

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

MAGISTRSKO DELO

**ZMANJŠANJE HLAPNIH ORGANSKIH SPOJIN PRI IZDELAVI
HIDROIZOLACIJSKEGA BITUMENSKEGA PREMAZA NA
PRIMERU PODJETJA FRAGMAT TIM d.o.o.**

KATARINA NOVAK

Varstvo okolja in ekotehnologije

VELENJE 2018

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

MAGISTRSKO DELO

**ZMANJŠANJE HLAPNIH ORGANSKIH SPOJIN PRI IZDELAVI
HIDROIZOLACIJSKEGA BITUMENSKEGA PREMAZA NA
PRIMERU PODJETJA FRAGMAT TIM d.o.o.**

KATARINA NOVAK

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor:izr. prof. dr. Viktor Grilc

Somentorica: Leonida Gaberšek, dipl. org. menedž.

VELENJE 2018

Številka: 727-2/2017-2
Datum: 26. 5. 2017

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O MAGISTRSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja **Katarina Novak** lahko izdela magistrsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Zmanjšanje količin emisij hlapnih organskih spojin pri izdelavi hidroizolacijskega bitumenskega premaza na primeru podjetja Fragmat Tim d.o.o.

Naslov magistrskega dela v angleškem jeziku:

Reduction of emission amounts of volatile organic compounds in manufacturing process of waterproofing bituminous primer in Fragmat Tim d.o.o company.

Mentor: **izr. prof. dr. Viktor Grilc.**

Somentorica: **dipl. org. menedž. Leonida Gaberšek.**

Magistrsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani/a Katarina Novak, z vpisno številko 34150075,

študent/ka dodiplomskega / podiplomskega (obkrožite) študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor/ica diplomskega dela z naslovom

Zmanjšanje hlapnih organskih spojin pri izdelavi hidroizolacijskega

bitumenskega premaza na primeru podjetja Fragmat Tim d.o.o.

ki sem ga izdelal/a pod mentorstvom izr. prof. dr. Viktorja Grilca in

somentorstvom dipl. org. menedž. Leonide Gaberšek.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral/a Valerija Jakopič;
- da dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne _____

podpis avtorja/ice

ZAHVALA

Za brezpogojno pomoč se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Viktorju Grilcu ter somentorici Leonidi Gaberšek in vsem zaposlenim v podjetju Fragmat Tim d.o.o, ki so mi z nasveti in napotki omogočili izdelavo magistrskega dela.

Posebna zahvala za sodelovanje gre tudi moji sodelavki Nataliji Grah, ki mi je nesebično in prostovoljno izrazila pomoč v obliki nasvetov in predlogov; ter celotnemu kolektivu programa hidroizolacij, ki so mi tekom izdelave magistrskega dela neutrudno pomagali s podajanjem potrebnih informacij in navodil.

Za konec bi se rada zahvalila tudi fantu Roku Koširju in mojim najbližjim sorodnikom ter vsem prijateljem za strpnost in oporo.

Svojo največjo hvaležnost pa želim izraziti mami, ki mi je venomer neomajno stala ob strani v vseh najtežjih trenutkih študija, kljub vsem težavam in problemom, s katerimi se vsakodnevno soočajo starši samohranilci.

IZVLEČEK

V magistrskem delu sem se osredotočila na raziskavo tehnoloških rešitev, ki bi omogočile čistejše proizvodne procese. Iskala sem nove tehnološke predloge, ki bi zmanjšali količine emisij hlapnih organskih spojin tekom izdelave bitumenskega premaza. V prvem delu magistrskega dela sem analizirala problematiko okoljskega vidika v procesu izdelave in vgradnje bitumenskega premaza. Preverila sem, na katerih proizvodnih področjih bi se lahko uvedle tehnološke adaptacije, ki bi omogočile zmanjšanje količin emisij hlapnih organskih spojin. V drugem delu sem preučila in analizirala zmožnost čiščenja emisij za vse potencialne rešitve v obliki tehnološke adaptacije vertikalne proizvodne linije za izdelavo bitumenskega premaza. Za zaključek sem analizirala finančni vidik vseh primernih rešitev in na podlagi teoretičnih izračunov določila, katera tehnološka adaptacija za zmanjšanje emisij hlapnih organskih spojin bi bila za podjetje Fragmat Tim d.o.o. najbolj ugodna.

ABSTRACT

In my master's thesis, I focused on researching technological solutions that would be suitable for cleaner production processes. I have researched for new technological options that would reduce the volumes of volatile organic compounds during the production of waterproofing bituminous primer. In the first part of my master's thesis I analyzed the problem of the environmental aspect in the process of making and installing waterproofing bituminous primer. I have done a research which production areas could be technological adjusted for reduction of emissions of volatile organic compounds. In the second part, I examined and analyzed all potential solutions in the form of a technological adaptation of the production line for the cleaning ability of emissions. To conclude, I analyzed the financial aspect of all suitable solutions and on the basis of theoretical calculations, determined which technological adaptation for minor emissions of volatile organic compounds would be for Fragmat Tim d.o.o. the most beneficial.

KLJUČNE BESEDE

Čistejši proizvodni postopki, hidroizolacijski bitumenski premaz, hlapne organske spojine, emisije onesnaževal zraka.

KEY WORDS

Cleaner production processes, waterproofing bituminous primer, volatile organic compounds, air pollutant emissions.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	9
1.1.	OPIS PROBLEMA, KI GA NAMERAVAM V DELU RAZISKATI	9
1.2.	NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA	10
1.2.1.	<i>Namen</i>	10
1.2.2.	<i>Cilji</i>	10
1.3.	HIPOTEZE DIPLOMSKEGA DELA	10
1.4.	METODE IN MATERIALI DELA	10
1.4.1.	<i>Metode dela</i>	10
1.4.2.	<i>Materiali dela</i>	11
2	OPIS DEJAVNOSTI PODJETJA FRAGMAT TIM D.O.O.	12
2.1	UPORABA HIDROIZOLACIJSKIH MATERIALOV V GRADBENI INDUSTRIJI	12
2.2	BITUMENSKI PREMAZI	13
2.3	BITUMENSKI HIDROIZOLACIJSKI TRAKOVI	14
2.4	BITUMEN	15
3	PROIZVODNJA BITUMENSKEGA PREMAZA	18
3.1	OKOLJSKI VIDIKI V PROCESU IZDELAVE BITUMENSKEGA PREMAZA	22
3.2	OPIS PROBLEMATIKE	25
3.2.1	<i>Vpliv proizvodnje bitumenskega premaza na okolje</i>	27
3.2.2	<i>Ocena vplivov premaza na okolje v času uporabe</i>	31
4	ZAKONODAJNE ZAHTEVE NA PODROČJU EMISIJ Hlapnih Organskih spojin	33
4.1	SPLOŠNA RAZLAGA O ZAKONODAJI NA PODROČJU EMISIJ Hlapnih Organskih snovi	33
4.2	IED DIREKTIVA NADOMESTI IPPC DIREKTIVO	34
4.3	OBVEZUJOČA ZAKONODAJA ZA PODJETJE FRAGMAT TIM D.O.O. NA PODROČJU UPORABE Hlapnih Organskih snovi	35
5	TEHNOLOŠKE REŠITVE ZA ZMANJŠANJE Količin emisij hlapnih organskih spojin pri izdelavi bitumenskega premaza	37
5.1	SODOBNE REŠITVE V SVETU	37
5.2	ISKANJE REŠITEV V FRAGMAT TIMU	43
5.2.1	<i>Sežiganje na bakli</i>	44
5.2.2	<i>Katalitska oksidacija oziroma katalitski sežig</i>	44
5.2.3	<i>Adsorpcija z uporabo filtra z aktivnim ogljem</i>	45
5.2.4	<i>Kondenzacija v kombinaciji z mokrim čistilnikom</i>	45

5.3	ANALIZA PREDLAGANIH REŠITEV ZA IMPLEMENTACIJO V FRAGMAT TIMU	46
5.3.1	<i>Analiza uporabe filtra z aktivnim ogljem</i>	46
5.3.1.1	Princip čiščenja emisij hlapnih organskih spojin z uporabo aktivnega oglja	46
5.3.1.2	Finančna vrednost začetne investicije	51
5.3.2	<i>Analiza izgradnje kondenzacijskega cevovoda od oddušne cevi mešalnika za izdelavo bitumenskega premaza do obstoječe čistilne naprave</i>	51
5.3.2.1	Opis čistilne naprave	52
5.3.2.2	Trenutni učinek čiščenja čistilne naprave podjetja Fragmat Tim d.o.o.	53
5.3.2.3	Sistem delovanja čistilne naprave	56
5.3.2.4	Opis principa zmanjšanja emisij hlapnih organskih spojin z izgradnjo kondenzacijske napeljave od pnevmatske naprave do čistilne naprave	57
5.3.2.5	Zmožnost čiščenja čistilne naprave ob nadgradnji cevovoda	58
5.3.2.6	Finančna vrednost začetne investicije	61
5.4	PRIMERJAVA MED UPORABO FILTRA Z AKTIVNIM OGLJEM IN IZGRADNJO KONDENZACIJSKE NAPELJAVE DO ČISTILNE NAPRAVE	62
6	RAZPRAVA IN SKLEP	64
6.1	SKLEP	68
7	VIRI LITERATURE	70
8	VIRI SLIKOVNEGA GRADIVA	72

KAZALO SLIKOVNEGA GRADIVA

Graf 1: Odvisnost med količinami emisij hlapnih organskih spojin in izdelanega bitumenskega premaza od 2010 do 2016	23
Graf 2: Sorazmerje med količino izdelanega bitumenskega premaza in višino ekološke takse med letom 2010 in 2016	24
Preglednica 1: Fizikalno-kemijske lastnosti bitumna	17
Preglednica 2: Snovne lastnosti ksilena	20
Preglednica 3: Snovne lastnosti White spirita	21
Preglednica 4: Bilanca uporabljenih organskih topil pri proizvodnji bitumenskih premazov	29
Preglednica 5: Rezultati meritev emisij hlapnih organskih spojin iz mešalnika za izdelavo bitumenskih premazov	30
Preglednica 6: Meritve ogljikovodikov pri hidroizolacijski izvedbi cestnih objektov	31
Preglednica 7: Splošni podatki o napravi za izdelavo bitumenskih premazov	35
Preglednica 8: Okoljevarstvena dovoljenja podjetja na področju onesnaževanja zraka	36

Preglednica 9: Pregled vseh kombinacij in tehnik za obvladovanje emisij zraka.....	41
Preglednica 10: Adsorpcija hlapnih organskih spojin (ksilena) na aktivno oglje	48
Preglednica 11: Rezultati meritev izpustov iz čistilne naprave.....	53
Preglednica 12: Koncentracije in pretoki emisij iz novejšje proizvodne linije Fragmat Tima d.o.o.	53
Preglednica 13: Pregled obeh tehnoloških predlogov za zmanjšanje količin emisij	63
Slika 1: Primer hidroizolacijskega premaza Ibitol HS.....	13
Slika 2: Primeri bitumenskih hidroizolacijskih trakov.....	14
Slika 3: Tekoči bitumen pri temperaturi primerni za obdelavo.....	16
Slika 4: Strjen in embaliran bitumen	16
Slika 5: Spiralno tračno mešalo v mešalniku za izdelavo bitumenskega premaza	19
Slika 6: IBC tank za skladiščenje ksilena.....	20
Slika 7: Dejavniki, ki vplivajo na stopnjo uporabe bitumna v Evropi	26
Slika 8: Trend proizvedenih količin bitumna [Mt] na globalnem nivoju za obdobje 2014 – 2022	26
Slika 9: Vertikalna proizvodna linija za izdelavo bitumenskega premaza.....	28
Slika 10: Emisije najpogostejših polutantov zraka v Evropi v obdobju 1990 – 2014.....	33
Slika 11: Prikaz sistema adsorpcije v aktivnem oglju.....	47
Slika 12: Diagram nasičenja adsorbenta	48
Slika 13: Splošni primer vgradnje segmenta filtra z aktivnim ogljem na oddušno cev	49
Slika 14: Shematski prikaz postrojitev proizvodnih linij in čistilne naprave.....	52
Slika 15: Sistem trenutnega odsesevalnega cevovodnega postroja	52
Slika 16: Čistilna naprava podjetja Fragmat Tim d.o.o.....	55
Slika 17: Kondenzirani hlapi organskih spojin in druge nečistoče na površini vode v čistilni napravi	56
Slika 18: Shema čistilne naprave	57
Slika 19: Točka kondenzacije ksilena pri normalnem tlaku	61
Slika 20: Napeljava cevovodov do čistilne naprave	61

1 UVOD

1.1. Opis problema, ki ga nameravam v delu raziskati

Slovenija dosega visok nivo proizvodnje nekaterih trajnostnih gradbenih materialov, kot so cement, keramika, malta, asfalt in seveda tudi izolacija (Zavod za gradbeništvo Slovenije, 2013), panoga in gradbeni postopki pa se v primerjavi s tujino ne razlikujejo kaj dosti.

Fragmat Tim d.o.o. se ponaša z nazivom dobrega proizvajalca izolacijskega materiala – tako termoizolacijskega kot hidroizolacijskega. Proizvajanje sedanjih hidroizolacijskih izdelkov temelji predvsem na osnovi bitumna, v katerega se dodajajo različni dodatki – organska topila. Posledično nastajajo okoljske problematike, ki se jim industrijska podjetja, vključno s Fragmat Tim-om, izrecno posvečajo. Tu mislim predvsem na težave izhlapevanja organskih topil, potencialne možnosti nastanka požara, transportni cikel in podobno.

Zasluge za široko doseganje tržišč po celotni Evropi gredo predvsem tehnologom in inženirjem, ki so naredili korak dalje pri razvoju naprednejših hidroizolacijskih izdelkov, pri čemer mislimo na hitrosušne bitumenske premaze, ki so na področju gradbeništva iskani in zelo zaželeni.

Vendar ta razvoj ne doprinese le k tržnim pridobitvam, ampak tudi k degradaciji okolja in poslabšanju delovnih razmer v procesu izdelave naprednejših hidroizolacijskih izdelkov. Zaradi hitrosušnih karakteristik se je razvila potreba po uvedbi nove surovine, to je organsko topilo ksilen. Ta je od white špirita, ki je v redni uporabi za izdelavo izdelkov, bolj vnetljiv in nevaren za uporabo. Poudarek bi temeljil na zmanjšanju količin emisij hlapnih organskih spojin tekom izdelave bitumenskih premazov, pri čemer bi ključno vlogo igrale čistejše proizvodne tehnologije. Te ekološko sprejemljive rešitve bodo ponudile oziroma zagotovile okolju prijaznejšo proizvodnjo bitumenskih premazov.

1.2. Namen in cilji diplomskega dela

1.2.1. Namen

V ospredju želim predstaviti trajnostno rešitev in možnost uvedbe čistejše proizvodne tehnologije na področju izdelave hidroizolacijskih bitumenskih premazov. Hkrati želim poudariti, da je s trudom, skupinskim delom in širšim pogledom na nove ideje mogoče doseči ekološke novitete na področju industrije gradbenega materiala.

1.2.2. Cilji

C₁: Analizirati ter opredeliti možnosti zmanjšanja količin emisij hlapnih organskih spojin v fazi izdelave hidroizolacijskih bitumenskih premazov.

C₂: Raziskati možnosti tehno-ekonomsko uravičene rešitve pri uvedbi tehnologij za zmanjšanje količin emisij hlapnih organskih spojin med proizvodnjo hidroizolacijskih bitumenskih premazov.

1.3. Hipoteze diplomskega dela

H1: Uvedba čistejših proizvodnih pristopov in tehnologij pri izdelavi hidroizolacijskega bitumenskega premaza zmanjša količine emisij hlapnih organskih spojin.

H2: Za podjetje je z ekonomskega vidika teoretično najbolj ugodna rešitev odsesavanje in zajem hlapov topil, ki nastanejo pri proizvodnji bitumenskega premaza.

1.4. Metode in materiali dela

1.4.1. Metode dela

Najpomembnejša metoda dela pri izdelavi magistrske naloge bo temeljila na pridobljenem znanju in pridobljenih podatkih v času opravljanja praktičnega usposabljanja, ki sem ga opravljala v Fragmat Tim-u d.o.o. Hkrati bo potrebno pridobiti podatke o emisijah hlapnih organskih snovi od pooblaščenega izvajalca na področju proizvodnje hidroizolacijskega bitumenskega premaza. Istočasno bo treba narediti analizo zakonodajnih zahtev, sodobnih tehnično-tehnoloških rešitev in interne literature v obliki poročil, navodil in rezultatov meritev.

1.4.2. Materiali dela

Magistrsko nalogo bom lahko izdelala s pomočjo računalniške opreme, analizo rezultatov meritev emisij hlapnih organskih spojin, kemijskega laboratorija in za slikovno dokumentiranje, tudi s pomočjo fotoaparata.

2 OPIS DEJAVNOSTI PODJETJA FRAGMAT TIM d.o.o.

Fragmat Tim d.o.o. je s konstantnim iskanjem novitet v asortimanu, oblikovanjem izdelkov in njihovim trženjem, razvojno usmerjeno podjetje, ki proizvaja izdelke za izolacijo objektov od temeljev do strehe. Kakovost in zanesljivost sta lastnosti, s katerimi želijo zadovoljiti pričakovanja kupcev in poslovnih partnerjev.

Začetki ustanovitve podjetja segajo v leto osamosvojitve Slovenije; dejavnost je temeljila na proizvodnji izolacij za hladilnice in panelnih fasadnih izolacij. Želja po razvoju in širitvi podjetja na različna tržišča je pripomogla k priključitvi mnogih družb, med katere je sodil tudi Tim Laško d.d., ki se je Fragmatu d.d. pridružil leta 2005. Različni izolacijski programi, med katere štejemo proizvodnjo termoizolacijskih izdelkov in hidroizolacijskih bitumenskih izdelkov, so omogočili nabor gradbenih materialov na lokalnem in meddržavnem nivoju ter s tem nadaljnjo rast podjetja. Z vključevanjem mnogovrstnih podjetij ter investiranjem v proizvodne tehnologije, so se podjetju odprle nove potencialne širitve asortimana izdelkov in znanja s področja gradbeništva na mnoge tuje trge, predvsem na območje jugovzhodne Evrope in še dlje. Od prvih začetkov proizvodnje hidroizolacij v času delovanja predhodnice, ljubljanske Izolirke, je minilo že 71 let. Uvedli so varilne bitumenske trakove, ki so vgradnjo in preostali hidroizolacijski sistem poenostavili, predvsem pa omogočili bolj varen pristop k izvedbi vgradnje (Kunič, 2011, str. 72).

2.1 Uporaba hidroizolacijskih materialov v gradbeni industriji

Bitumenski hidroizolacijski izdelki so sestavljeni iz različnih vrst bitumnov, ki se jim glede na lastnosti posameznega izdelka dodajo različni dodatki, različni nosilci (steklena tkanina, poliesterski filc) in površinske zaščite (Laboratorij kontrole kakovosti podjetja Fragmat Tim, 2016).

Osnovni in najpomembnejši dejavnik hidroizolacij je zaščita konstrukcij objekta in njegovih notranjih prostorov. Posledica odsotnosti ali pomanjkljivosti hidroizolacijskih sistemov sta vdor talne vlage, meteorne ali druge vode (Kunič, 2011, str. 138). Težave, ki se ob tem največkrat pojavijo, so vlažni zidovi, plesen, odpadanje ometa ali beleža, slaba toplotna izolativnost in drugi. Ti dejavniki poslabšajo kakovost bivanja in ogrožajo zdravje, hkrati pa zaradi potrebnih sanacijskih ukrepov nastanejo obremenjujoči finančni stroški (Kunič, Podobnikar, 2011, str. 8).

