliset erot ovat pieniä, mikä osoittaa, että rakennukset eivät ole merkittäviä PFAS-yhdisteiden lähteitä kyseisellä valuma-alueella. Lisätutkimukset ovat tarpeen.

Kaikkien näytteiden pitoisuudet alittavat Ruotsin nykyiset juomaveden raja-arvot ja myös vuoden 2026 raja-arvot, enintään 4 ng/l PFAS4:n osalta ja 100 ng/l PFAS21:n osalta. EL:n PFAS4:n kokonaispitoisuus oli suurin, 3,9 ng/l, mikä on lähellä 4 ng/l:n raja-arvoa. Kuvissa on esitetty yksittäisten PFAS-yhdisteiden pitoisuudet hulevedessä (Kuva 24) ja PFAS-yhdisteiden kokonaispitoisuus hulevedessä (Kuva 25).



Kuva 24. PFAS-yhdisteet hulevedessä (ng/l).



Kuva 25. PFAS-yhdisteet hulevedessä (ng/l).

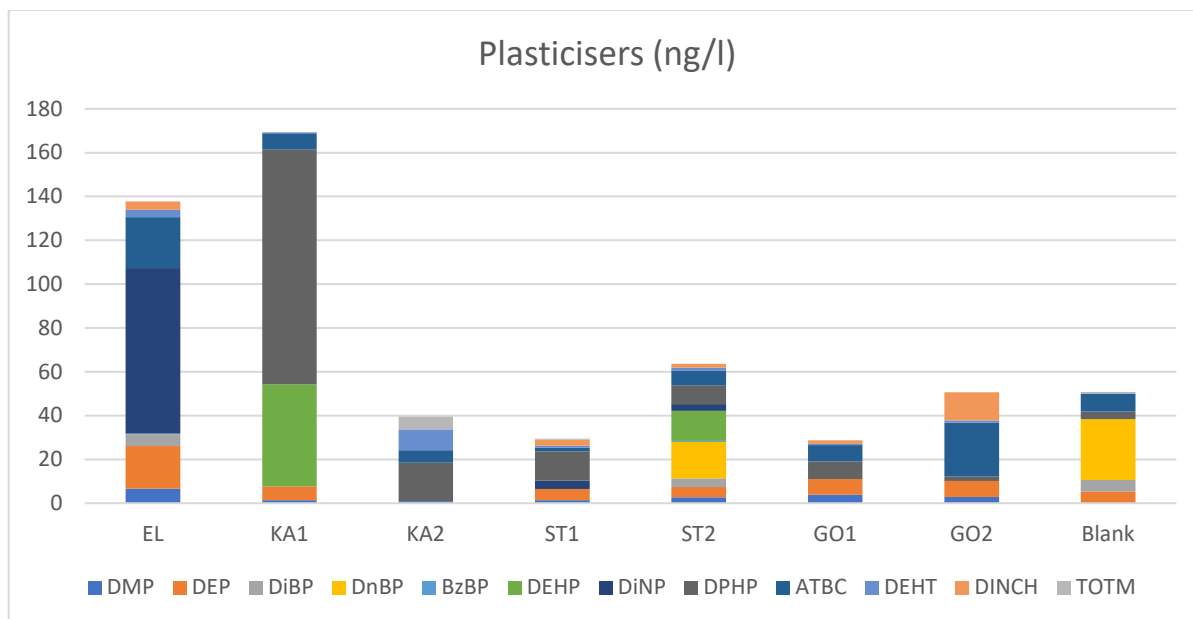
Muovipehmentimet

Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että rakennusmateriaaleista voi vapautua ftalaatteja (Müller, Österlund, Nordqvist, Marsalek, & Viklander, Releases of micropollutants from building surface materials into rainwater, 2023) (Björklund, Cousins, Strömwall, & Malmqvist, 2009).

Kuvassa (Kuva 26) on esitetty ftalaattien ja vaihtoehtoisten muovipehmentimien pitoisuudet hulevedessä. Suurimmat kokonaispitoisuudet havaittiin näytteissä KA1 ja EL, 107 ng/l ja 161 ng/l. Nollanäytteessä havaittiin joitakin muovipehmentimiä, jopa suurempina kokonaispitoisuuksina kuin KA2:ssa, ST:ssä, GO1:ssä ja GO2:ssa.

Tulokset osoittavat, että hulevesissä on muovipehmentimiä, mutta lisää näytteitä ja analyysijä tarvitaan.