2.2 Bitumenski premazi

To so osnovne raztopine bitumna, ki v večini temeljijo na organskih topilih. Topilo v bitumenski raztopini omogoča izdelavo tankih nanosov in omogoča hitrejše sušenje, na podlagi pa ostane zelo tanek sloj bitumna. Ker je viskoznost raztopine nizka, takšen premaz dobro prodre v razpoke in pore betona ter s tem daje možnost dobrega oprijema ostalih slojev hidroizolacij. Uporabljajo se kot osnovni bitumenski prednamazi za vse vrste površin, kamor se nato namerava vgraditi bitumenska hidroizolacija. So osnovni premazi, katerih nanos na različne gradbene podlage je obvezen, če želimo zagotoviti učinkovite in kakovostne hidroizolacijske sisteme. Vgrajuje se s premazovanjem z valjčkom ali ščetko na očiščeno, suho in odprašeno podlago. Premaz je pri sobni temperaturi v tekočem agregatnem stanju, njegova poraba pa je od 0,2 do 0,3 l/m² (Laboratorij kontrole kakovosti podjetja Fragmat Tim, 2016).



Slika 1: Primer hidroizolacijskega premaza Ibitol HS

Vir: Fragmat Tim d.o.o., 2017

Vizualno je premaz temno rjava tekočina, katere vonj spominja na vonj po nafti. Hladni bitumenski osnovni premaz je sestavljen iz najmanj 48% topila, bitumna in stabilizatorja.

Zaradi prisotnosti organskega topila je premaz vnetljiv, hkrati pa vsebuje visok delež hlapnih snovi (HOS), kar pomeni, da ga v skladu s 4. členom Zakona o prevozu nevarnega blaga uvrščamo med nevarno blago in je potrebno zagotoviti varen prevoz tovrstnega blaga (Uradni list RS, št. 33/06). V končni fazi bitumenski premaz vsebuje tudi 0,15 – 5,6 mg/m³ policikličnih aromatskih ogljikovodikov, ki so za okolje in zdravje nevarne snovi (Laboratorij kontrole kakovosti podjetja Fragmat Tim, 2016).

2.3 Bitumenski hidroizolacijski trakovi

Enostavno povedano jih sestavljata nosilec in obojestransko obložena bitumenska masa. Nosilci zagotavljajo določene lastnosti, ki pa so odvisne od vrste konstrukcije – stekleni voal, poliesterski filc, steklena tkanina in aluminijasta folija (Laboratorij kontrole kakovosti podjetja Fragmat Tim, 2016). Na obeh straneh površine traku je potrebna še dodatna polimerna ali silikonizirana folija, da se trak, ki je zvit v zvitke, zaščiti pred možnim zlepljenjem.

Bitumenski hidroizolacijski trakovi se v gradbeni industriji uporabljajo kot pglavitni element hidroizolacijskih sistemov, med katere štejemo: hidroizolacijo temeljev, betonskih tal, ravnih streh, premostitvenih objektov, hidroizolacijo proti talni vlagi in hidroizolacijo proti atmosferskim vplivom (Kunič, Podobnikar, 2011, str. 10).

Uporaba bitumenskih hidroizolacijskih trakov ima mnoge prednosti; najpomembnejša je obstojnost pri nizkih in visokih temperaturah. To omogoča prožnost in prilagajanje nestabilnim podlagam, pri čemer gre največkrat za posedanje. Ker so trakovi izdelani na podlagi bitumna, je zagotovljena tudi odpornost proti staranju, kar omogoča daljšo življenjsko dobo hidroizolacijskih sistemov. Hidroizolacijski sistem v grobem sestavljata bitumenski premaz in hidroizolacijski trak. Hidroizolacijski trakovi so naviti v role dolžine 7,5 m ali 10 m in širine 1 m, zalepljene z lepilnima trakovoma, kamor se doda še etiketa o izdelku.



Slika 2: Primeri bitumenskih hidroizolacijskih trakov
Vir: Fragmat Tim d.o.o., 2017

2.4 Bitumen

Bitumen je v osnovi naftni derivat, ki je končni rezultat njene frakcionirane destilacije nafte, vendar pa njegova točna kemična sestava ni jasno opredeljena. Lahko ločimo le primarne kemijske spojine, pri katerih mislimo na molekule različnih nasičenih ogljikovodikov, ki imajo lastnost razvejanosti dolgih verig. Pri sobni temperaturi je v trdnem stanju in je kemijsko inerten. V vročem stanju (nad 150 °C) je tekoč, zato je potrebno pri rokovanju z njim uporabljati ustrezna zaščitna sredstva. Naj omenim, da je kakovost bitumna odvisna tudi od lokacije črpališča nafte in njene kakovosti. Bitumni se razlikujejo predvsem glede na gostoto, ki se meri s penetracijo igle s testno metodo SIST EN 1426:2007. Penetracija igle pomeni globino (v milimetrih), do katere standardizirana igla navpično prodre v vzorec bitumna pri določeni obremenitvi in temperaturi.

Razvrstitev bitumna po nevarnosti v skladu z Uredbo (ES) št. 1272/2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, ni potrebna. S predpisi bitumen ni razvrščen kot nevaren. Varnostni list je s strani dobavitelja na voljo vsem uporabnikom na njihovo zahtevo (Služba za varnost pri delu in ekologijo Fragmat Tim d.o.o., 2017).

Stik z vročim proizvodom lahko povzroči hude opekline. Nad vročim tekočim proizvodom lahko nastaja H₂S. Pri stiku vročega produkta z vodo je velika nevarnost parne eksplozije. Hlapi proizvoda lahko pri dolgotrajni ali ponavljajoči izpostavljenosti dražijo kožo in oči. Vroči hlapi lahko dražijo zgornje dihalne poti. Oči in obraz si moramo zaščititi s tesno prilegajočimi zaščitnimi očali in ščitnikom za obraz. Potrebno je imeti čelado, ki varuje obraz, glavo in vrat. Pri delu s to snovjo moramo imeti zaščitne termoizolacijske rokavice. Vročega proizvoda se ne sme odstranjevati s kože. Pri stiku z vročim pripravkom je treba opečene dele kože hladiti z vodo najmanj 10 minut. Če obstaja nevarnost konstrikcije zaradi zlepljenja produkta s kožo, je potreben rez. Manjše količine proizvoda lahko s kože odstranimo z olivnim oljem ali tekočim parafinom. Bitumen se lahko odstrani s kože s pomočjo običajne kreme za roke ter nato temeljito umije z milom in toplo vodo. Če pride vroč proizvod v stik z očmi, je treba takoj hladiti z obilico hladne vode (vsaj 5 minut). Prvi simptomi pri vdihavanju strupenih plinov (vodikov sulfid) so lahko glavobol, utrujenost, nespečnost, razdražljivost, bolečine v zgornjem delu trebuha ali izguba voha. Poleg tega se lahko pojavijo tudi omotica, nezavest, oviranost dihanja in v najhujših primerih smrt (Petrol, 2017).

V primeru nenamernega izpusta je potrebno s primernimi zaježitvami preprečiti izpust v vodotoke, odtoke, kanalizacijo ali na prepustna tla. Material lahko absorbiramo s suhim peskom ali nevnetljivim materialom. Ker se proizvod hitro ohladi in postane trden, je čiščenje dokaj

enostavno. Potrebno ga je pobrati v posebne posode in prepustiti pooblaščenemu prevzemniku odpadkov (Služba za varstvo pri delu in ekologijo Fragmat Tim d.o.o., 2017).



Slika 3: Tekoči bitumen pri temperaturi primerni za obdelavo



Slika 4: Strjen in embaliran bitumen

Preglednica 1: Fizikalno-kemijske lastnosti bitumna

FIZIKALNE IN KEMIJSKE LASTNOSTI BITUMNA	
Barva	Črna, motna.
Vonj	Zaznaven, specifičen.
pH	Ni podatkov.
Tališče/območje tališča	46 – 54 °C
Točka vrelišča/območje vrelišča	Ni podatkov.
Plamenišče	> 230 °C
Hitrost hlapenja	Ni podatkov.
Vnetljivost	Ni podatkov.
Eksplozijske meje	Ni podatkov.
Parni tlak	Ni podatkov.
Relativna gostota hlapov	Ni podatkov.
Relativna gostota	Gostota: 1.000 – 1.040 g/cm ³ pri 25 °C 950 – 990 kg/m ³ pri 100 °C
Topnost v vodi	Ni topen.
Porazdelitveni koeficient: n-oktanol/voda	Ni podatkov.
Temperatura samovžiga	> 350 °C
Toplotni razpad/razgradnja	Ni podatkov.
Viskoznost	Kinematična: 295 – 600 mm ² /s pri 135 °C
Eksplozivnost	Ni eksploziven.
Oksidativne lastnosti	Ni oksidativen.
Opombe	Med transportom in uporabo je bitumen vroč in tekoč, pri temperaturi okolice pa trden.

Vir: Petrol d.d., 2017

3 PROIZVODNJA BITUMENSKEGA PREMAZA

Bitumen je težko hlapljiva temnobarvna zmes različnih organskih substanc, katerih elastoviskoznost se s temperaturo spreminja. Ker naravne lastnosti ne ustrezajo več zahtevam moderne cestogradnje, so bitumen pričeli modificirati z različnimi dodatki, predvsem polimeri, in mu na ta način razširili področje njegove uporabe in podaljšali njegovo trajnost (Laboratorij kontrole kakovosti podjetja Fragmat Tim, 2016).

Proizvodnja se prične s preučitvijo delovne dokumentacije – delovnega naloga, izdajo recepture, pregledov standardov kakovosti, zaloge surovin in ostalega. V drugi fazi sledi predhodna priprava bitumna za izdelavo ustrezne bitumenske mase. Predpisano količino bitumna, ki ga določa receptura, se načrpa v bitumensko mešalo, ki je osnovni člen polnilne linije za izdelavo hladnih bitumenskih premazov. Med postopkom mešanja bitumenske mase se doda predpisano količino topila, ki je predhodno določena z recepturo. Ta raztopina se homogenizira najmanj 30 minut. Premaz se embalira s pomočjo polnilne naprave za polnjenje hladnega bitumenskega premaza. V zadnji fazi se premazi natočijo v različne embalažne enote – to so plastične ali kovinske ročke in sodi, ki se razlikujejo glede na volumen (4 L, 9 L, 180 L).

Organsko topilo je po definiciji prvega odstavka 1. točke 3. člena Uredbe o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi uporabe hlapnih organskih spojin (Ur.l. RS, št. 122/07) katerakoli hlapna organska spojina, ki se uporablja:

- sama ali skupaj z drugimi snovmi, ne da bi se pri tem kemijsko spremenila,
- za raztapljanje ali za razredčenje surovin, izdelkov ali odpadnih snovi ali se uporablja kot čistilno sredstvo za raztapljanje nečistoč ali kot disperzni medij,
- kot sredstvo za uravnavanje viskoznosti ali površinske napetosti, kot plastifikator ali kot zaščitno sredstvo.

Izdelava bitumenskega premaza v podjetju poteka na vertikalni proizvodni liniji. Naprava, v kateri se pripravlja bitumenska masa, se imenuje naprava za pripravo bitumenskega premaza. Sestavljena je iz štirih glavnih delov:

- mešalnika
- mešala v obliki spirale (vijačnice)
- oddušne cevi na vrhu mešalnika in
- točilne naprave.



Slika 5: Spiralno tračno mešalo v mešalniku za izdelavo bitumenskega premaza
Vir: Direct Industry, 2017

Fragmat Tim d.o.o. uporablja za izdelavo bitumenskega premaza dve vrsti topil: ksilen in white spirit.

- Ksilen je zmes z največjim deležem ksilena, s primesjo manj kot 0,5% toluena in manj kot 0,1% benzena (Petrol d.d., 2011). Kemijsko sta na benzenov obroč vezani dve metilni skupini (1,2- ali 1,3- ali 1,4-dimetilbenzen), zato spada med derivate benzena z dvema substituentoma. Ni topen v vodi (Kemija.net, 2017). Transportiranje od dobavitelja do Fragmat Tima-a poteka po protokolu in predpisih ADR; skladiščeni morajo biti v IBC tankih.

Preglednica 2: Snovne lastnosti ksilena

RELEVANTNE SNOVNE LASTNOSTI KSILENA	
Barva	Brezbarvna.
Vonj	Po aromatih.
pH	/
Tališče/območje tališča	-25 °C
Točka vrelišča/območje vrelišča	137 – 143 °C
Plamenišče	25 °C
Hitrost izparevanja	Ni razpoložljivih podatkov.
Vnetljivost	Možnost nastanka eksplozivne mešanice plin/zrak.
Zgornja eksplozivna meja	7% (V)
Spodnja eksplozivna meja	1% (V)
Parni tlak	8 hPa (20 °C)
Relativna gostota hlapov	Ni razpoložljivih podatkov.
Gostota	0,87 d/cm ³ (20 °C)
Topnost v vodi	9 g/l (25 °C)
Porazdelitveni koeficient: n-oktanol/voda	Log Pow 2,77 – 3,15
Temperatura samovžiga	Približno 460 °C
Toplotni razpad/razgradnja	Ni razpoložljivih podatkov.
Viskoznost – dinamična	0,61 mPa.s (20 °C)
Eksplozivnost	Možnost nastanka eksplozivne mešanice plin/zrak.
Oksidativne lastnosti	Ni razpoložljivih podatkov.
Molekulska masa	106,17 g/mol

Vir: Brenntag do.o., 2015



Slika 6: IBC tank za skladiščenje ksilena

Vir: Uline, 2017

- White spirit sestavljajo različni ogljikovodiki: n-alkani, izoalkani, ciklični in aromatski. Spada med težke bencine, katerih mejne temperature vrelišča so med 150 in 200 °C (Petrol d.d., 2016).

Preglednica 3: Snovne lastnosti White spirita

RELEVANTNE SNOVNE LASTNOSTI WHITE SPIRITA	
pH vrednost	Ni podatkov
Tališče/področje taljenja	≤ -20 °C
Vrelišče	150 – 200 °C
Plamenišče	> 38 °C
Hitrost hlapenja	Ni podatkov
Vnetljivost	≥ 220 °C
Eksplozijske meje	1,1 – 6 vol%
Parni tlak	> 10 hPa pri 37,8 °C (EN 13016-1)
Relativna gostota par/hlapov	Ni podatkov
Relativna gostota	Gostota: 770 – 790 kg/m ³ pri 15 °C
Topnost v vodi	Ni topno
Porazdelitveni koeficient n-oktanol/voda	Ni podatkov
Temperatura razgradnje	Ni podatkov
Viskoznost	Kinematična: 1 – 2,5 cSt pri 40 °C
Eksplozivnost	Proizvod ni eksploziven, vendar hlapi v stiku z zrakom lahko tvorijo eksplozijske zmesi
Oksidativne lastnosti	Ni podatkov

Vir: Petrol d.d., 2016

3.1 Okoljski vidiki v procesu izdelave bitumenskega premaza

Okoljski vidik je po definiciji element dejavnosti, proizvod ali storitev podjetja, ki lahko vpliva na okolje. Obstajata dve glavni vrsti okoljskih vidikov:

- **Neposredni okoljski vidiki**

Dejavnost, pri kateri se od podjetja pričakuje, da ima nad njo vpliv in nadzor (na primer emisije snovi iz procesov, vsebnost nevarnih snovi v izdelkih).

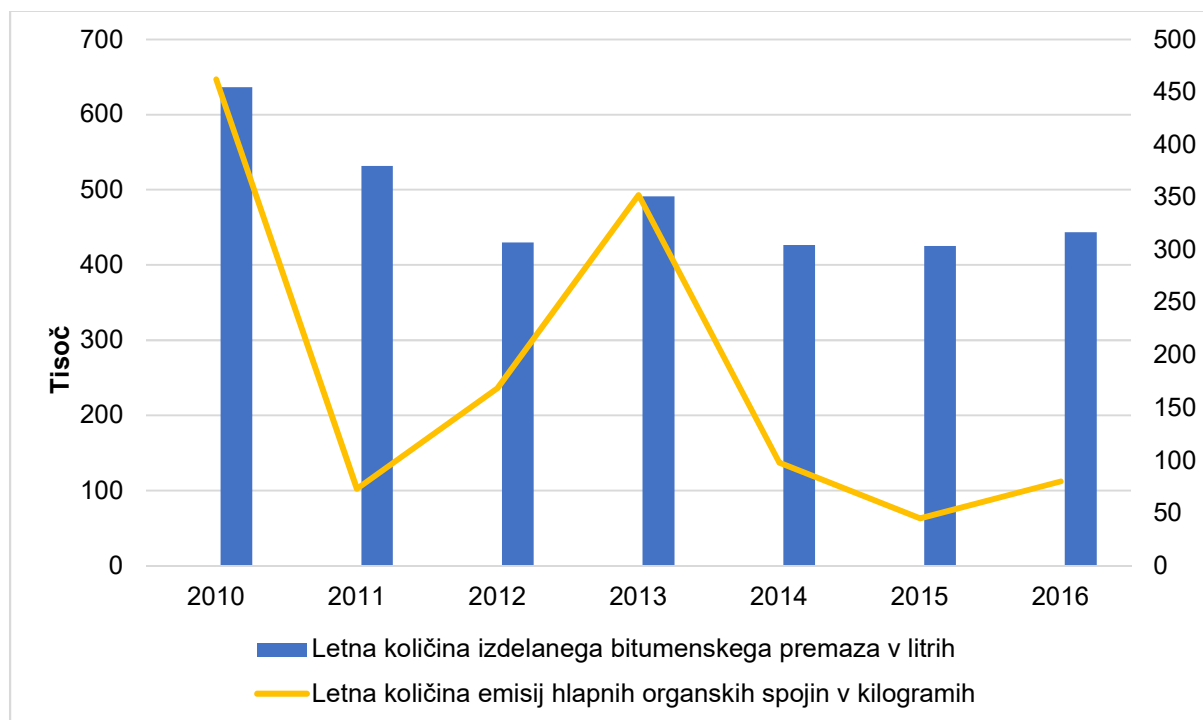
- **Posredni okoljski vidiki**

Dejanska ali potencialna dejavnost, pri kateri se od organizacije lahko pričakuje, da ima nanjo vpliv, vendar nima nadzora (na primer nadzorovani vidiki dobavne verige, nadzorovani vidiki strank, vidiki upravljani drugje v istem podjetju) (Vidic, 2013).

Identifikacija okoljskih vplivov za industrijske dejavnosti je pomemben korak k prepoznavanju in obvladovanju njihovih vplivov na naš planet. To se izkaže za koristno pri določanju in oblikovanju ciljev in ostalih programov, usmerjenih k zmanjševanju in reševanju okoljskih problemov. Veliko težo odgovornosti za povzročanje emisij hlapnih organskih spojin v okolje in prispevanje k zračnemu onesnaževanju, nosijo industrijske dejavnosti. Poglavitne povzročiteljice emisij hlapnih organskih spojin so industrijske dejavnosti, ki se ukvarjajo s proizvodnjo premaznih sredstev (barv in lakov), sredstev za zaščito lesa in zgradb, lepil ali tiskarskih barv. Mednje spada tudi dejavnost Fragmat Tima. Te proizvodne dejavnosti temeljijo na uporabi raznovrstnih topil. Emisije hlapnih organskih spojin prispevajo k nastajanju prizemnega ozona in finih delcev, zaradi katerih posledično prihaja do nastanka smoga. Druga vrsta vpliva emisij topil je prispevek k toplogrednemu efektu zemeljske atmosfere. Znanstvene in zdravstvene raziskave kažejo, da onesnaževanje zraka s hlapnimi organskimi topili zelo agresivno in intenzivno vpliva tudi na zdravje človeka. Ugotovljeno je bilo, da se ob izpostavljenosti tem emisijam poveča možnost za nastanek pljučnega raka in srčno-žilnih bolezni (Environment and Climate Change Canada, 2016).

Na podlagi tovrstnih raziskav je tudi dokazano, da prizemni ozon škodljivo vpliva na okolje. To lahko privede do manjših količin kmetijskih pridelkov in gozdnega prirasta, zmanjšanja rasti sadik in kalilne sposobnosti semen, povečane dovzetnosti rastlin za bolezni, škodljivce in ostale okoljske obremenitve.

Količina emisij hlapnih organskih spojin, ki jih proizvaja naprava za pripravo bitumenskega premaza je sorazmerna s količino izdelanega premaza; slednja pa je odvisna od nihanja trga na področju gradbeništva in njegovih izdelkov. Za lažjo predstavbo si oglejmo spodnji graf (Graf 1), ki prikazuje soodvisnost med prodanimi količinami bitumenskega premaza in količinami emisij hlapnih organskih spojin v zadnjih šestih letih.



Graf 1: Odnos med količinami emisij hlapnih organskih spojin in izdelanega bitumenskega premaza od 2010 do 2016

Vir: Služba za VPD in ekologijo Fragmat Tim d.o.o., 2017

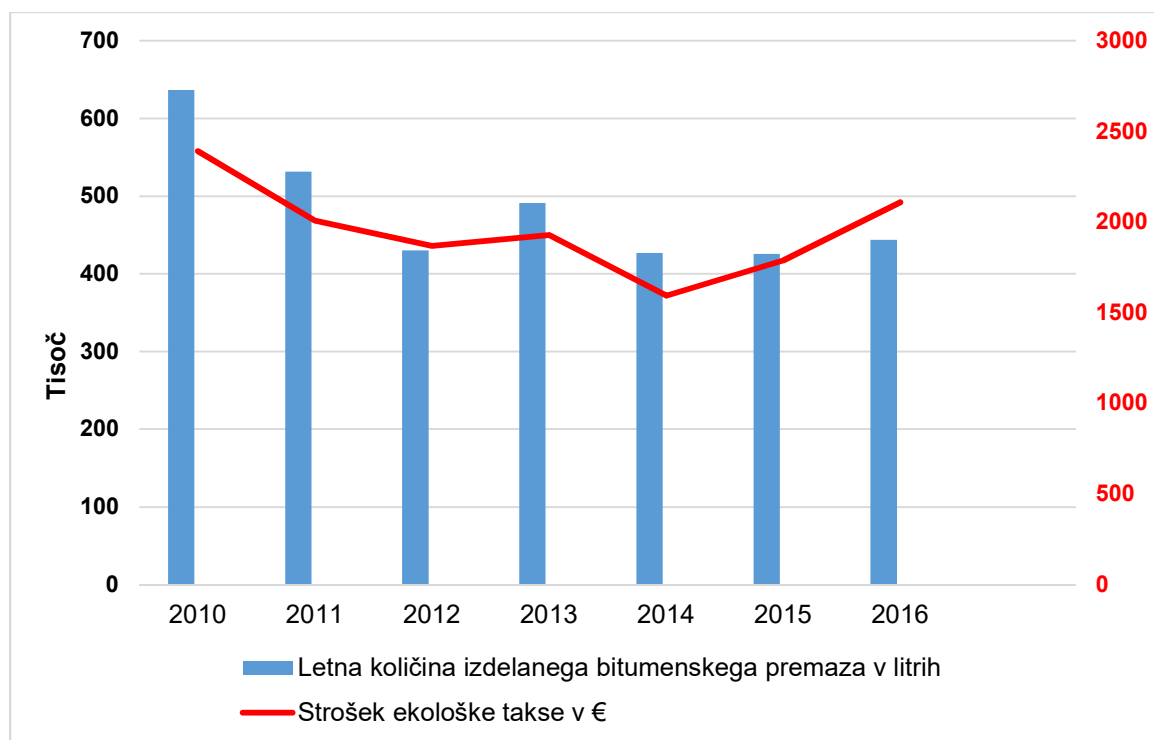
Komentar: Letna količina emisij hlapnih organskih spojin je poleg količine izdelanega bitumenskega premaza odvisna tudi od temperature zunanega ozračja – pri višjih zunanjih temperaturah je količina emisij bistveno večja zaradi hitrejšega izhlapevanja topil.

Letna mejna vrednost količin emisij hlapnih organskih spojin je po dodeljenem okoljevarstvenem dovoljenju določena na 1.000 ton. Kljub temu, da mejne vrednosti niso bile prekoračene, se podjetje spopada s tovrstnim okoljskim problemom v smislu iskanja tehnoloških rešitev pri proizvodnji bitumenskih premazov. Problematiko bi odpravili že v začetni fazi, s tem ko bi zajeli vse emisije topil pri doziranju v napravo. Eden od pristopov industrialcev k zmanjšanju emisij hlapnih organskih spojin je izdelava izdelkov na vodni osnovi. Tudi Fragmat Tim je pričel z

razvojem takšnega tipa bitumenskega premaza, ker so na podlagi finančnih, okoljskih in tržnih raziskav ugotovili mnoge prednosti takšnega premaza.

Potrebno je tudi omeniti, da mora Fragmat Tim vsako leto plačati okoljsko dajatev zaradi prodaje izdelkov, ki vsebujejo topila. Letne dajatve za Fragmat Tim nekoliko nihajo zaradi različne letne količine izdelanega bitumenskega premaza.

Povprečni letni znesek ekološke takse oziroma okoljske dajatve v obdobju 2010 – 2016 je 1.955,7 €. Za leto 2016 je okoljska dajatev zaradi prodaje izdelkov z vsebnostjo hlapnih organskih spojin znašala 2.109 €. Na spodnjem grafu (Graf 2) lahko vidimo sorazmerje med količinami izdelanega bitumenskega premaza in višino ekološke takse med leti 2010 in 2016.



Graf 2: Sorazmerje med količino izdelanega bitumenskega premaza in višino ekološke takse med letom 2010 in 2016

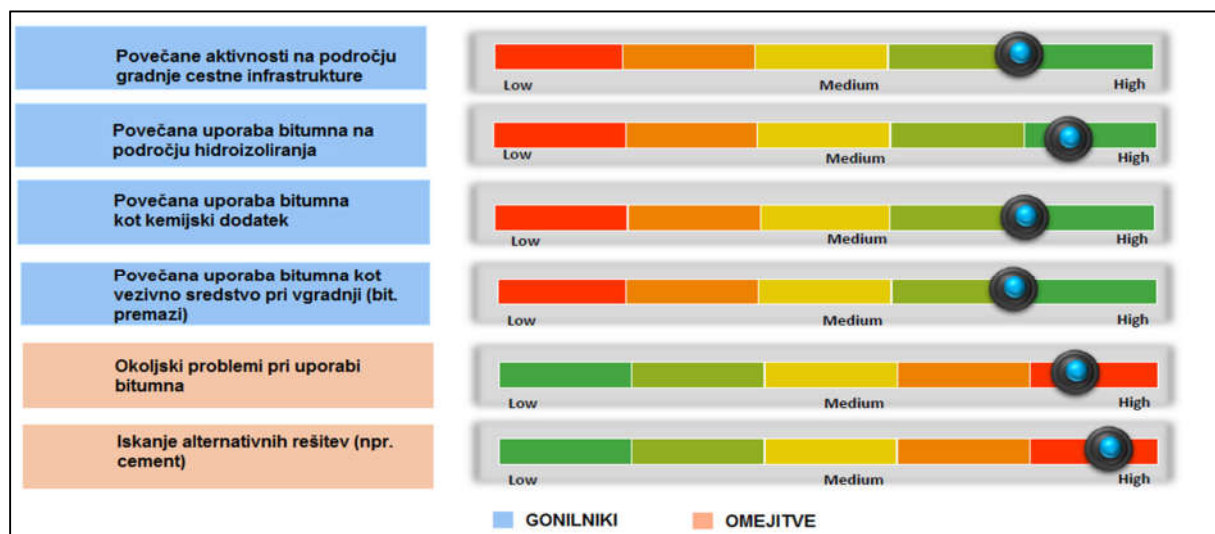
Vir: Služba za VPD in ekologijo Fragmat Tim d.o.o., 2017

3.2 Opis problematike

Razlog za vztrajanje pri uporabi topil za izdelavo bitumenskih premazov leži predvsem v doseganju standardov kakovosti hidroizolacijskih materialov na področju gradbeništva. Na temo problematike zamenjave topil z vodo v bitumenskem premazu so bile narejene laboratorijske analize in praktični preizkusi, pri čemer se je izkazalo, da bitumenski premaz na osnovi vode ne dosega standardiziranih kriterijev kakovosti. Problem se pojavi predvsem v času sušenja, kar je bistveno pri bitumenskemu premazu; poleg tega pa tovrstni premaz ne omogoča dobrega spoja s hidroizolacijskim trakom. Dodatna težava se pojavi tudi v proizvodjanju premaza na osnovi vode – namreč proizvodna tehnologija je zastarela in ne omogoča izdelave takšnega premaza; v tem primeru bi šlo za emulzijo, ki je zmes dveh nemešljivih tekočin (olje-voda). Navsezadnje je poglobitna ovira za izdelavo bitumenskega premaza na osnovi vode tudi strošek proizvodnje; potrebna bi bila uporaba surovin (emulgatorjev), ki so bistveno dražje od konvencionalnih; pa tudi čas proizvodnje takšnega premaza bi bil bistveno daljši.

Glede na raziskave Inštituta Pembina (kanadske raziskovalne in izobraževalne organizacije za okoljsko politiko) emisije toplogrednih plinov pri proizvodnji enega sode bitumna vključujejo sproščanje 60 – 160 kilogramov ogljikovega dioksida (CO₂) na leto (Persistence Market Research, 2016). Proizvodnja bitumna iz oljnega skrilavca zahteva tudi od 2 do 4 sodov sveže vode za ekstrakcijo enega sode bitumna. Omenjeni negativni vplivi na okolje, ki nastanejo pri proizvodnji bitumna, predstavljajo ključne izzive za proizvajalce in predelovalce bitumna po vsem svetu v bližnji prihodnosti. Določene države so že uvedle določene omejitve na področju predelave bitumna (Persistence Market Research, 2016):

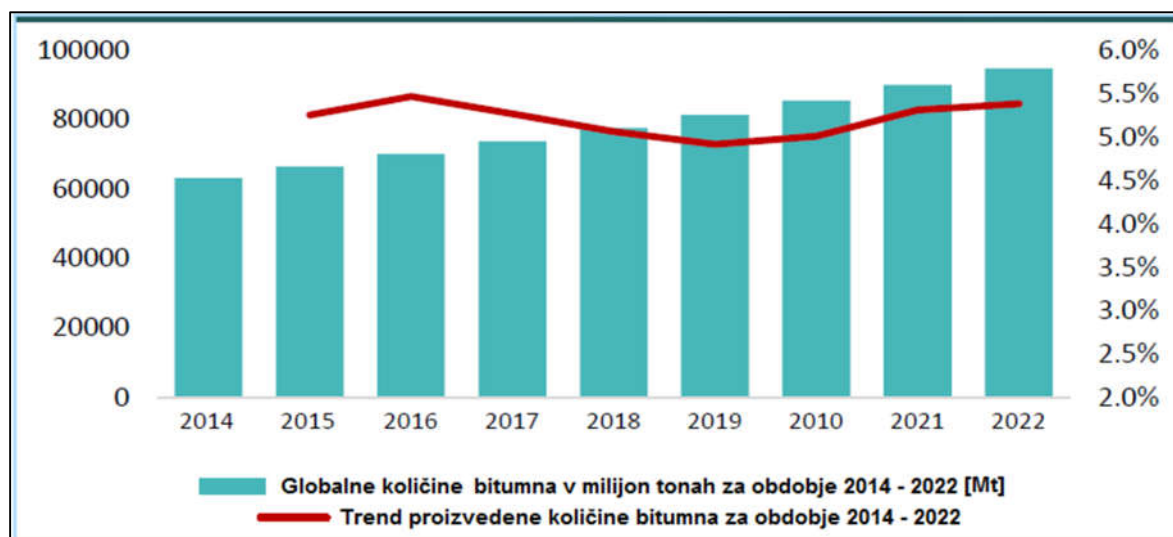
- Po mnenju Mastic Asphalt Council (trgovskega združenja za industrijo mastičnih asfalterjev v Veliki Britaniji) bitumna ne smemo segrevati nad 260 ° C, da se prepreči prekomerno odvajanje toplogrednih plinov
- Kanada je uvedla in zaostрила predpise glede koncentracije petih najbolj razširjenih onesnaževal zraka: drobnih delci, ogljikov monoksid, dušikov dioksid, žveplov dioksid in ozon. Bitumenske proizvodne družbe morajo ohraniti indeks kakovosti zraka (AQI, angleško *Air Quality Index*) pod 50.



Slika 7: Dejavniki, ki vplivajo na stopnjo uporabe bitumna v Evropi

Vir: Persistence Market Research, 2016

Kljub omenjenim omejitvam, je uporaba bitumna še vedno obsežna. Predvsem kot vezivo pri hidroizoliranju cest, gradbenih površin, cevovodov in rezervoarjev za vodo so še vedno gonilni faktorji, ki spodbujajo rast uporabe bitumna v različnih industrijskih panogah. Raziskovalna agencija Persistence Market Research analizira podatke tržnih raziskav in je lahko glede na gibanje trga na področju gradbeništva napovedala trend gibanja proizvedenih količin bitumna na svetovnem nivoju. Raziskave navajajo, da se bodo proizvedene količine do leta 2022 povečale za 1,5 krat (Persistence Market Research, 2016).



Slika 8: Trend proizvedenih količin bitumna [Mt] na globalnem nivoju za obdobje 2014 – 2022

Vir: Persistence Market Research, 2016

3.2.1 Vpliv proizvodnje bitumenskega premaza na okolje

Postopek izdelave bitumenskega premaza poteka tako, da v mešalnik z volumnom 10 m³ se načrpa bitumen (količina je predhodno določena z recepturo), s približno temperaturo 120 °C. Temu sledi črpanje 2.000 litrov topila white spirit iz zunanje cisterne v mešalnik, z namenom, da se bitumen pred dodajanjem ksilena ohladi. S tem je istočasno dosežena razredčitev bitumna, ki se je pri svoji najnižji obdelovalni temperaturi zgostil oziroma deloma strdil. Ohladitev bitumna z white spiritom pred dodajanjem ksilena je zelo pomembna – predvsem z vidika požarne varnosti. Hlapi ksilena lahko z zrakom tvorijo eksplozivno zmes, zato je pomembno, da izključimo vir toplote oziroma vir vžiga. Ko je zmes bitumna in topila ohlajena v temperaturnem razponu 90 – 100 °C, pri kateri je bitumen še vedno v tekočem agregatnem stanju in s tem obvladljiv za nadaljno obdelavo, se dočrpa še 2.000 litrov druge vrste topila, to je ksilena. Nato začnemo s postopkom mešanja celotne bitumenske zmesi pri hitrosti mešala povprečno 8 obratov na sekundo. Torej, problematika emisij hlapnih organskih spojin se pojavi ob dovajanju topil v mešalnik in v fazi mešanja, kjer se sproščajo hlapi, ki izhajajo na prosto skozi oddušno cev, s približno enako temperaturo, kakršno ima mešalnik. Tako imenovana oddušna cev na vrhu mešalnika ima funkcijo izravnavanja tlaka v mešalniku med proizvodnjo bitumenskega premaza. Celotna proizvodnja ene šarže, s količino 8 ton traja približno 6 ur. Ta vertikalna proizvodna linija za bitumenske premaze je bila zgrajena v Fragmatu v obdobju 1973-1975, zato so proizvodne tehnologije zastarele. To tudi pomeni, da so tehnologije za zmanjševanje emisijskega onesnaževanja pomanjkljive. Srž problema je v oddušni cevi na vrhu mešalnika, od koder v atmosfero uhajajo emisije hlapnih organskih spojin – v našem primeru hlapi white spirita in ksilena. Ko hlapi topil izhajajo skozi oddušno cev mešalnika, se s tem sproščajo v ozračje emisije hlapnih organskih spojin. Emisije hlapnih organskih snovi prispevajo k tvorbi prizemnega ozona, ki ima škodljiv vpliv na zdravje ljudi in rastlinstvo, s čimer povzroča poleg okoljske tudi gospodarsko škodo na gozdovih in v kmetijstvu. Velja poudariti, da ima prizemni ozon tudi toplogredni učinek (Gospodarska zbornica Slovenije, 2017). Za lažjo predstavo problematike si oglejmo spodnjo sliko (Slika 7). Prikazana je vertikalna proizvodna linija za izdelavo bitumenskega premaza.

- Z rdečim kvadratnim okvirjem je označena oddušna cev na vrhu mešalnika, ki je poglobitna slabost v proizvodni liniji bitumenskega premaza.
- Z oranžnim kvadratom je označen mešalnik.
- Z zelenim pa točilna naprava za točenje premaza.



Slika 9: Vertikalna proizvodna linija za izdelavo bitumenskega premaza

V skladu s prvim in drugim odstavkom 24. člena Uredbe o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila (Ur.l. RS, št. 35/15 in 58/16), mora upravljavec do 31. marca tekočega leta predložiti ministrstvu v pisni ali elektronski

obliki bilanco uporabljenih organskih topil za preteklo koledarsko leto in podatke iz opravljenih meritev. Bilanca uporabljenih organskih topil zajema izračun:

- porabe topil,
- količine nezajetih emisij hlapnih organskih spojin, izražene v t/leto in v odstotkih porabljene količine organskih topil, in
- količine celotnih emisij hlapnih organskih spojin, izražene v t/leto in odstotkih porabljene količine organskih topil ali kot emisijski faktor

(Ur.l. RS, št. 35/15 in 58/16).

Preglednica 4: Bilanca uporabljenih organskih topil pri proizvodnji bitumenskih premazov

Vnos organskih topil v napravo za izdelavo bitumenskega premaza [kg]		Iznos organskih topil v napravo za izdelavo bitumenskega premaza [kg]	
Kupljeno	173.096	Zajeti očiščeni odpadni plini	0
Reciklirano in ponovno uporabljeno v napravi	0	Zajeti neočiščeni odpadni plini	80
Skupaj	173.096	V odpadni vodi	0
		V končnem izdelku kot nečistoča	0
		Nezajeto v zrak	0
		Se izgubijo v procesu npr. odstranijo s sežigom	0
Letna porabljena količina pripravkov	173.096	V odpadkih	0
Poraba topil	173.096	Prodano v izdelkih	173.016
		V regeneracijo	0
		Drugo (nesreče...)	0

Vir: Kova d.o.o., 2016

V letu 2016 je količina emisij hlapnih organskih spojin iz pnevmatske naprave za izdelavo bitumenskega premaza znašala 80 kg (Kova d.o.o., 2016). Izračun za to količino emisij je naslednji; leta 2016 je bilo proizvedenih 443.634 litrov bitumenskega premaza, pri čemer se je porabilo 78.830 kg ksilena in 94.266 kg white spirita. Vsota hlapnih organskih spojin (topil) je v tem primeru 173.096 kg. Te količine bitumenskega premaza so bile proizvedene v 46 šaržah. Ena šarža se dela v eni izmeni 6h, se pravi v dveh izmenah se izdelata 2 šarži v 12h. Skupno število ur za izdelani bitumenski premaz znaša 552 ur (46 šarž x 12 ur = 552 ur). Po podatkih meritev, ki

jih je izvedla Kova d.o.o., so količine emisij TOC za leto 2016 znašale 145,7 g/h. Iz tega dobimo izračun:

$$552 \text{ h} \times \text{količine emisij TOC } 145,7 \text{ g/h} = 80.426 \text{ g} = 80 \text{ kg emisij hlapnih organskih spojin}$$

To je sicer manj kot 5% vnosa organskih snovi v napravo (Ur. l. RS, št. 105/2008).