Aiemmat jätevesinäytteet ovat osoittaneet, että jätevesissä on ftalaatteja (Gercken, et al., 2018). Mahdollinen johtopäätös on, että kotitalouksien jätevesien ftalaattipitoisuudet ovat suurempia kuin hulevesien. Voisiko pöly olla tärkein jätevesien ftalaattien lähde?



Kuva 26. Muovinpehmentimet hulevedessä.

Aineet, joita ei havaittu

On erittäin positiivista, että monia analysoituja aineita ei havaittu missään näytteessä. Ehkä aineita olisi havaittu enemmän, jos hulevedet eivät olisi laimentuneet muista hulevesilähteistä tulevilla virtauksilla.

Hulevesinäytteissä ei havaittu bromattuja palonestoaineita. Olisi mielenkiintoista jatkaa tätä tutkimusta tutkimalla hulevesilietettä.

Västeråsin kaupunki on pyrkinyt vähentämään TBT:n määrää Mälaren-järvessä erityisesti vaatimalla yksityisiä veneenomistajia poistamaan TBT:tä sisältävät maalit veneistään. On positiivista, että hulevesinäytteissä ei havaittu ollenkaan TBT:tä. Västeråsin kaupunki jatkaa työtään Mälaren-järven TBT-pitoisuuden pienentämiseksi.

PCB-yhdisteiden käyttö on ollut kiellettyä jo vuosia. Se, että hulevedessä ei havaittu PCB-yhdisteitä, osoittaa, että PCB-yhdisteitä koskevat säännökset ovat tuottaneet tulosta. Näytteenottoalueiden rakennukset on rakennettu PCB-yhdisteiden käytön kieltämisen jälkeen.

Se, ettei öljytuotteita (MTBE:tä) löydetty, osoittaa, että liikenne ei ollut saastuttanut näytteitä pahasti.

Polyaromaattisia PAH-yhdisteitä käytetään bitumilevyissä, tervapaperissa, bitumissa ja bitumipohjaisissa katteissa (NonHazCity3, 2023). Tervapaperikatot eivät ole harvinaisia Västeråsissa, mutta ne eivät ole yleisin katemateriaali valuma-alueilla, minkä vuoksi PAH-yhdisteitä olisi voitu havaita hulevesinäytteissä.

Isotiatsolinonipitoisuudet pölyssä olivat pieniä, enimmillään 4 µg/g. Hulevesiin päässeet isotiatsolinonit ovat todennäköisesti laimentuneet pitoisuuksiksi, jotka alittavat havaitsemisrajat.

Mahdolliset virheelliset lähteet

Vaikka tutkimuksen kohteena olivat aineet, joita tiedetään käytettävän rakennusmateriaaleissa esimerkiksi tutkimusten ja tietokantojen perusteella, ei ole mahdollista sulkea pois muista lähteistä (kuten maaperästä, ilmalaskeumasta ja liikenteestä) peräisin olevien aineiden vaikutusta.

Jatkotutkimuksia varten tehtävät parannukset

Tämän tutkimuksen hulevesinäytteet edustavat vain näytteenottoaikana ja -päivänä saatuja tuloksia. Tarkemman kuvan saamiseksi tarvitaan lisätutkimuksia.