Preglednica 5: Rezultati meritev emisij hlapnih organskih spojin iz mešalnika za izdelavo bitumenskih premazov

Parameter	Merska enota	Vrednost meritve
Volumski pretok hlapov	Nm ³ /h	29
Temperatura plinov	°C	37,8
Hitrost plinov v cevi	m/s	0,3
Vlažnost odpadnih plinov	g/m ³	14
Koncentracija TOC	mg/m ³	5.082,2
Količina emisij TOC	g/h	145,7

Vir: Kova d.o.o., 2016

Zunanji merilni pogoji:

- Temperatura [°C]: 17,9
- Relativna vlažnost [%]: 76,0
- Gibanje zraka [m/s]: 2,1
- Zračni tlak [hPa]: 992

Volumski pretok odpadnih plinov je bil izračunan na podlagi povprečne hitrosti odpadnih plinov, temperature in tlaka odpadnih plinov ter površine odvodnika na merilnem mestu. Izvedba meritve je bila opravljena v skladu s standardiziranimi metodami, pri čemer je bila merjena snov celokupni organski ogljik (TOC ali »*total organic carbon*«). Uporabljeni sta bili metodi po standardu:

- SIST EN 12619:2013 – Določitev celokupnega organskega ogljika TOC
- in EK M 02/07 Metodologija za določitev TOC iz nepremičnih virov emisije v zrak (Kova d.o.o., 2016).

Princip delovanja temelji na določitvi ionizacijskega toka, ki nastane z izgorevanjem organskih spojin v ogljikovem plamenu. Ta tok je odvisen od števila atomov v organskih spojinah, ki izgorevajo v plamenu, od vrste vezi med atomi in od vrste drugih atomov v spojinah (Brečko, 2016).

3.2.2 Ocena vplivov premaza na okolje v času uporabe

Hidroizolacijski bitumenski premaz se uporablja predvsem za vgradnjo hidroizolacijskih trakov. Površina tal se očisti (pomete) in osuši, nato pa se po tej površini nanese premaz. Ta zagotovi dober stik med hidroizolacijskim trakom in površino.

Gre za zmes bitumna in organskih topil (white spirita, ksilena), ki ob vgradnji topila izhlapijo, v končni fazi pa ostane sloj bitumna na očiščeni površini. V času uporabe oziroma nanosa premaza zaradi evapotranspiracije izhajajo iz premaza emisije hlapnih organskih spojin, predvsem razni ogljikovodiki. Pri večini premazov je začetna hitrost izhlapevanja topila neodvisna od ostalih komponent premaza. Pomembna je temperatura premaznega filma in ne temperature okolice. V začetni fazi sta temperaturi isti, ampak zaradi izhlapevanja začne temperatura premaza padati – ohlaja se premaz in okolica nanešenega premaza. Pri tem imata pomembni vlogi tudi parni tlak topil pri dejanski temperaturi sušenja ter razmerje med površino in volumnom premaza. V primeru večje površine je tudi izhlapevanje hlapnih organskih spojin večje (Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, 2015).

Kot primer vplivov premaza na okolje med uporabo si oglejmo spodnjo preglednico izpostavljenosti delavcev ob izvedbi hidroizolacijskih sistemov na cestnih objektih. Meritve je leta 2006 za cestno-gradbenega izvajalca Cestno podjetje Ljubljana d.d. izvedlo podjetje *Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit* iz Nemčije.

Preglednica 6: Meritve ogljikovodikov pri hidroizolacijski izvedbi cestnih objektov

Merilno mesto	Merjena snov	Rezultat meritve [mg/m ³]
1	Hlapi organskih spojin iz bitumenskega premaza	9,4
2		2,7
3		3,8

Vir: Zupan, 2006

Legenda:

Merilno mesto 1: v višini glave delavca, na levi strani cestnega pasu

Merilno mesto 2: v višini glave delavca, na desni strani cestnega pasu

Merilno mesto 3: voznik bitumenskega razdelilca, na levi strani cestnega pasu

Zunanji merilni pogoji:

Zračna temperatura: 19 °C

Povprečna hitrost vetra: 1,2 m/s

Iz zgornjih rezultatov (Preglednica 6) lahko ugotovimo, da je obremenjenost delavcev s hlapni organskih spojin iz bitumenskega premaza ob vgradnji sprejemljiva. Največja dovoljena koncentracija, ki ji je lahko delavec izpostavljen, je $10 \text{ mg/m}^3_{\text{ZRAKA}}$ (Zupan, 2006).

Kar se tiče izpostavljenosti delavcev hlapom organskih spojin, ki izhlapevajo v času uporabe bitumenskega premaza, je potrebno poudariti, da je pri vgradnji premaza potrebna uporaba osebne varnostne opreme. Brez izjem je potrebno nositi: masko s filtrom A, zaščitne rokavice, zaščitna očala s stransko zaščito in antistatično delovno obleko.

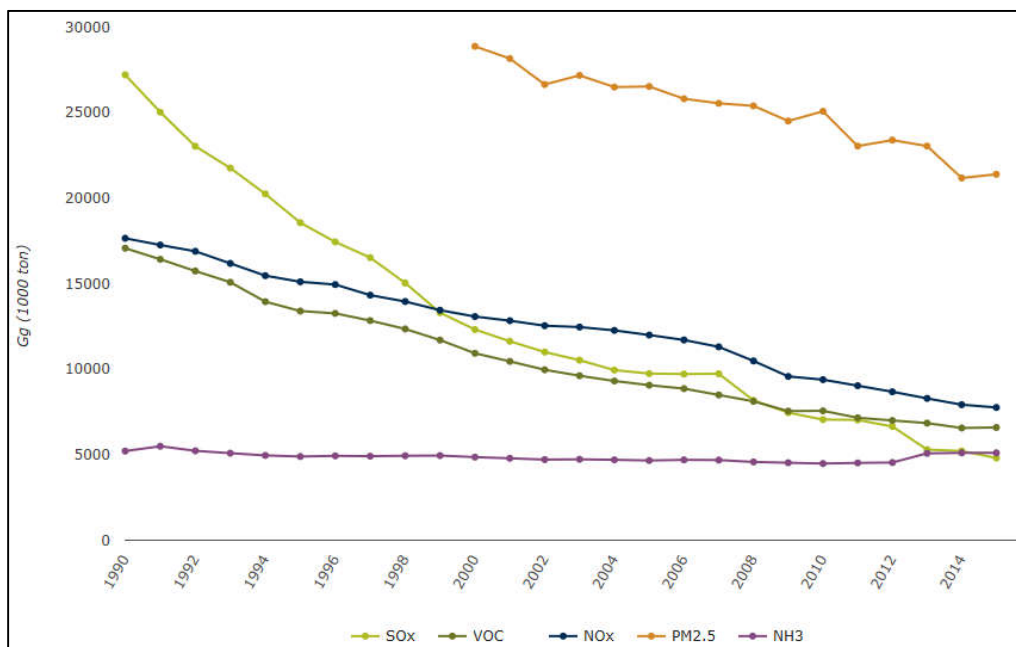
Zelo pomembno je, da je zagotovljeno prezračevanje. Tudi ko so posode izpraznjene, lahko še vsebujejo eksplozivne pare, zato predstavljajo nevaren odpadek. Če je izpostavljenost hlapom organskih spojin dolgotrajna, ti zaidejo v dihalne poti. Pri tem se lahko pojavijo zaspanost, utrujenost, glavoboli, omotica, močno bitje srca, astma, bruhanje, izguba zavesti, v najhujših primerih lahko nastopi tudi smrt. Značilno je tudi draženje v stiku s kožo in očmi. Če gre za dolgotrajno in ponavljajočo izpostavljenost lahko pride do poškodb notranjih organov. Pri posameznikih lahko povzroči tudi dermatitis (Bokan, 2017).

4 ZAKONODAJNE ZAHTEVE NA PODROČJU EMISIJ Hlapnih ORGANSKIH SPOJIN

Okoljevarstveno pravo ima izrazito mednarodno naravo. Zaznamujejo ga mednarodni sporazumi in ureditve, ki ji skupaj z Evropsko unijo mora slediti tudi Republika Slovenija. Varstvo okolja se vse bolj in dosledneje dotika tudi področja poslovanja in upravljanja gospodarskih subjektov. Dober dokaz za navedeno trditev je implementiranje Direktive 96/61/EC (IPPC direktiva - "Integrated Pollution Prevention and Control") v pravni red RS. Po dvoletni javni obravnavi, je bila decembra 2010 objavljena nova direktiva o emisijah iz industrije. Direktiva 2010/75/EU bo nadomestila sedem obstoječih direktiv s področja industrijskega onesnaževanja.

4.1 Splošna razlaga o zakonodaji na področju emisij hlapnih organskih snovi

Emisije hlapnih organskih snovi prispevajo k tvorbi prizemnega ozona in učinku tople grede (Gospodarska zbornica Slovenije, 2017). Na spodnji sliki (Slika 10) lahko razberemo, da antropogeno povzročene emisije hlapnih organskih spojin v Evropi predstavljajo delež po nastanku prizemnega ozona; hkrati je tudi razvidno, da trend emisij z leti pada.



Slika 10: Emisije najpogostejših polutantov zraka v Evropi v obdobju 1990 – 2014
Vir: European Environment Agency, 2017

Prizemni ozon škodljivo vpliva na zdravje ljudi, živali in rastlin, s čimer povzroča poleg okoljske tudi gospodarsko škodo na gozdovih in v kmetijstvu. Poleg tega imajo hlapi topil in prizemni ozon tudi toplogredni učinek, ki povzroča klimatske spremembe. Upravljalci naprav morajo pripraviti in izdelati bilanco topil, z upoštevanjem vnosa in iznosa topil, ne le preko zajetih in nezajetih emisij, ampak tudi deleža topil v izdelkih in odpadkih. Mejne emisijske vrednosti so določene tako za zajete kot tudi nezajete emisije hlapnih organskih snovi. Zavezanci iz različnih dejavnosti lahko izpolnjujejo svoje obveznosti:

- z zajemanjem in čiščenjem hlapnih organskih snovi ali
- z izvajanjem potrjenega načrta zmanjšanja emisij hlapnih organskih snovi.

Načrti zmanjšanja emisij hlapnih organskih snovi običajno obsegajo prehod na uporabo barv in lakov, ki vsebujejo manjši delež hlapnih snovi, kot tudi bolj skrbno gospodarjenje s topili ali pa poiščejo alternativno ekvivalentno vhodno snov ali postopek pri izdelavi izdelkov (Služba za VPD in ekologijo Fragmat Tim d.o.o., 2017). Slovenija je uvedla zahteve direktive v svoj pravni red na podlagi nemških okoljsko-zakonodajnih primerov. Zavezanci, ki v svoji dejavnosti uporabljajo hlapna organska topila, morajo upoštevati določila Uredbe o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila (Uradni list RS, št. 35/15 in 58/16). Uredbe o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila (Ur. l. RS, št. 35/15).

4.2 IED direktiva nadomesti IPPC direktivo

Direktiva 2010/75/EU bo nadomestila sedem obstoječih direktiv s področja industrijskega onesnaževanja. Nova direktiva združuje oziroma prenavlja več do sedaj ločenih direktiv:

- direktivo IPPC: 2008/1/ES (prej 96/61/ES),
- direktivo o emisijah v zrak iz velikih kurilnih naprav: 2001/80/ES,
- direktivo o sežiganju odpadkov: 2000/76/ES,
- direktivo HOS (hlapne organske snovi): 1999/13/ES in
- tri direktive o TiO₂: 78/176/EGS, 82/883/EGS in 92/112/EGS.

Za vse naprave, ki so bile predmet teh ločenih direktiv se zahteva pridobitev celovitega okoljskega dovoljenja, razen v primeru hlapnih organskih spojin, kjer je količina organskih topil manjša od 200 ton na leto oziroma 150 kg/h, zadošča registracija naprav. Direktiva prinaša nove zaveze za obstoječe IPPC naprave, hkrati pa razširja nabor dejavnosti, ki morajo pridobiti celovito okoljevarstveno dovoljenje. Novi zavezanci se bodo morali z vsemi zahtevami in s celotnim

postopkom priprave in obravnave vloge šele spoznati, medtem ko bodo morale obstoječe IPPC naprave svoja dovoljenja obnoviti. Direktiva daje večjo težo emisijskim vrednostim, ki jih je moč doseči z uporabo najboljših razpoložljivih tehnik. Posebno pozornost se namenja varstvu tal in podzemne vode. Delovanje obrata ne sme povzročiti poslabšanja kakovosti tal ali podtalnice.

Okoljevarstvena dovoljenja morajo biti dostopna javnosti, določene informacije, vključno s kopijo dovoljenja in naknadnih posodobitev, dostopne tudi preko spleta. Direktiva določa kako naj bi se izvajali inšpekcijski pregledi. Zahteva se okoljski inšpekcijski načrt, ki mora zajeti vse obrate. Načrt se redno pregleduje in po potrebi posodablja. Vključevati mora postopke za pripravo programov za redne in izredne inšpekcijske preglede. Redni pregledi temeljijo na sistematičnem ocenjevanju okoljskih tveganj. Od ocene okoljskih tveganj bo odvisna pogostost obiskov, pri čemer časovni razmik med dvema obiskoma ne bo smel presegati enega leta, za najnevarnejše obrate in treh let za najmanj nevarne obrate.

Kot stara direktiva, tudi nova predvideva stalno obnavljanje dovoljenj, tako zaradi tehnoloških sprememb kot tudi zaradi sprememb zakonodaje, ki se naj bi pojavljale zaradi razvoja novih najboljših razpoložljivih tehnik in nižjih mejnih vrednosti, ki bodo z njimi dosegljive (Služba za varstvo okolja Gospodarske zbornice Slovenije, 2017).

4.3 Obvezujoča zakonodaja za podjetje Fragmat Tim d.o.o. na področju uporabe hlapnih organskih snovi

Za emisijske izpuste iz pnevmatske naprave za izdelavo bitumenskega premaza ima Fragmat Tim d.o.o. predpisano okoljevarstveno dovoljenje s številko 35430-59/2011-6, z dne 7.2. 2012.

Preglednica 7: Splošni podatki o napravi za izdelavo bitumenskih premazov

Zaporedna št. in vrsta naprave*	Naziv naprave	Zmogljivost naprave (ton HOS/leto)
16.1 Naprava za proizvodnjo premaznih sredstev (barv in lakov), sredstev za zaščito lesa in zgradb, lepil ali tiskarskih barv	Naprava za točenje bitumenskih premazov	Nazivna: 4.560 Dejanska: 563
*po Uredbi o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila		

Vir: Arso – okoljevarstveno dovoljenje s številko 35430-59/2011-6, 2012

V poglavju 3.2 okoljevarstvenega dovoljenja je navedena letna količina celotnih emisij hlapnih organskih spojin naprave – ta lahko znaša 5% vnosa organskih topil v napravo, pri čemer poraba organskih topil *ne sme presegati tisoč ton v enem letu*.

Podjetje je zavezanec za zagotovitev obratovalnega monitoringa. Občasne meritve na oddušku iz mešalnika za pripravo bitumenskega premaza je potrebno v skladu z določili okoljevarstvenega dovoljenja izvajati vsako leto. Poleg tega je podjetje Fragmat Tim d.o.o. po 5. členu Uredbe o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi uporabe hlapnih organskih spojin (Ur.l. RS, št.122/07), zavezanec za plačilo okoljske dajatve, ker daje proizvode z organskimi topili v promet v Sloveniji. Uredba navaja tudi pogoj za plačevanje okoljske dajatve, in sicer če je skupna letna količina vseh proizvodov manjša od 150 kg, kar pa podjetje vsekakor presega s prodano količino bitumenskega premaza, ki vsebuje organsko topilo.

V spodnji preglednici (Preglednica 8) so navedena vsa pridobljena okoljevarstvena dovoljenja podjetja Fragmat Tim d.o.o. na področju zraka in onesnaževanje tega.

Preglednica 8: Okoljevarstvena dovoljenja podjetja na področju onesnaževanja zraka

Vrsta dovoljenja	Številka dovoljenja	Datum izdaje dovoljenja	Veljavnost dovoljenja
Dovoljenje za izpuščanje toplogrednih plinov za malo napravo	35485-62/2014-4	7. 10. 2014	Do izdaje odločbe o prenehanju veljavnosti dovoljenja oziroma do izdaje odločbe o odvzemu dovoljenja.
Odločba o spremembi nazivne vhodne toplotne moči	35486-12/2016-3	22. 7. 2016	
Okoljevarstveno dovoljenje za obratovanje naprave, v kateri se uporabljajo organska topila	35430-12/2006-4	02. 03. 2007	S spremembo ZVO (ZVO-11) OVD velja za nedolocen cas

5 TEHNOLOŠKE REŠITVE ZA ZMANJŠANJE KOLIČIN EMISIJ Hlapnih Organskih Spojin Pri Izdelavi Bitumenskega Premaza

Onesnaževanje okolja traja že mnoga desetletja, s čimer se spopadamo na različne načine. Ponekod so bili narejeni veliki koraki in s tem dosežki, ki so pripomogli k izboljšanju stanja okolja. Drugje onesnaževanje šele pričenjamo zaznavati in je pot do sanacije še pod vprašanjem. Podobno se razvijajo tudi okoljske tehnologije. Pri izbiri teh tehnologij ima pogosto glavno vlogo finančni, manj pa tehnični dejavnik. Zato pomeni izraz »okoljske tehnologije« skupek tehnologij, ki se dnevno razvijajo ter rešujejo zelo raznovrstne okoljske probleme. Ukrepi za preprečevanje onesnaževanja zraka se delijo na ukrepe za preprečevanje onesnaženja in spremembe sestave ter na čiščenje za izpust nesprejemljivo onesnaženih tokov. Največje onesnaženje zraka s hlapnimi organskimi snovmi povzročata proizvodnja in poraba energije. Pri čiščenju zračnih emisij nastopata dva principa, in sicer uničenje polutanta ter sprememba v neškodljivo obliko oziroma odstranitev iz zraka (filtriranje).

5.1 Sodobne rešitve v svetu

Organska topila v veliki meri izhajajo iz naftne industrije – kljub temu, da danes že obstajajo alternativne možnosti z uporabo estrov rastlinskih olj. V Evropi se proda in porabi približno 4,5 milijona ton topil, katerih največje porabnice so panoge industrij, ki proizvajajo lake in premaze. Vendar se je ta delež s približno 46% v letu 1998 zmanjšal na 27% v letu 2003. Poglavitni razlog je v velikem preskoku na procesne in proizvodne tehnologije, ki temeljijo na osnovi vode, predvsem zato, ker so tehnično tudi dobro izvedljivi.

Zgodovinski podatki o prodaji topil kažejo, da je povprečna stopnja rasti 0,1% prodaje na leto pod rastjo BDP. Analize in simulacije napovedujejo, da se bo rast prodaje topil ustavila. Padeč prodaje je po raziskavah povezan:

- z zaostritvijo okoljske zakonodaje,
- s povečanim prodorom vodnih in drugih alternativnih tehnologij,
- z recikliranjem in učinkovitejšo uporabo topil.