Viitteet

- Björklund, K., Cousins, A. P., Strömvall, A.-M., & Malmqvist, P.-A. (2009). Phthalates and nonylphenols in urban runoff: Occurrence, distribution and area emission factors. *The Science of the Total Environment*, 16, 4665-4672.
- Bräuner, E. V., Mayer, P., Gunnarsen, L., Vorkamp, K., & Raaschou-Nielsen, O. (2011, March). Occurrence of organochlorine pesticides in indoor dust. *Journal of Environmental Monitoring*, 13, 522-526.
- de la Torre, A., Navarro, I., Sanz, P., & de los Martínez, M. Á. (2019). Occurrence and human exposure assessment of perfluorinated substances in house dust from three European countries. *Science of the Total Environment*, Volume 685, 308-314.
- Egelrud, L. (2024). *Analys av Inne-VOC; Objekt: Penna*. Stockholm: IVL Svenska miljöinstitutet AB.
- Folkesson, L. (2005). *Spridning och effekter av tungmetaller från vägar och vägtrafik. Litteraturöversikt*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Gercken, J., Caban, M., Pettersson, M., Wickman, T., Futter, M., & Ahrens, L. (2018). *Hazardous substance occurrence in the Baltic sea pilot municipalities*. NonHazCity .
- Giovanoulis, G., Ibrahim, R., Egelrud, L., Bello, M. A., Sjöblom, A., & Awad, R. (2024). *SVOC in preschools - Västerås, Dust and passive air samples from four preschools in Västerås*. IVL.
- Giovanoulis, G., Nguyen, M. A., Arwidsson, M., Langer, S., Vestergren, R., & Lagerqvist, A. (2019). Reduction of hazardous chemicals in Swedish preschool dust through article substitution actions. *Environment International* 130. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019311341?via%3Dihub>
- Greger, M., & Landberg, T. (2024). Removal of PFAS from water by aquatic plants. *Journal of environmental management*, 119895, 351. doi:10.1016/j.jenvman.2023.119895
- Karlsson, L. (2016). *Ftalater i damm och i PVC-golv på förskolor*. Stockholm: Miljöförvaltningen Stockholm stad. Retrieved from <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1847868>
- Langer, S., de Wit, C. A., Giovanoulis, G., Fäldt, J., & Karlsson, L. (2021). The effect of reduction measures on concentrations of hazardous semivolatile organic compounds in indoor air and dust of Swedish preschools. *Indoor Air*, 1673-1682.
- Langer, S., Fäldt, J., Jamtrot, A., de Wit, C., Fridén, U., Giovanoulis, G., & Thorsén, G. (2020). *Kemikaliesmart förskola: Kemikaliebelastning i tre förskolors innemiljö*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet. Retrieved from www.ivl.se/download/18.72fab6cc1761c7ad294966/1607343859164/C550.pdf
- Larsson, K., de Wit, C. A., Sellström, U., Sahlström, L., Lindh, C. H., & Berglund, M. (2018). Brominated Flame Retardants and Organophosphate Esters in Preschool Dust and Children's Hand Wipes. *Environmental Science and Technology*, 4878-4888.
- Larsson, K., Lindh, C. H., Jönsson, B. A., Giovanoulis, G., Bibi, M., Bottai, M., . . . Berglund, M. (2017). Phthalates, non-phthalate plasticizers and bisphenols in SwedishPhthalates, non-phthalate plasticizers and bisphenols in Swedish. *Environment International*. Volume 102, 114-124. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28274486/>

- Linderöth, M., Hellström, A., Lilja, K., Nordin, A., Hedman, J., & Klingspor, K. (2016). *Högfluorerade ämnen (PFAS) och bekämpningsmedel, En sammantagen bild av förekomsten i miljön, Redovisning av ett regeringsuppdrag*. Naturvårdsverket.
- Müller, A. (2022, December). Mot hållbara val av byggnadsmaterial: Bidraget av föroreningar till avrinning vid regn och snösmältning. *Ny forskning och teknik*, 13.
- Müller, A., Österlund, H., Nordqvist, K., Marsalek, J., & Viklander, M. (2019). Building surface materials as sources of micropollutants in building. *Science of the Total Environment*, 680, 190-197.
- Müller, A., Österlund, H., Nordqvist, K., Marsalek, J., & Viklander, M. (2023). Releases of micropollutants from building surface materials into rainwater. *Chemosphere*, 330.
- Mälarenergi. (2022). *Svartån och Västeråsfjärden: Miljörapport 2022 [Environmental report 2022]*. Västerås: Mälarenergi and SGS. Retrieved from <https://www.malarenergi.se/globalassets/dokument/miljorapporter/svartan-vasterasfjarden-2022.pdf>
- Mälarenergi. (2024). Personal e-mail with sampling data.
- NonHazCity3. (2023). *Building material catalogue for tox-free construction*. Retrieved from https://interreg-baltic.eu/wp-content/uploads/2024/01/NHC3catalogue_E1_2.pdf
- Paijens, C., Bressy, A., Frère, B., & Moilleron, R. (2019). Biocide emissions from building materials during wet weather:. *Environmental Science and Pollution Research*.
- SGU. (2024, 01 29). Retrieved from Handledning Bedömningsgrunder för grundvatten: <https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/bedomningsgrunder-for-grundvatten/grundvattnets-kvalitet--organiska-amnesgrupper/bekampningsmedel/>
- Västerås stad. (2023). *Handlingsplan dagvatten och dagvattenpolicy [Stormwater Action Plan and Stormwater Policy]*. Retrieved from www.vasteras.se/download/18.48d9a8fb18002859c225134f/1650528469843/%C3%84rende%207.%20Remiss%20-%20Handlingsplan%20dagvatten%20och%20dagvattenpolicy.pdf