Organska topila običajno razvrščamo v razrede izdelkov. Najpomembnejši razredi so:

- Topila z akceptorsko funkcijo pri vodikovi vezi: sem štejemo estre, ketone, alkohole in glikolne etre;
- Topila s šibkimi vodikovimi vezmi: aromatska (toluen, ksilen), alifatska in parafinska topila (povzeto po European Commission, 2007).

Na področju uporabe topil je prišlo do zmanjšane porabe aromatičnih topil in white spirita z uporabo manj hlapnih snovi (manj gorljivih, manj potencialnih za sproščanje HOS), kjer je to mogoče. Panoga proizvodnje organskih kemikalij v velikih količinah (POKVK) obsega široko paleto kemikalij in procesov. Zelo poenostavljeno jo lahko opišemo tako, da kot surovine uporablja produkte rafinerij in jih s kompleksnimi kombinacijami kemijskih in fizikalnih postopkov pretvarja v raznovrstne končne izdelke in polizdelke, navadno s kontinuirno potekajočimi procesi. Na to področje spada tudi proces proizvodnje hidroizolacijskih bitumenskih premazov v podjetju Fragmat Tim d.o.o. Proizvodi panoge POKVK se pogosteje uporabljajo na debelo kot surovine za nadaljnjo sintezo kemikalij z višjo dodano vrednostjo (npr. za topila, plastične mase, zdravila). Proces POKVK so navadno združeni v velikih, visoko integriranih proizvodnih obratih, ki jih odlikujejo prilagodljivost procesov, optimirana raba energije, ponovna uporaba stranskih proizvodov in ekonomija obsega. Na ravni Evrope je največja proizvajalka Nemčija, uveljavljena podjetja v panogi POKVK pa najdemo tudi na Nizozemskem, v Franciji, Združenem Kraljestvu, Italiji, Španiji in Belgiji (European Commission, 2007). Večino procesov v panogi POKVK lahko popišemo s petimi značilnimi koraki, in sicer: dobava/priprava surovin, sinteza, separacija/rafiniranje proizvoda, ravnanje s proizvodom in skladiščenje ter zmanjševanje emisij. Ravni porab in emisij so zelo specifične za posamezni proces in jih je težko opredeliti in količinsko določiti brez podrobne preučitve. Najpomembnejši vzroki emisij iz procesov so:

- nečistoče v surovinah lahko potujejo skozi proces brez sprememb in izstopijo kot odpadki;
- proces lahko uporablja zrak kot oksidant, pri tem pa nastaja odpadni plin, ki ga je treba odvajati;
- pri reakcijah v procesu nastaja voda / drugi stranski proizvodi, ki jih je treba ločiti od glavnega proizvoda;
- v proces se lahko uvajajo pomožne snovi, ki se jih nato ne odvede v celoti;
- del surovin lahko ne sodeluje v reakciji, pa jih ni mogoče gospodarno izrabiti ali ponovno uporabiti.

Natančna narava in obseg emisij sta odvisna od dejavnikov, kakršni so: starost postrojenja, sestava surovin, vrsta proizvodov, narava vmesnih proizvodov, uporaba pomožnih snovi, pogoji procesa, obseg preprečevanja emisij v samem procesu, tehnologija čiščenja na izhodu ter scenarij obratovanja. Pomembno je tudi razumeti dejansko okoljsko pomembnost dejavnikov, kakršni so: opredelitev meje obrata, stopnja integriranosti procesa, opredelitev osnove za emisije, merilne metode, opredelitev odpadkov ter lokacija obrata. Pri procesih v panogi POKVK varovanje okolja obsega kombinacijo ustreznih tehnologij pri razvoju procesov, projektiranju procesov, projektiranju postrojenj, tehnologij, integriranih v proces, in tehnologij čiščenja na izhodu.

a) Sistemi ravnanja z okoljem

Za sisteme ravnanja z okoljem velja, da so osrednjega pomena za zmanjševanje okoljskih učinkov procesov v panogi POKVK. Najboljše delovanje z okoljskega vidika se navadno doseže z vgradnjo najboljše tehnologije ter njenim najučinkovitejšim in smotrnim upravljanjem. Sistem ravnanja z okoljem navadno ureja organizacijsko strukturo, odgovornosti, prakse, postopke, procese in vire za razvoj, uvajanje, doseganje, ocenjevanje in spremljanje okoljske politike. Najboljše razpoložljive tehnologije (v nadaljevanju NRT) za sisteme okoljskega vodenja so ustrezna kombinacija ali izbira naslednjih tehnik:

- okoljska strategija in opredelitev za izvajanje strategije;
- organizacijske strukture za integracijo okoljskih vprašanj v procese odločanja;
- pisni postopki ali prakse za vse okoljsko pomembne vidike projektiranja, obratovanja, vzdrževanja, spravljaja v pogon in razgradnje obratov;
- interni sistemi pregledov za presojo izvajanja okoljskih politik in za preverjanja skladnosti s postopki, standardni in zahtevami predpisov;
- računovodske prakse, ki v stroške vključujejo polne stroške surovin in odpadkov;
- dolgoročno finančno in tehnično načrtovanje okoljskih investicij;
- sistemi upravljanja (hardverski / softverski) glavnih procesov in opreme za obvladovanje onesnaževanja, ki zagotavljajo stabilno obratovanje, dobre izkoristke in okoljsko ustrezno delovanje v vseh obratovalnih režimih;
- sistemi za zagotovitev okoljske ozaveščenosti in usposabljanja osebja;
- strategije kontrolnih pregledov in vzdrževanja, ki optimirajo delovanje procesov;
- opredeljeni postopki odzivov na nenormalne dogodke;
- trajna prizadevanja za zmanjševanje odpadkov.

(European Commission, 2007).

b) Preprečevanje onesnaževanja

Pri procesih v panogi POKVK se lahko uporabljajo številne tehnologije preprečevanja onesnaževanja. Pri izbiranju NRT za procese POKVK za vsak medij se v hierarhičnem zaporedju upošteva naslednje tehnike:

- I. odprava nastajanja vseh tokov odpadkov (plinastih, vodnih in trdnih) z ustreznim razvojem in projektiranjem procesov, zlasti z visoko ločljivostjo faze reakcije in ustreznimi katalizatorji;
- II. zmanjševanje tokov odpadkov s spremembami surovin, opreme in obratovalnih postopkov v okviru procesa ;
- III. recikliranje odpadkov z neposredno ponovno uporabo ali vračanjem;
- IV. izraba vrednosti tokov odpadkov;
- V. čiščenje in odlaganje tokov odpadkov na izhodu.

c) Obvladovanje onesnaževanja zraka

Pri procesih POKVK so glavna onesnaževala hlapne organske spojine (HOS), pomembna onesnaževala pa so lahko tudi emisije dimnih plinov, kislih plinov in prahu. Naprave za čiščenje odpadnih plinov so projektirane posebej za določeno sestavo odpadnih plinov in niso nujno primerne za čiščenje vseh onesnaževal. HOS navadno izvirajo iz procesnih oddušnikov, skladišč/prečrpavanj tekočin in plinov, nezajetih virov in vmesnih oddušnikov. Učinkovitost in stroški preprečevanja in obvladovanja sproščanja HOS so odvisni od vrst, koncentracij in pretokov HOS ter izhodiščnih in ciljnih ravni emisij. Pri izbiri NRT je treba upoštevati parametre, kakršni so: vrste in vstopne koncentracije onesnaževal, pretoki plinov, prisotnost nečistoč, dopustne izhodne koncentracije, varnost, investicijski in obratovalni stroški, razpored postrojenj v obratu in razpoložljivost potrebnih pomožnih zmogljivosti. Pri visokih vstopnih koncentracijah ali manj učinkovitih tehnikah je lahko potrebna kombinacija več tehnik. Generična NRT za obvladovanje onesnaževal zraka za HOS je ustrezna kombinacija ali izbira tehnik, naštetih v spodnji preglednici (Preglednica 9).

Preglednica 9: Pregled vseh kombinacij in tehnik za obvladovanje emisij zraka

Tehnika / Tehnologija	Ravni ustrežajoče NRT ⁽¹⁾	Opomba
Selektivna membranska separacija	Izraba 90 - > 99,9% HOS < 20 mg/m ³	Indikativno območje uporabnosti 1 - >10 gHOS/m ³ Učinkovitost lahko poslabšajo korozivne primesi, prah v plinu ali bližina točke rosenja.
Kondenzacija	Kondenzacija izraba 50 - 98% + dodatno čiščenje Kriokondenzacija: ⁽²⁾ izraba 95 – 99,95%	Indikativno območje uporabnosti: pretok 100 - >100.000 m ³ /h, 50 - >100 gHOS/m ³ . Pri kriokondenzaciji: pretok 10 – 1.000 m ³ /h, 200 - 1.000 gHOS/m ³ , 20 mbar-6 bar
Adsorpcija ⁽²⁾	izraba 95 -99,99%	Indikativno območje uporabnosti regenerativne adsorpcije: pretok 100 - >100000 m ³ /h, 0,01 – 10 gHOS/m ³ , 1 – 20 at. Neregenerativna adsorpcija: pretok 10 - >1.000 m ³ /h, 0,01 - 1,2 gHOS/m ³ .
Mokri čistilnik ⁽²⁾	zmanjšanje 95 -99,9%	Indikativno območje uporabnosti: pretok 10 – 50.000 m ³ /h, 0.3 - >5 gHOS/m ³
Toplotno sežiganje	zmanjšanje 95 -99,9% HOS ⁽²⁾ < 1 - 20 mg/m ³	Indikativno območje uporabnosti: pretok 1.000 – 100.000 m ³ /h, 0.2 - >10 gHOS/m ³ . Območje 1 - 20 mg/m ³ temelji na omejitvah emisij in izmerjenih vrednostih. Učinkovitost zmanjšanja je lahko pri regenerativnem ali rekuperativnem toplotnem sežiganju nižja od 95 – 99%, lahko pa dosežemo < 20 mg/Nm ³ .
Katalitska oksidacija	zmanjšanje 95 -99% HOS < 1 - 20 mg/m ³	Indikativno območje uporabnosti: pretok 10 - 100.000 m ³ /h, 0,05 – 3 gHOS/m ³
Sežiganje na bakli	Bakle nad tlemi > 99% Bakle na tleh > 99,5%	
<p>1. Če ni posebej navedeno, koncentracije pomenijo polurna/dnevna povprečja pri referenčnih pogojih: suhi dimni plini pri 0° C, 101,3 kPa in vsebnost kisika 3% (vol.) (vsebnost kisika 11% pri katalitski / toplotni oksidaciji).</p> <p>2. Pri tej tehnologiji je treba upoštevati tudi učinke na druge medije.</p>		

Vir: European Commission, 2007

Kjer je le mogoče, se sproščene hlapne organske spojine (HOS) iz procesnih oddušnikov ponovno uporabijo v procesu, možnosti za to pa so odvisne od dejavnikov, kakršni so sestava HOS, morebitne omejitve glede ponovne uporabe in vrednost HOS.

Naslednja možnost je izraba kurilne vrednosti HOS kot goriva; če pa tudi to ni mogoče, je lahko potrebno zmanjševanje učinkov na okolje. Včasih je potrebna kombinacija tehnologij, na primer: predhodno čiščenje (odstranitev vlage in prahu), koncentriranje razredčenih plinskih tokov, primarno odstranjevanje, s katerim zmanjšamo visoke koncentracije, ter končno čiščenje, s katerim dosežemo želene ravni sproščanj. V splošnem je HOS mogoče zajeti in izrabiti s kondenzacijo, absorpcijo in adsorpcijo, razgraditi pa z oksidiranjem.

Nezajete emisije HOS izvirajo iz puščanj par na opremi, ki jih povzroča postopna izguba predvidene tesnosti opreme. Med generične izvore spadajo tesnila na steblih ventilov / krmilnih ventilov, priključki, slepi zaključki, tesnila na črpalkah, dostopne odprtine in vzorčna mesta. Pogosto lahko z uporabo boljše opreme dosežemo pomembna zmanjšanja nezajetih emisij. To v splošnem ne poveča investicijskih stroškov pri novih obratih, pač pa je lahko pomembno pri obstoječih obratih, zato obvladovanje emisij bolj temelji na programih ugotavljanja in odprave puščanj. Splošni dejavniki, ki se nanašajo na vso opremo, so:

- zmanjšanje števila ventilov, krmilnih ventilov in prirobnic, skladno z zahtevami varnosti obratovanja in vzdrževanja postrojenja;
- olajšanje dostopa do delov, kjer lahko pride do puščanj, tako da omogočimo učinkovito vzdrževanje;
- puščanja je težko določiti in program nadzora je dobro izhodišče za pridobitev pregleda nad emisijami in njihovimi vzroki. Tak program je lahko osnova za načrt ukrepov;
- uspešnost zmanjševanja izgub zaradi puščanj je močno odvisna ne le od tehničnih izboljšav, pač pa tudi od vodstvenih ukrepov, saj je motiviranje osebja pomemben dejavnik;
- večina zabeleženih nezajetih emisij je izračunanih, ne pa ugotovljenih z opazovanjem, pa tudi vse metode izračunov niso med seboj primerljive. Povprečni emisijski faktorji so na splošno višji od izmerjenih vrednosti.

(European Commission, 2007).

5.2 Iskanje rešitev v Fragmat Timu

Visoka stopnja industrializacije ter zastarelost tehnologije v Fragmat Timu d.o.o. predstavljata največjo obremenitev okolja. V primerjavi z razvitimi industrijami je pomemben kazalec neustrezne strukture slovenske industrije tudi visoka stopnja porabe energije na enoto proizvoda. Industrija lahko bistveno pripomore k varovanju okolja, človekovega zdravja, zmanjšanju količine odpadkov, če le deluje odgovorno do okolja. Danes je zelo pomembno, da je vodenje podjetij okoljsko odgovorno, saj je to ključ do prehoda na trajnostno ravnanje. Industrija in podjetništvo lahko k temu prispevata tako, da razvijata tehnike in tehnologije, ki imajo manj škodljivih vplivov na okolje. Cene izdelkov in storitev naj bi v prihodnje vse bolj odražale ekološke stroške njihove izdelave, uporabe, recikliranja ter odlaganja. Na tem področju bi Fragmat Tim d.o.o. moral predvsem:

1. oblikovati politiko, ki bi privedla k delovanju in izdelkom, ki imajo manj negativen vpliv na okolje; tu mislimo predvsem na zamenjavo topil z drugimi okolju prijaznejšimi surovinami pri izdelavi bitumenskih premazov.
2. zagotoviti odgovorno in etično uporabo izdelkov in procesov z vidika zdravja, varnosti in okolja;
3. omogočiti, da bi lahko hčerinska podjetja v državah v razvoju (Srbija, Makedonija, Črna Gora) kupovala okolju prijazno tehnologijo brez zaščitnih carin;
4. okrepiti raziskave in razvoj na področju okolju prijaznih tehnologij in sistemov, ki bodo v skladu z varstvom okolja.

Fragmat Tim še vedno išče ustrezno rešitev, ki bi prispevala k zmanjšanju emisij hlapnih organskih spojin iz oddušne cevi na vrhu mešalnika. S tem ne bi le zmanjšali onesnaževanja okolja, ampak hkrati izboljšali delovne pogoje za delavce, ki točijo bitumenski premaz. Problem se pojavi predvsem v poletnem času, ko je zaradi višjih temperatur posledično povečana evapotranspiracija topil. Glede na razpoložljive tehnološke predloge navedene v preglednici 9, so glede na moje raziskovanje in analiziranje literature teoretično izvedljive metode:

- termični postopki (sežiganje na bakli, katalitski sežig),
- adsorpcija: uporaba filtra z aktivnim ogljem,
- kondenzacija v kombinaciji z (obstoječim) mokrim čistilnikom: izgradnja kondenzacijskega cevovoda od izpustne oddušne cevi mešalnika do čistilne naprave podjetja Fragmat Tim, ki že opravlja funkcijo čiščenja emisij hlapnih organskih spojin iz proizvodnje bitumenskih trakov.

5.2.1 Sežiganje na bakli

Učinkovitost sežiga na bakli nad tlemi je več kot 99%. Kljub temu ima ta tehnologija dve slabi plati; pglavitna slabost so izpusti hlapov hlapnih organskih spojin, ko koncentracije hlapov ne bodo zadostne za sežig na bakli; te so običajno v območju od 0,1 do 10 g/m³. Da bi oksidirali tako majhno koncentracijo HOS, bi bilo potrebno ogromno količino zraka segreti na temperaturo, pri kateri lahko pride do termičnih reakcij. V primerih zelo razredčenih hlapov energija, vsebovana v HOS, ni dovolj visoka, da bi zagotavljala pogoje za neprekinjeno oksidacijo. Potrebno bi bilo dovajati veliko dodatne energije s pomočjo konvencionalnega (najbolje plinastega) energenta, ki pa v podjetju ni na razpolago. Ogrevanje plinskega odpadnega toka zraka 10.000 m³/h na toplotno oksidacijsko temperaturo (približno 800 °C) zahteva 2,8 MW moči (Formia Emissions Control, 2010). Tako je ta varianta v prvi vrsti s tehnološkega in ekološkega vidika manj sprejemljiva, v primeru, da bi morali dovajati dodatni energent pa tudi z ekonomskega vidika. Vsekakor bi bilo tukaj treba uporabiti novo merilno mesto, ki bi ga bilo potrebno nadzorovati, torej vzpostaviti monitoring, kar za podjetje predstavlja dodatni strošek in velik finančni zalogaj.

5.2.2 Katalitska oksidacija oziroma katalitski sežig

Katalitska oksidacija je bila priznana kot najučinkovitejša metoda za zmanjšanje emisij HOS v pogojih nizkih koncentracij hlapov. Želeni reakcijski produkti so ogljikov dioksid in voda, ki niso škodljivi za okolje. Katalizatorji, kot sta platina (Pt) in paladij (Pd), se navadno uporabljajo za pospeševanje teh reakcij. Vendar pa se zaradi visokih cen teh kovin vedno bolj uveljavljajo nadomestni, cenejši katalizatorji. To so predvsem prehodne kovine, kot so mangan (Mn), nikelj (Ni), krom (Cr) in kobalt (Co). Te kovine imajo visok oksidacijski potencial, zato so tudi primerne za tovrstne reakcije (Balzer et al, 2014). Tipični katalitski sistem je sestavljen iz katalitskega aktivnega materiala, nameščenega v toplotno izolirani gorivni komori. Ta aktivni material omogoča reakcije med kisikom iz zraka in hlapi HOS. Katalitska oksidacija je eden od najpomembnejših postopkov za razgradnjo hlapnih organskih snovi v industrijskih odpadnih plinih. Ta postopek uporabljamo kadar reakcije zaradi razredčenosti ali nereaktivnosti hlapov ne potekajo dovolj hitro, potekajo pa boljše v prisotnosti katalizatorja. Gre za podobne reakcije kot pri sežiganju na bakli, s tem da je pri katalitskem sežigu potrebna bistveno nižja temperatura sežiga, nekje v temperaturnem območju 205 – 260 °C. S tem dosežemo manjšo porabo energenta, ki je potreben za popolni sežig hlapov organskih spojin. Učinkovitost te rešitve za zmanjšanje emisij hlapnih organskih spojin znaša 95 – 99%, pri HOS < 1 - 20 mg/m³.

5.2.3 Adsorpcija z uporabo filtra z aktivnim ogljem

Pri stikih med površino trdne snovi in plinom se srečamo s procesom, ki ga imenujemo adsorpcija. Snov, ki ima aktivno površino in je na to površino sposobna vezati delce plina, imenujemo adsorbent. Molekule, ki se vežejo na to aktivno površino, pa imenujemo adsorbat. Zaradi potrebe po bolj čistem okolju so se začele uveljavljati različne tehnike, ki omogočajo odstranjevanje ali zniževanje emisij HOS. Enostavnejša in cenejša tehnika, kot je neregenerativna termična oksidacija, je prevladala zaradi lažje prilagodljivosti, brez večjega vpliva na stroške proizvodnje. Vprašanje, ki se ob tem postavi je, ali so te opisane tehnike učinkovite, saj je znano, da sta cena in kakovost obratno sorazmerni (Ravljien, 2015). V splošnem velja, da je prva stopnja adsorpcije velika zaradi velike proste površine. Ob polnjenju por oziroma nasičenju aktivnega oglja pa se ta stopnja s časom bistveno zmanjšuje, saj je površina že delno napolnjena z molekulami in adsorpcija ne poteka več tako hitro in učinkovito. S procesom desorpcije dosežemo regeneracijo adsorbenta in s tem povrnemo adsorbent v prvotno stanje. Učinkovitost procesa desorpcije se s časom večja, saj se molekule začnejo odstranjevati s površine, nato pa se odstranjevanje začne širiti v notranjost por. Učinkovitost tehnologije adsorpcije z aktivnim ogljem za odstranjevanja hlapov HOS iz zraka je nekje od 95 do 99,99%. Pri tem je potrebno omeniti indikativno območje uporabnosti regenerativne adsorpcije, kjer mora biti pretok odpadnih plinov $100 - > 100.000 \text{ m}^3/\text{h}$, koncentracija pa $0,01 - 10 \text{ gHOS}/\text{m}^3$. Pri neregenerativni adsorpciji pa je pretok odpadnih plinov praviloma majhen $10 - > 1.000 \text{ m}^3/\text{h}$, s koncentracijo $0,01 - 1,2 \text{ gHOS}/\text{m}^3$. Pri uporabi aktivnega oglja je zadeva podobna kot pri sežiganju na bakli. Še vedno bi bil dodatni samostojni vir emisij, nastajal pa bi dodatni odpadek, če se ne bi izvedla regeneracija oziroma desorpcija nasičenega aktivnega oglja. Na letnem nivoju bi z menjavo filtrov povzročili 1 m^3 odpadka, ki bi ga morali sežgati, s čimer bi podjetje Fragmat Tim ponovno obremenjevalo okolje.

5.2.4 Kondenzacija v kombinaciji z mokrim čistilnikom

Zaradi zahtev o emisijah na trenutni čistilni napravi je mejna vrednost koncentracije TOC-ev $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ v izpušnem zraku, torej mora biti zrak še bolj očiščen kot pri uporabi aktivnega oglja, kjer je mejna vrednost koncentracije TOC-ev $150 \text{ mg}/\text{m}^3$ – to pomeni, da bi s kondenzacijo večji del hlapov kondenzirali in vračali v proizvodnjo, ter s tem manj onesnaževali zrak. Poleg tega zaradi te dodatne količine TOC-a iz mešalnika lbitola ne bo nastala nova vrsta odpadka (sedanja količina zaoljene odpadne vode bi se nekoliko povečala), kar bi lahko bila bistvena prednost z vidika ravnanja z okoljem, pa še ekonomika je pri tej varianti bolj ugodna.

Sklepni komentar:

Glede na to, da so zakonodajne zahteve mejnih vrednosti koncentracij TOC-ov na čistilni napravi bolj stroge v primerjavi z uporabo filtra z aktivnim ogljem, bi ekološko bila bolj primerna uporaba kondenzacije. Predvsem z vidika manjše obremenitve okolja z odpadkom, ki nastaja kot posledica čiščenja zraka. Pri čistilni napravi tovrstnega odpadka ne bo več, pri oglju pa bo nastajal nov odpadek – torej nova obremenitev okolja in nov dodatni strošek zaradi oddaje nevarnega odpadka, ki ga morajo uničiti zunanji pooblaščen izvajalci.

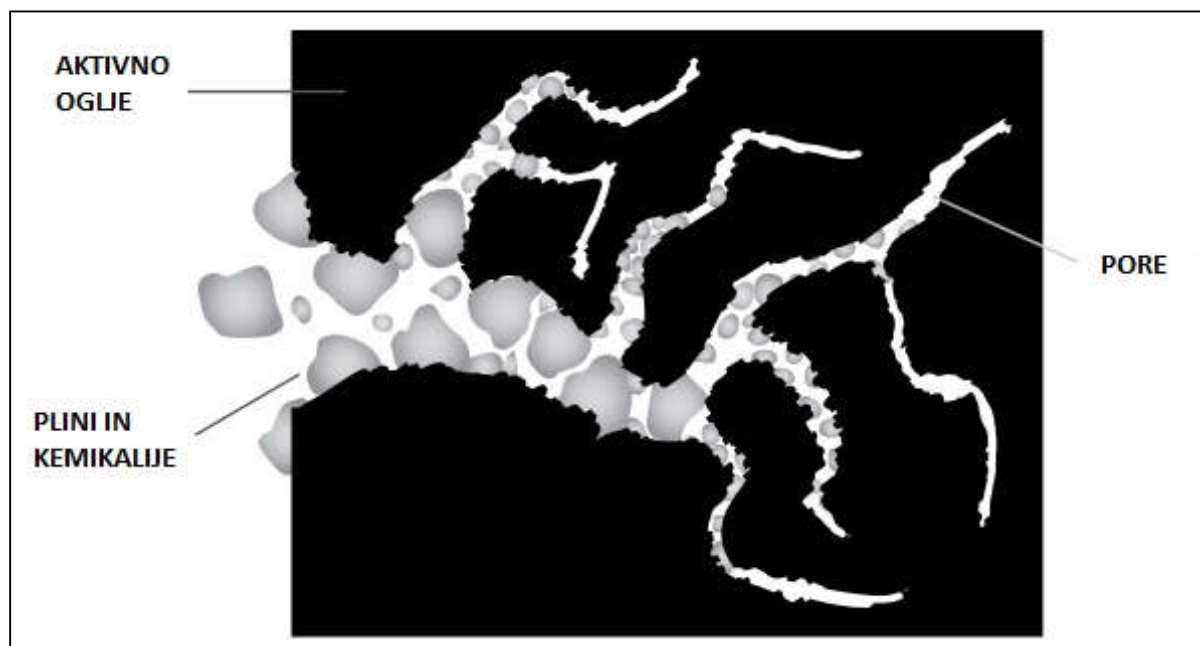
5.3 Analiza predlaganih rešitev za implementacijo v Fragmat Timu

5.3.1 Analiza uporabe filtra z aktivnim ogljem

Nujnost čiščenja odpadnega zraka se pojavlja pri napravah vseh velikosti, tudi pri manjših kot je naprava za pripravo bitumenskega premaza v Fragmat Timu. Temu potrebno je treba prilagoditi tudi kapacitete filtracijskih sistemov za nevtralizacijo kontaminantov. Zaradi vse bolj stroge zakonodaje za izpust industrijskega odpadnega zraka zadnjih nekaj let, postajajo filtri za čiščenje zraka nepogrešljivi tudi v različnih industrijskih obratih. Z njimi preprečimo uhajanje emisij škodljivih snovi v okolje, med katere sodijo tudi hlapne organske spojine.

5.3.1.1 Princip čiščenja emisij hlapnih organskih spojin z uporabo aktivnega oglja

Za čiščenje odpadnega zraka in plinov s hlapi organskih topil se najpogosteje uporablja postopek adsorpcije – to je fizikalni proces, pri katerem določene snovi privlačijo na svojo površino ione ali molekule, ki so razpršeni v vodi ali plinu. Najbolj raširjena je uporaba zrnate granulacije aktivnega oglja. Aktivno oglje ima veliko specifično površino (600 – 1200 m²/g) (R-group d.o.o., 2014), na katero se onesnažila iz odpadnega zraka adsorbirajo.



Slika 11: Prikaz sistema adsorpcije v aktivnem oglju

Vir: Air Science, 2014

Čeprav se na aktivnem oglju adsorbirajo praktično vse v vodi ali plinu raztopljene organske snovi, se adsorpcija na aktivnem oglju uporablja predvsem za odstranjevanje organskih snovi, ki imajo visoko molekularno maso in so nepolarne. V našem primeru organske snovi oziroma spojine predstavljata dve vrsti topil, ki jih podjetje uporablja pri izdelavi bitumenskega premaza. Največ se uporablja topilo ksilen, predvsem zaradi zagotovljenih lastnosti, ki jih to topilo dá končnemu izdelku. Znanstvene raziskave so pokazale, da ima aktivno oglje sposobnost vezati nase določeno količino in maso hlapnih organskih spojin; v splošnem lahko povprečno 1 m³ aktivnega oglja, z 0,3 m³ notranjih por absorbira onesnažila iz najmanj 30 m³ zraka (Haycarb, 2017). Proces adsorpcije hlapov organskih spojin na aktivno oglje je podoben kondenzaciji, pri čemer je oboje odvisno od vrelišča. Pri višjih vreliščih kondenzacija poteka hitreje, s čimer se poviša tudi adsorpcijska zmogljivost. V preglednici 10 je prikazana količina absorbiranih hlapnih organskih spojin v 100 g aktivnega oglja, medtem ko je v spodnjem diagramu (Slika 10) vidno nasičenje adsorbenta s hlapnimi organskimi spojinami.

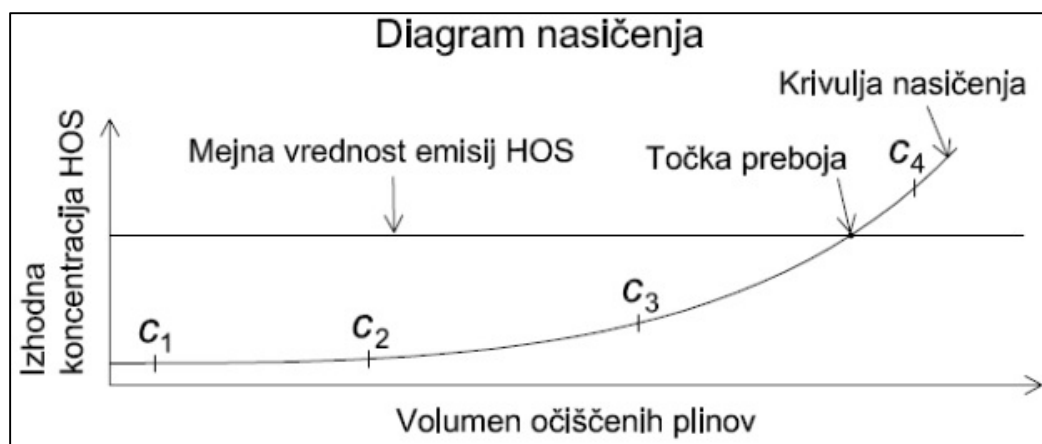
V sklopu raziskave *Effects of activated carbon surface properties on the adsorption of volatile organic compounds* so bile izvedene 3 testne meritve za adsorpcijo ksilena na aktivno oglje.

Preglednica 10: Adsorpcija hlapnih organskih spojin (ksilena) na aktivno oglje

Zap. številka meritve	ME	Vrednost meritve
1	$\frac{\text{g HOS}}{100 \text{ g aktivnega oglja}}$	31,45
2		28,71
3		30,26
Povprečna vrednost		30,14

Vir: Liqing et all, 2012

Povprečna vrednost absorbirane količine ksilena je 30 g na 100 g aktivnega oglja. To je malo več kot ena tretjina mase hlapnih organskih spojin, ki jo lahko 100 g aktivnega oglja absorbira.



Slika 12: Diagram nasičenja adsorbenta

Vir: Ravljen, 2015

Diagram nasičenja predstavlja proces adsorpcije na adsorbent z aktivno površino. Iz tega lahko razberemo volumen ali čas, v katerem je prišlo do nasičenja izbranega adsorbenta. Z izdelavo diagramov nasičenja za različne procese, tehnologije ali posamezne komponente lahko predvidimo, koliko časa oz. kolikšen volumen očiščenih plinov lahko vodimo skozi plast adsorbenta, preden dosežemo točko preboja. Za izboljšanje lastnosti aktivnega oglja se le tega impregnira z določenimi kemikalijami. Pri impregniranem aktivnem oglju pride do kemične nevtralizacije snovi iz odpadnega zraka in kemikalij na površini oglja. Polnilo iz zraka odstranjuje snovi, ki povzročajo neprijeten vonj, na primer iz industrijskih objektov (R-group d.o.o., 2014).

Glede na lastnosti oddušne cevi naprave za proizvodnjo bitumenskega premaza ter izmerjene koncentracije in količine emisij hlapnih organskih spojin, je uporaba filtra z aktivnim ogljem ena izmed izvedljivih rešitev za zmanjšanje emisij. Izhajanje emisij hlapnih organskih spojin iz proizvodnje bitumenskega premaza se lahko reši s postavitvijo filtra z aktivnim ogljem v oddušno cev na vrhu mešalnika. Raziskala in poiskala sem nekaj pooblaščenih izvajalcev, ki se ukvarjajo z razvojem tehnologij za čiščenje zraka. Podjetje enviTEC je trenutno najbolj primerno za izvedbo tega projekta, predvsem zaradi ustrezne opreme in tehnologije, ki so primerne za vgradnjo na pnevmatsko napravo podjetja Fragmat Tim. Na oddušno cev bi se lahko vgradil manjši filter iz elektroprevodne plastike z aktivnim ogljem. Dimenzije filtra bi glede na izmerjene parametre oddušne cevi bile:

- premer filtra bi meril približno 400 mm,
- visina filtra bi znašala približno 1400 mm

(Pečenko, 2017).

Filter bi se nato povezal z obstoječo oddušno cevjo tako, da bi zrak vstopal v filter s strani in izhajal iz filtra na vrhu. Filter je opremljen z dvema revizijskima odprtinama¹ za praznjenje in polnjenje aktivnega oglja. Ker bi filter za pnevmatsko napravo Fragmat Tima moral biti manjši od standardnega od podjetja enviTEC Technologie GmbH, bi se aktivno oglje moralo menjati dvakrat na leto, njegov odpadek pa odstraniti v sežigalnici kot nevarni odpadek (Pečenko, 2017).



Slika 13: Splošni primer vgradnje segmenta filtra z aktivnim ogljem na oddušno cev
Vir: enviTEC Technologie GmbH, 2017

¹Revizijska odprtina je odprtina za polnjenje in praznjenje posod oziroma rezervoarjev s trdnimi snovmi (Bell d.o.o., 2014).

Filter z aktivnim ogljem, ki bi ga vgradili nad oddušno cev, je modularna enota, ki jo lahko po potrebi in glede na količino onesnaženega zraka ter vrste emisij, uporabljamo paralelno oziroma zaporedno. S filtrom se lahko iz zraka z vezavo molekul emisij na adsorbent enostavno in hitro odstranijo emisije škodljivih in neprijetno dišečih snovi iz vira onesnaževanja. Konstrukcija filtra omogoča enakomerno porazdelitev onesnaženega zraka po njegovi celotni površini. Na ta način se doseže optimalni izkoristek uporabljenega oglja in istočasno preprečuje tvorjenje kanalov, nastajanje slabo izkoriščenih delov v filtrirnem materialu in s tem omogoča daljšo življensko dobo uporabljenega filtrirnega materiala (Pečenko, 2017). Druga možnost menjave filtrov z aktivnim ogljem je tudi regeneracija nasičenega adsorbenta, ki je z ekonomskega vidika prijaznejša podjetju. Ko se aktivno oglje zasiti, ga lahko regeneriramo. Odstranjevanje adsorbiranih snovi s površine adsorbenta ali desorpcija najbolje poteka pri zvišani temperaturi in pri znižanem tlaku. Aktivno oglje lahko regeneriramo s prepihanjem z vodno paro pri visoki temperaturi ali s termično regeneracijo v posebnih pečeh brez dostopa zraka. Možnost prepihanja s paro je za podjetje praktično izvedljiva, ker je možen dostop do večjih količin pare, ki je v podjetju potrebna in poglobitna za potek proizvodnje programa embalaže; njihovi izdelki se izdelujejo na osnovi stisnjenja ekspandiranega polistirena s pomočjo vodne pare. Desorpcijo aktivnega oglja bi lahko izvedli na več možnih načinov:

- neposredno z vodno paro,
- posredno z vodno paro,
- neposredno s krožečim vročim zrakom,
- posredno s krožečim vročim zrakom
- ali pri zunanjem izvajalcu.

Regeneracija adsorbentov za njihovo ponovno uporabo v adsorpcijskem procesu se tako vrši ravno s spremembo procesnih parametrov, kot sta temperatura in koncentracija ali tlak. Z zadostnim dvigom temperature ali znižanjem koncentracije je namreč možno doseči skoraj popolno desorpcijo snovi iz adsorbentov in jih tako pripraviti na ponovno uporabo. V regeneracijskem procesu zbrani adsorbat je nato zaradi njegove visoke koncentracije enostavno uničiti ali kako drugače uporabiti (Štimec et al, 2008).

5.3.1.2 Finančna vrednost začetne investicije

Vgrajeni filter bi moral biti manjši v primerjavi s pilotnim. To pomeni, da bi se aktivno oglje moralo menjati dvakrat na leto. S finančnega vidika lahko primerjamo vrednost investiranja v čistilno tehnologijo s filtrom z aktivnim ogljem in plačano ekološko takso za hlapne organske spojine, ki jih mora Fragmat Tim plačati v celem letu. Po podatkih strokovnega sodelavca v podjetju enviTEC Technologie GmbH, bi cena filtra s prvo polnitvijo znašala približno 6.681 €. Cena ene polnitve oziroma zamenjave aktivnega oglja v filtru bi znašala 869 €.

Začetni strošek investicije bi znašal: $6.681 \text{ €} + 869 \text{ €} = 7.550 \text{ €}$

Ker bi bili potrebni dve menjavi polnila na leto, bi to znašalo:

$869 \text{ €} \times 2 = 1.738 \text{ €}$

Torej, v prvem letu bi strošek investicije znašal 7.550 €, vsako naslednje leto pa bi za polnitve filtra z aktivnim ogljem odšteli 1.738 €. Razpon cen tovrstnih industrijskih filtrov z aktivnim ogljem se giblje od pičlih 174 € in vse do 2.000 € in še več. Cena je odvisna od različnih parametrov, kar se tiče uporabe teh filtrov na področju industrijske dejavnosti:

- od dimenzij filtrov,
- adsorpcijske zmogljivosti (tipa oglja),
- količine polnila v filtru,
- časa menjave polnila v filtru.

5.3.2 Analiza izgradnje kondenzacijskega cevovoda od oddušne cevi mešalnika za izdelavo bitumenskega premaza do obstoječe čistilne naprave

Fragmat Tim d.o.o. je ob izgradnji novejših proizvodnih linij istočasno zgradilo tudi čistilno napravo za odstranjevanje nečistoč iz tehnološkega zraka oz. plinov. Oba objekta sta bila zgrajena leta 1974 zaradi povečanega obsega dela hidroizolacijskih bitumenskih trakov in hkrati zaradi razvojno-tehnoloških razlogov. Postrojitev čistilne naprave in proizvodnih linij je prikazana na spodnji sliki (Slika 14). Za naprednejše gradbene izdelke je bilo potrebno nadgraditi že obstoječo proizvodno linijo iz leta 1947. Podjetje, ki je postavilo oba objekta, se imenuje Boato International S.p.A. To je italijansko podjetje, ki izdeluje in postrojuje proizvodne linije in naprave za izdelavo bitumenskih izdelkov, hkrati pa njihov storitveni program zajema tudi izgradnjo zračne čistilne naprave.



Slika 14: Shematski prikaz postrojitve proizvodnih linij in čistilne naprave

5.3.2.1 Opis čistilne naprave

Čistilna naprava je postavljena zunaj proizvodne hale in je samostojni objekt. Od nje poteka glavni odesovalni cevovod, na katerega je priključen odesovalni sistem iz proizvodne linije za izdelavo bitumenskih hidroizolacijskih trakov.



Slika 15: Sistem trenutnega odesovalnega cevovodnega postroja

Na sliki 15 je z zeleno barvo označen potek glavnega cevovodnega sistema. Z rumeno barvo pa so označeni priključki odesovanja iz novejše proizvodnje linije za izdelavo bitumenskih trakov.

Preglednica 11: Rezultati meritev izpustov iz čistilne naprave

Parameter	Merska enota	Vrednost meritve
Volumski pretok hlapov	Nm ³ /h	12.360
Temperatura plinov	°C	30,5
Hitrost plinov v cevi	m/s	10,5
Vlažnost odpadnih plinov	g/m ³	20,3
Koncentracija TOC	mg/m ³	3,2
Količina emisij TOC	g/h	39,8

Vir: Kova d.o.o., 2016b

5.3.2.2 Trenutni učinek čiščenja čistilne naprave podjetja Fragmat Tim d.o.o.

Glede na rezultate meritev pooblaščenega podjetja za merjenje emisij, Kova d.o.o., lahko izračunamo trenutni učinek čiščenja odpadnih plinov, ki so odsesani iz novejše proizvodnje linije za izdelavo hidroizolacijskih trakov. Na novejši proizvodni liniji so nameščene odsesovalne cevi nad petimi različnimi viri emisij TOC-ev:

- Topilec 1 (T₁)
- Topilec 2 (T₂)
- Nanosna kad 1 (N₁)
- Nanosna kad 2 (N₂)
- Nanosna kad 3 (N₃)

Iz vsakega vira je bila izmerjena koncentracija emisij TOC-ev in pretok odpadnih plinov.

Preglednica 12: Koncentracije in pretoki emisij iz novejše proizvodne linije Fragmat Tima d.o.o.

Mesto meritve	Koncentracija TOC-ev	Pretok odpadnih plinov
Topilec 1 (T ₁)	c _{T1} = 2,2 mg/m ³	Q _{T1} = 4.632 m ³ /h
Topilec 2 (T ₂)	c _{T2} = 6,7 mg/m ³	Q _{T2} = 4.616 m ³ /h
Nanosna kad 1 (N ₁)	c _{N1} = 18,1 mg/m ³	Q _{N1} = 5.102 m ³ /h
Nanosna kad 2 (N ₂)	c _{N2} = 19,7 mg/m ³	Q _{N2} = 10.216 m ³ /h
Nanosna kad 3 (N ₃)	c _{N3} = 4,1 mg/m ³	Q _{N3} = 8.094 m ³ /h

Vir: Kova d.o.o., 2016c

Računska enačba za izračun učinka čiščenja je

$$\eta = \frac{(c_v \times Q_v) - (c_i \times Q_i)}{(c_v \times Q_v)},$$

pri čemer je vhodna koncentracija TOC (c_v) opredeljena kot koncentracija TOC-ev iz novejše proizvodnje linije (c_{vNL}) ($c_v = c_{vNL}$) in vhodni pretok odpadnih plinov (Q_v) kot pretok iz novejše proizvodnje linije (Q_{vNL}) ($Q_v = Q_{vNL}$). Ker pa imamo pet različnih vhodnih koncentracij iz petih različnih virov, je potrebno izračunati skupno vhodno koncentracijo TOC-ev in skupni pretok odpadnih plinov, ki pridejo na čistilno napravo.

Skupno vhodno koncentracijo TOC-ev in pretok odpadnih plinov izračunamo po spodnji enačbi:

$$C_{vNL} \times Q_{vNL} = (C_{T1} \times Q_{T1}) + (C_{T2} \times Q_{T2}) + (C_{N1} \times Q_{N1}) + (C_{N2} \times Q_{N2}) + (C_{N3} \times Q_{N3}),$$

pri čemer je Q_{vNL} vsota vseh pretokov odpadnih plinov iz posameznih plinov.

$$Q_{vNL} = 4.632 \text{ m}^3/\text{h} + 4.616 \text{ m}^3/\text{h} + 5.102 \text{ m}^3/\text{h} + 10.216 \text{ m}^3/\text{h} + 8.094 \text{ m}^3/\text{h} = 32.660 \text{ m}^3/\text{h}$$

Po zgornjih enačbah dobimo, da je rezultat skupne koncentracije TOC-ev iz vseh petih virov emisij (C_{vNL}) $11,3 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Glede na vse izračunane podatke, lahko nato dokončno izračunamo učinek čiščenja čistilne naprave:

$$\eta = \frac{\left(11,3 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 32.660 \text{ m}^3/\text{h}\right) - \left(3,2 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 12.360 \text{ m}^3/\text{h}\right)}{\left(11,3 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 32.660 \text{ m}^3/\text{h}\right)} = 0,893$$

Po izračunu je ugotovljeno, da ima čistilna naprava na trenutno stanje 89,3% učinek čiščenja.



Slika 16: Čistilna naprava podjetja Fragmat Tim d.o.o.

Čistilna naprava je vrste Venturi scrubbers, model WAF 116. V 24-ih urah je zmožna očistiti 20.000 m³ zraka, onesnaženega s hlapnimi organskimi spojinami, pri temperaturi 38 °C. Koncentracija TOC-ev na izpustu iz čistilne naprave je 3,2 mg/m³, s čimer ni prekoračena vrednost koncentracije TOC-ev (20 mg/m³) (Kova d.o.o., 2016b). V čistilni napravi se nahaja 4 m³ vode. Na podlagi določil Zakona o varstvu okolja (Ur. list RS, št. 39/06- ur. preč. bes.) ter 42. in 43. člena Uredbe o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur. list RS, št. 31/07) s tem poslovnikom urejamo obratovanje čistilne naprave za čiščenje emisij z linije za proizvodnjo hidroizolacijskih trakov in vodenje obratovalnega dnevnika. V skladu z navodilom o ravnanju s čistilno napravo, je potrebno redno posnemati maščobe, ki se nabirajo na vodi in jih odstranjevati oziroma odtočiti v cisterno pred čistilno napravo. Ob remontu se izvede bolj natančno čiščenje te vode, občasno pa se zamenja celotna količina vode v čistilni napravi. Ta zaoljena voda se oddaja kot nevarni odpadki in sicer pod klasifikacijsko številko odpadka: 19 08 13* - *Blato iz druge obdelave industrijskih odpadnih voda, ki vsebuje nevarne snovi*.

Količine tega odpadka v posameznem letu znašajo:

- v letu 2016: 15.656 kg,
- v letu 2015: nismo oddali tega odpadka, zato je bila količina v letu 2016 toliko večja,
- in v letu 2014: 5.870 kg; torej povprečno nekje med 5 in 6 t odpadne vode na leto.

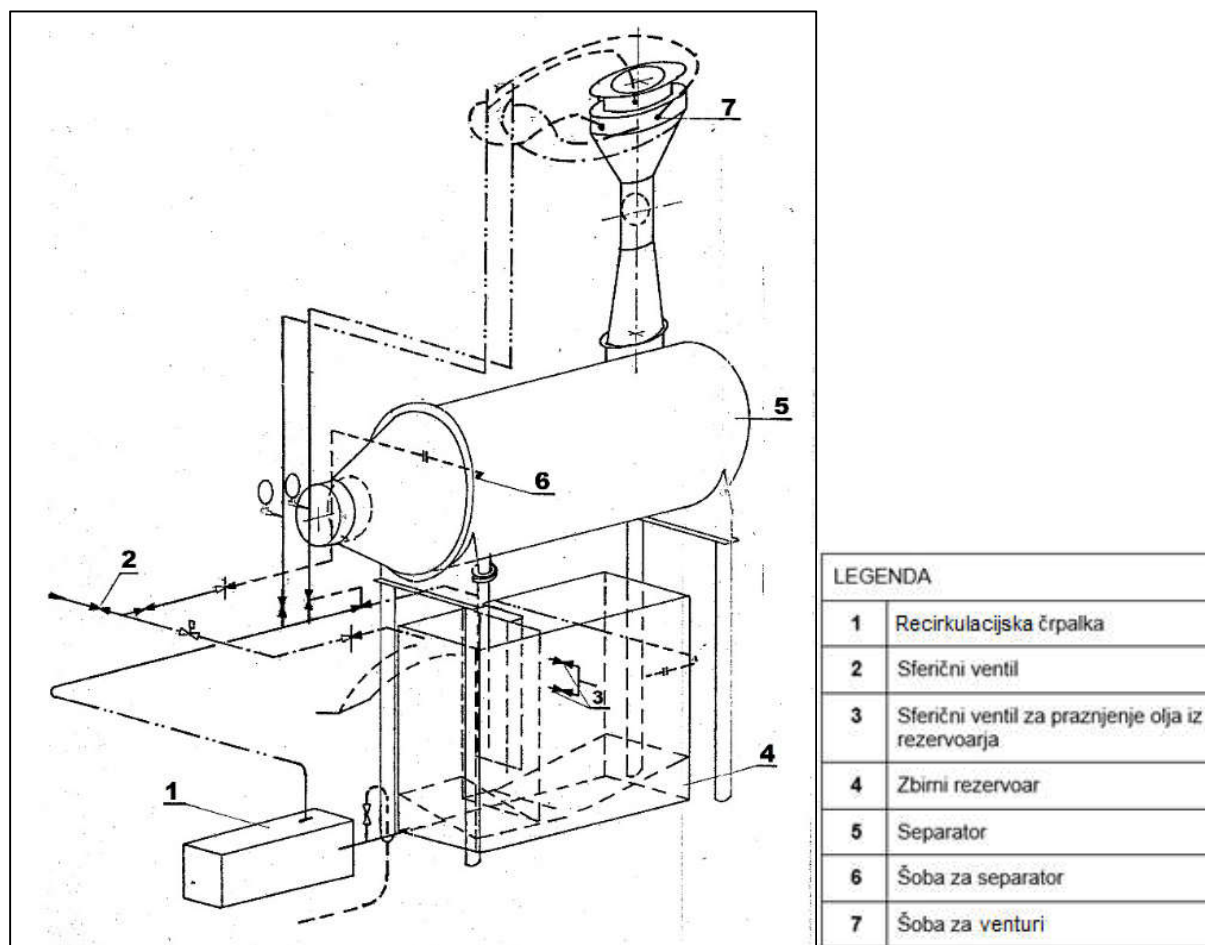
5.3.2.3 Sistem delovanja čistilne naprave

Onesnažen zrak se s pomočjo odsesovalnih naprav nad impregnacijsko kadjo in mešalnikov za proizvodnjo bitumenskih trakov odvaja preko napeljanega cevovoda do čistilne naprave, ki je od proizvodne linije oddaljena približno 30 metrov. Venturi čistilec je sestavljen iz premičnega stožčastega dela, do katerega pride izsesan zrak in potuje preko valjastega grla in razteznega dela. Voda je speljana in priključena na začetek premičnega stožčastega dela in teče do valjastega grla preko treh šob, ki so obrnjene direktno proti valjastemu grlu. Ko odpadni zrak potuje skozi grlo čistilca, se delci v plinu s pomočjo vode, ki ima približno 26 °C, ohladijo, kondenzirajo in skladiščijo na površini vode v zbirnem rezervoarju – ta voda vsebuje delce hlapnih organskih spojin, ki se nato ločijo od očiščenega zraka v posebno kad za shranjevanje odpadne vode. Ob izhodu zraka je temperatura približno 25 °C.



Slika 17: Kondenzirani hlapi organskih spojin in druge nečistoče na površini vode v čistilni napravi

Podjetje Fragmat Tim ni opremljeno s čistilno napravo za čiščenje odpadnih vod, zato se uporablja določen sistem čiščenja – tega izvedejo zunanji pooblašeni izvajalci. Med opravljanjem čistilnih del na napravi, ki jih izvedejo zunanji izvajalci, je pomembno, da ne pride do mešanja med odpadno tehnološko in svežo recikulirano vodo, ki se uporablja za čiščenje emisij.



Slika 18: Shema čistilne naprave
Vir: Boato International, 1997

5.3.2.4 Opis principa zmanjšanja emisij hlapnih organskih spojin z izgradnjo kondenzacijske napeljave od pnevmatske naprave do čistilne naprave

Kar zadeva izgradnjo dodatnega kondenzacijskega cevovoda do čistilne naprave, je stvar bolj enostavna kot se zdi na prvi pogled. Potencialna opcija bi bila izgradnja cevovoda pod naklonom, pri čemer bi upoštevali proces kondenzacije hlapov. To je nasprotni proces izparevanja (evaporacije) oziroma fazni prehod, pri katerem snov preide iz parnega v kapljevinsko agregatno stanje. Dve pomembni spremembi nastaneta, kadar pride do kondenzacije par – v našem primeru hlapov organskih spojin:

- Prva je ta, da se volumen par zmanjšuje, ko prehajajo v tekoče stanje in
- druga sprememba nastane pri osvobajanju toplote, ta se imenuje »toplotna kondenzacija«.

Priprava bitumenskega premaza poteka pri začetni temperaturi bitumna 150 °C, ki pa se z dodajanjem topila sorazmerno niža. Temperatura pripravljene premaza je približno 80 °C, katerega pred polnjenjem v embalažo ohladimo s hladilno vodo v plašču mešala na temperaturo okolice.

Oddušna cev bi bila speljana od dimnika na mešalu do priklopa na čistilno napravo. Cev bi bila speljana pod kotom, z nagibom proti mešalniku. Hlapi bi se na poti od mešala do čistilne naprave ohlajali na temperaturo okolice (maksimalno 22 °C) in se hkrati kondenzirali. Zaradi nagiba cevi bi se stekali nazaj v mešalnik in se vračali v proizvodni proces. Manjši delež hlapov, ki bi prispel do čistilne naprave, bi se v vodni prhi ohladil in utekočnil po enakem principu kot hlapi dovajani s proizvodne linije. Kondenzirana olja, trdni delci (to so aerosoli v obliki vodne kapljice, v kateri je ujet trden ali tekoč delec), organske spojine in organska topila niso topni v vodi, zato po končani kondenzaciji plavajo na površini vode oziroma trdni delci sedimentirajo na dno zbirnega rezervoarja. Ob periodnem čiščenju čistilne naprave se zamenja vsebina zbirnega rezervoarja; le-ta se pošlje na uničenje oziroma sežig pooblaščenim izvajalcem.

Povečana stopnja kondenzacije bi bila dosežena s proizvodnjo bitumenskega premaza v spremenjenem delavniku. Trenutno je režim dela opredeljen na tri izmene:

- Prva (jutranja) in druga (popoldanska) izmena delavcev v skupini 10-ih posameznikov dela na področju proizvodnje bitumenskih trakov.
- V tretji (nočni) izmeni pa dela pripravljalec mas, ki ponoči meša in pripravlja bitumenske mase za prvo izmeno delavcev.

Trenutno se bitumenski premaz izdeluje v jutranji izmeni; vendar poleti, ko so zunanje temperature ozračja višje, bi se bitumenski premaz proizvajal v nočni izmeni, ko je hladneje. S tem bi pospešili postopek in povečali učinek kondenzacije hlapov topil, ki bi nastajali tekom proizvodnje bitumenskega premaza.

5.3.2.5 Zmožnost čiščenja čistilne naprave ob nadgradnji cevovoda

Glede na razpoložljive tehnološke predloge, bi glede na moje raziskovanje in analiziranje bila možna izgradnja sesalnega cevovoda od oddušne cevi mešalnika do čistilne naprave podjetja Fragmat Tim. Ta že opravlja funkcijo čiščenja emisij hlapnih organskih spojin iz proizvodnje bitumenskih trakov. Hitrost plinov v cevi, s katero se izsesavajo iznad proizvodnih kadi, je 0,33 m/s. Pri tem se pri temperaturi 38 °C v eni uri očisti 30 m³ onesnaženega zraka (Pušnik, 2017).

Pri nadgradnji obstoječe napeljave, ki poteka od bitumenskih kadi do čistilne naprave, se pojavi vprašanje o zmožnosti čiščenja dodatnih količin onesnaženega zraka iz mešalnika za izdelavo bitumenskega premaza, kar pomeni dodatno obremenitev čistilne naprave.

Kot že omenjeno, je zmožnost čiščenja čistilne naprave 20.000 m³/dan onesnaženega zraka s hlapnimi organskimi spojinami in v poglavju 5.3.1.1, je trenutni učinek čiščenja 89,3%.

Koncentracija TOC-ev na izpustu iz čistilne naprave je 3,2 mg/m³, s čimer ni prekoračena dovoljena vrednost koncentracije TOC-ev (20 mg/m³), (Kova d.o.o., 2016b). Vendar v primeru nadgradnje glavnega cevovoda s priključitvijo dodatnega priključka od naprave za izdelavo bitumenskega premaza, je potrebno opredeliti, ali bo ob dodatnem bremenu onesnaženja čistilna naprava še vedno dovolj učinkovita.

Mejna vrednost koncentracije TOC-ev na izpustu čistilne naprave (c_i) je 20 mg/m³, pretok (Q_i) pa 12.360 m³/h.

Vhodna koncentracija TOC (c_{Σ}) je opredeljena kot skupna koncentracija TOC-ev iz novejših proizvodnih linij (Q_{NL}) in koncentracija TOC-ev iz naprave za izdelavo bitumenskih premazov (Q_{BP}). Vhodni pretok odpadnih plinov (Q_{Σ}) je seštevek pretoka odpadnih plinov z novejših proizvodnih linij (Q_{NL}) in pretoka odpadnih plinov iz naprave za pripravo bitumenskih premazov (Q_{BP}). Ker pa imamo dve različni vhodni koncentraciji, je potrebno izračunati skupno vhodno koncentracijo TOC-ev in skupni pretok odpadnih plinov, ki pridejo na čistilno napravo.

Skupno vhodno koncentracijo TOC-ev in pretok odpadnih plinov izračunamo po spodnji enačbi:

$$C_{\Sigma} \times Q_{\Sigma} = (C_{NL} \times Q_{NL}) + (C_{BP} \times Q_{BP})$$

$$C_{\Sigma} \times (32.660 \text{ m}^3/\text{h} + 29 \text{ m}^3/\text{h}) = \left(11,3 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 32.660 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right) + \left(5.082,2 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 29 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)$$

Po zgornjem izračunu dobimo rezultat, da je skupna koncentracija (c_{Σ}) 15,798 mg/m³.

Iz zgornjih podatkov lahko nato izračunamo učinek čiščenja po nadgradnji glavnega odtoknega cevovoda s priključitvijo nove veje od naprave za izdelavo bitumenskega premaza.

$$\eta = \frac{(c_{\Sigma} \times Q_{\Sigma}) - (c_i \times Q_i)}{(c_{\Sigma} \times Q_{\Sigma})}$$

$$\eta = \frac{\left(15,798 \frac{mg}{m^3} \times 32689 \frac{m^3}{h}\right) - \left(20 \frac{mg}{m^3} \times 12.360 \frac{m^3}{h}\right)}{\left(15,798 \frac{mg}{m^3} \times 32689 \frac{m^3}{h}\right)} = 0,521$$

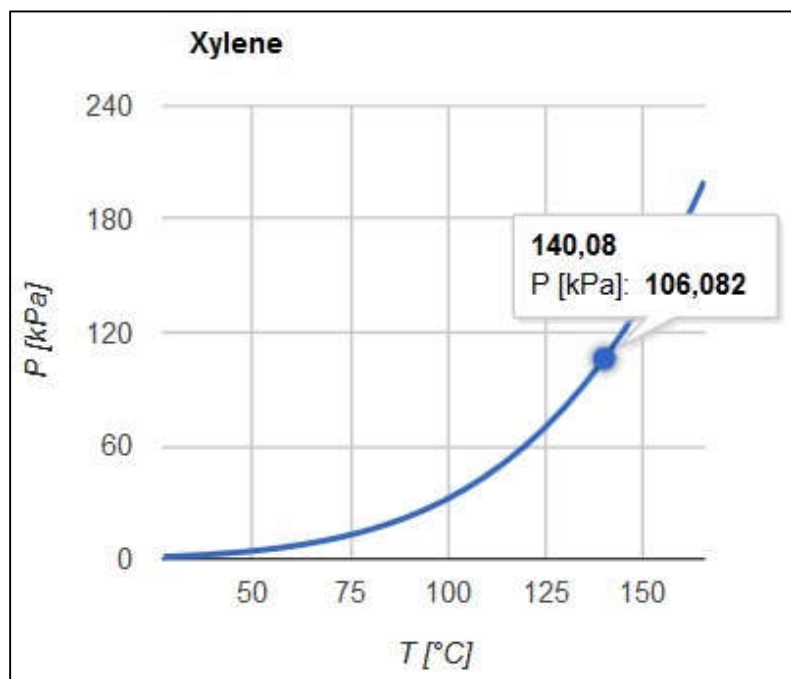
Po zgornji enačbi dobimo rezultat izračuna, da bi učinek čiščenja ob tovrstnem dodatnem bremenu onesnaženja znašal 0,521 oziroma 52,1%. Potrebno je dodati, da je pri teh izračunih upoštevana emisija **vseh** zajetih plinov hlapnih organskih spojin. Ker pa bi z naklonom novozgrajenega cevovoda ter temperaturno razliko med zunanjo okolico in temperaturo mešalnika dosegli kondenzacijo hlapov topil, bi se velik delež kondenziranih hlapov vrnil (stekel) nazaj v mešalnik, preostanek nekondenziranih hlapov pa bi nato potoval do čistilne naprave. Glede na izračune, te rešitve ni mogoče stoddostno potrditi za učinkovito in zanesljivo. Kljub možnosti, da bi na čistilno napravo prispel zelo majhen delež emisij hlapnih organskih spojin, je problem pri nizki stopnji oziroma vrednosti učinka čiščenja čistilne naprave ob nadgradnji s kondenzacijskim cevovodom. Poleg tega, bi posledično zaradi parnega tlaka iz plavajočih pen na površini odpadne vode iz čistilne naprave še vedno izhajal mali delež emisij hlapnih organskih spojin.

Po Antoinovi enačbi za vrelišče v odvisnosti od zračnega tlaka,

$$\log_{10} p = A - \frac{B}{C + T}$$

pri čemer A, B in C predstavljajo komponentno-specifične konstante, T pa temperaturo;

lahko dobimo temperaturo, pri kateri poteka kondenzacija topila. Na spodnjem grafu (Slika 19) je prikazano kondenziranje glede na tlak in temperaturo. Hlapi ksilena pričnejo pri normalnem tlaku 101,1 kPa spreminjati plinasto agregatno stanje v tekoče pri temperaturi 133,8 °C. Pri temperaturi vode iz čistilne naprave (26 °C) lahko iz grafa razberemo, da kondenzacija pri določenem tlaku ni popolna in da je izhlapevanje topil na površju odpadne vode čistilne naprave mogoče, čeprav v manjših količinah.



Slika 19: Točka kondenzacije ksilena pri normalnem tlaku
Vir: ddbst.com, 2017

5.3.2.6 Finančna vrednost začetne investicije

Izgradnja oziroma nadgradnja obstoječe cevne napeljave do čištilne naprave bi potekala kot je prikazano na sliki 16. Jasno je, da bi izgradnja zahtevala investicijski vložek.



Slika 20: Napeljava cevovodov do čištilne naprave

Legenda:

- Zeleno obarvane črte: obstoječa cevovodna napeljava za odsesovanje onesnaženega zraka iz proizvodne linije za izdelavo bitumenskih trakov.
- Rdeče obarvana črta: dodatno priključen cevovod k že obstoječemu od naprave za izdelavo bitumenskega premaza, ki je speljan do čistilne naprave.

Za izgradnjo takšne napeljave bi po nasvetu izvajalcev podjetja Gerčer d.o.o. potrebovali: 100 m nerjavečih cevi, nerjaveči varilni lok, priključek za izpust kondenzata, vključno z izpustno pipico, pocinkane konzole z obešali in ves ostali varilni material za izdelavo napeljave. Dodatno priključen cevovod od mešalne naprave do čistilne naprave bi potekal vzporedno z nivojem strehe nove in stare proizvodne hale – namreč, transportne poti za kamione in viličarje morajo biti proste. Strošek te investicije v izgradnjo dodatnega cevovoda bi znašal 8.836,3 €. Medtem ko bi bil strošek investicije enkratni, bi se naknadnih stroškov v primerjavi z investiranjem v filtre z aktivnim ogljem, znebili. Edini strošek bi bil čiščenje čistilne naprave, vendar nima z vgradnjo dodatnega kondenzacijskega cevovoda nobene povezave – čiščenje čistilne naprave poteka že od samega začetka njenega obratovanja.

5.4 Primerjava med uporabo filtra z aktivnim ogljem in izgradnjo kondenzacijske napeljave do čistilne naprave

Analizirala in predstavila sem potencialni tehnološki rešitvi, ki bi pripomogli k zmanjšanju količin emisij hlapnih organskih spojin iz mešalne naprave za izdelavo bitumenskega premaza. Ker je predlog izgradnje kondenzacijskega cevovoda na čistilno napravo nezadostno učinkovit, bi bilo potrebno implementirati dodatni nadzor nad izpusti emisij hlapnih organskih spojin. In sicer, 100% ekološko učinkovita rešitev bi bila kombinacija izgradnje kondenzacijskega cevovoda z uporabo filtra z aktivnim ogljem. Tovrstna investicija bi bila za podjetje velik finančni zalogaj, vendar bi izvedba tovrstnega projekta bi lahko potekala v večih fazah. V prvi fazi bi se izvedla izgradnja kondenzacijskega cevovoda, s čimer bi začasno rešili problematiko emisij hlapnih organskih spojin. V drugi fazi pa bi sledila aplikacija filtra z aktivnim ogljem na oddušno cev naprave za pripravo bitumenskega premaza. S tem bi bil ta pereči okoljski problem zanesljivo rešen.

Preglednica 13: Pregled obeh tehnoloških predlogov za zmanjšanje količin emisij

MOŽNOST REŠITVE		STROŠEK INVESTICIJE	
		Začetno leto	Vsako naslednje leto
A	Filter z aktivnim ogljem	7.550 €	1.738 € oziroma odvisno od stopnje desorpcije nasičenega adsorbenta
B	Izgradnja kondenzacijskega cevovoda od bitumenskega mešalnika do čistilne naprave	8.836 €	—
C	Kombinacija izgradnje kondenzacijskega cevovoda in aplikacije filtra z aktivnim ogljem	16.386 €	1.738 € oziroma odvisno od stopnje desorpcije nasičenega adsorbenta

Možnost A z uporabo filtra z aktivnim ogljem predstavlja v prvem letu strošek investicije 7.550 €, in nato vsako naslednje leto za polnitve filtra z aktivnim ogljem 1.738 €. Strošek menjave filtrov z aktivnim ogljem bi se lahko znižal z regeneracijo nasičenega adsorbenta. Ta proces regeneracije poteka pri zvišani temperaturi in pri znižanem tlaku. Aktivno oglje lahko regeneriramo s prepihanjem s paro pri visoki temperaturi ali s termično regeneracijo v posebnih pečeh brez dostopa zraka. Ta možnost je za podjetje potencialno izvedljiva, ker je na razpolago dostop do pare, ki je v podjetju potrebna in pglavitna za potek proizvodnje programa embalaže. Pri možnosti B, ki vključuje izgradnjo kondenzacijskega cevovoda do čistilne naprave, je strošek investicije višji in sicer 8.836,3 €. Potrebno je omeniti količino materiala, ki je vključen v ta strošek; za izgradnjo bi potrebovali 100 m nerjavečih cevi, nerjaveči varilni lok, priključek za izpust kondenzata vključno z izpustno pipico, pocinkane konzole z obešali in ves ostali varilni material za izdelavo napeljave. Obe možnosti imata vključen v končno ceno še strošek montažnega oziroma varilnega dela. Kljub temu, da je strošek začetne investicije dražji, je razlika v tem, da vsako naslednje leto nimamo dodatnih stroškov, tako kot bi jih imeli pri uporabi filtra z aktivnim ogljem. Možnost C predstavlja kombinacijo možnosti A in B, pri čemer bi skupna vsota investicije znašala 16.386 € in vsako naslednje leto še dodatnih 1.738 € - slednje je odvisno tudi od posluževanja regeneracije aktivnega oglja s paro, ki bi jo lahko podjetje izvedlo brez večjih tehnoloških omejitev. Pri možnosti C je treba poudariti, da bi se celotni strošek investicije razdelil na več faz izgradnje – s tem bi se podjetje finančno razbremenilo, hkrati pa tudi preučilo možnost izvedbe desorpcije adsorbenta.

6 RAZPRAVA IN SKLEP

Na področju ekologije in varovanja okolja dandanes situacija še vedno ni zadovoljiva. To se kaže marsikje po svetu, saj so opazne izrazite klimatske spremembe in s tem spremenjeni življenjski pogoji. Problematika se glede na moja osebna opažanja pojavlja v družbi kot celoti, kajti kot prioriteta sta na samem vrhu denar in moč – skrb za okolje je vedno nekje na robu.

Kljub vsemu pa sem prepričana, da je večina ljudi na področju okoljevarstva dobronamernih, ker se ozaveščanje o ohranjanju in varovanju okolja ter boljših delavnih pogojih počasi, a vztrajno, veča. V družbi se kaže izboljšanje v delno spremenjenem načinu življenja in drugačnem razmišljanju. Rešitev sicer ne leži v novih vodilnih kadrih, ampak organizaciji preprostih ljudi, ki bi se združili in s tem skupaj naredili več kot posamezniki z avtoriteto in družbeno močjo.

Eden od primerov odgovornega ravnanja je podjetje Fragmat Tim d.o.o.; v njihovi zavesti je vizija o čistejšem proizvodnem sistemu na področju izdelave hidroizolacijskih izdelkov, novih trajnostnih proizvodnih tehnologijah, posledično pa delavnih pogojih v čistejšem okolju. Zaradi lastnosti hitrega sušenja bitumenskega premaza, se je na nivoju evropskih držav razvila tržna potreba po uvedbi nove surovine, to je organsko topilo ksilen. Ta omogoča za razliko od white spirita, ki je v redni uporabi za izdelavo izdelkov, hitrejšo sušenje bitumenskega premaza na namazani površini.

Onesnaževanje zraka s hlapnimi organskimi topili je na podlagi raziskav zelo agresivno in intenzivno vpliva na zdravje človeka. Ugotovljeno je bilo, da imajo ljudje ob izpostavljenosti tem emisijam povečano možnost za nastanek pljučnega raka in srčno-žilnih bolezni. Tudi na področju degradacije okolja je z raziskavami bilo dokazano, da prizemni ozon škodljivo vpliva nanj. To pa lahko privede do manjših količin kmetijskih pridelkov in gozdnega prirasta, zmanjšanja rasti sadik in kalilne sposobnosti semen, povečane dovzetnosti rastlin za bolezni, škodljivce in ostale okoljske obremenitve.

Pereč problem emisij hlapnih organskih spojin je v procesu izdelave bitumenskega premaza, ob dovajanju topil v mešalnik. V fazi mešanja se nato sproščajo hlapi, ki izhajajo skozi oddušno cev na prosto. Tako imenovana oddušna cev je na vrhu mešalnika, ki ima hkrati funkcijo izravnavanja tlaka med proizvodnjo bitumenskega premaza. Proizvodna linija za bitumenske premaze je bila zgrajena v obdobju 80-ih letih 20. stoletja, zato so proizvodne tehnologije in tehnologije za preprečevanja onesnaževanja zastarele. Srž problema temelji v odprti oddušni cevi na vrhu mešalnika, od koder v atmosfero uhajajo emisije hlapnih organskih spojin.

Količina emisij hlapnih organskih spojin, ki jih proizvaja naprava za pripravo bitumenskega premaza je povezana s količino izdelanega premaza, slednja pa je odvisna od nihanja trga na področju gradbeništva in njegovih izdelkov ter zunanje temperature, pri kateri se proizvaja bitumenski premaz. Glede na vse večje povpraševanje po bitumenskem premazu in porast prodaje le-tega, lahko sklepamo, da se bodo emisije hlapnih organskih spojin še povečale.

Razvoj čistejših proizvodnih sistemov v primerjavi s konvencionalnimi ni enostaven. Vse od osnovanja principa posameznega izdelka, proizvodnje izdelkov, do njihove vgradnje je zapleteno in tehnološko zahtevno. Čistejša proizvodnja bitumenskih izdelkov bi bila osnovana na zmanjšanju emisij hlapnih organskih spojin pri izdelavi bitumenskega premaza na podlagi zajetja emisij in čiščenje oziroma reciklaža le-teh. Rešitev k zmanjšanju emisij hlapnih organskih spojin leži v naslednjih izvedljivih možnostih:

- termični postopki (sežiganje na bakli, katalitski sežig),
- adsorpcija: uporaba filtra z aktivnim ogljem,
- kondenzacija v kombinaciji z mokrim čistilnikom: izgradnja kondenzacijskega cevovoda od izpustne oddušne cevi mešalnika do čistilne naprave podjetja Fragmat Tim, ki že opravlja funkcijo čiščenja emisij hlapnih organskih spojin iz proizvodnje bitumenskih trakov.

Sežiganje na bakli ima dve slabi plati; pglavitna slabost je nazadostna učinkovitost pri nizki koncentraciji hlapov hlapnih organskih spojin v izpustu. V tem primeru bi bilo potrebno dovajanje dodatnega energenta, ki pa v podjetju ni na razpolago. Kljub temu, da je učinkovitost sežiga na bakli nad tlemi več kot 99%, je ta možnost je s tehnološkega vidika težko sprejemljiva, v primeru, da bi morali dovajati dodatni energent, pa tudi z ekonomskega vidika. Drugo slabost pa predstavlja novo merilno mesto, kjer bi bilo potrebno vzpostaviti monitoring, kar za podjetje predstavlja dodatni strošek. V celoti je ta tehnologija stroškovno za podjetje prevelik zalogaj.

Katalitska oksidacija je priznana kot najučinkovitejša metoda za zmanjšanje emisij hlapnih organskih spojin, predvsem zaradi reakcijskih produktov, kot sta ogljikov dioksid in voda, saj niso škodljivi za okolje. Pri katalitskem sežigu je potrebna dosti nižja temperatura sežiga, nekje v temperaturnem območju 205 – 260 °C. Pri tem gre za manjšo porabo energenta, ki je potreben za popolni sežig hlapov organskih spojin. Učinkovitost te rešitve za zmanjšanje emisij hlapnih organskih spojin znaša 95 – 99%, pri HOS < 1 - 20 mg/m³. Pri čistilni napravi tovrstnega odpadka ne bi bilo več, pri uporabi aktivnega oglja pa bo nastajal nov odpadek – torej nova obremenitev

okolja in nov dodatni strošek. Dodatni strošek predvsem zaradi oddaje nevarnega odpadka, ki ga je potrebno uničiti preko zunanjih pooblaščenih izvajalcev.

Pri uporabi filtra z aktivnim ogljem gre za odstranjevanje organskih snovi, ki imajo višjo molekulsko maso in so nepolarne. Zaradi velike specifične površine aktivnega oglja se lahko v njegove pore adsorbirajo snovi v parah, ki izhajajo iz oddušne cevi na vrhu mešalnika. Izhajanje emisij hlapnih organskih spojin iz proizvodnje bitumenskega premaza se lahko reši s postavitvijo filtra z aktivnim ogljem nad oddušno cev na vrhu mešalnika. Filter z aktivnim ogljem bi se vgradil nad oddušno cev tako, da bi zrak vstopal v filter na strani filtra in izhajal iz filtra na vrhu. Filter je opremljen z dvema tesniloma za praznjenje in polnjenje aktivnega oglja. Ker bi filter za napravo moral biti manjši kot standardni filter proizvajalca, bi se aktivno oglje moralo menjati dvakrat na leto. V to potencialno rešitev lahko vključimo tudi možnost regeneracije adsorbenta v filtru, pri čemer bi zmanjšali strošek dvakratnih letnih polnil filtra z aktivnim ogljem. To bi dosegli s prepihanjem s paro pri visoki temperaturi. Ta možnost je za podjetje potencialno izvedljiva, ker se v podjetju uporablja para kot energent. Ta je potrebna in poglobitna za potek proizvodnje programa embalaže; njihovi izdelki se izdelujejo na osnovi stisnjenja ekspaniranega polistirena s pomočjo vodne pare. Uporaba filtra z aktivnim ogljem bi v prvem letu stroškovno znašala 7.550 €. Zaradi dvokratnega polnjenja filtra s polnilom pa bi vsako naslednje leto odšteli 1.738 € oziroma manj – odvisno od stopnje regeneracije aktivnega oglja v filtru. Cene takšnih industrijskih filtrov z aktivnim ogljem se gibljejo približno od 174 € in do 2.000 € oziroma še več. To je odvisno od različnih dejavnikov, ki vplivajo na delovanje filtrov; potrebno je upoštevati dimenzije filtrov, adsorpcijske zmogljivosti, čas menjave polnila v filtru, količino polnila v filtru in druge.

Naslednja možnost, ki bi prispevala k zmanjšanju emisij hlapnih organskih spojin, je izgradnja kondenzacijskega cevovoda od oddušne cevi mešalne naprave do obratujoče čistilne naprave. Princip zmanjšanja emisij bi temeljil na izgradnji kondenzacijskega cevovoda pod naklonom, po vzoru principa destilacije. Priprava bitumenskega premaza poteka pri začetni temperaturi bitumna 150 °C, ki pa se z dodajanjem topila sorazmerno niža. Temperatura pripravljenega premaza je približno 80 °C, ki se ga pred polnjenjem v embalažo ohladi na temperaturo okolice. S priključenim cevovodom na izpustni cevi bi lahko dosegli proces delne kondenzacije in zajema hlapov organskih topil. Cev bi bila speljana pod kotom, z nagibom proti mešalniku. Hlapi bi se na poti od mešala do čistilne naprave ohlajali na temperaturo okolice in se kondenzirali. Zaradi nagiba cevi bi se stekali nazaj v mešalnik in se vračali v proizvodni proces. Manjši delež hlapov, ki bi prispeli do čistilne naprave, bi se v vodni prhi ohladil in utekočinil po enakem principu kot hlapi dovajani s proizvodne linije. Kondenzirana olja, trdni delci, organske spojine in organska topila niso topni

v vodi, zato po končani kondenzaciji plavajo na površini vode oziroma trdni delci sedimentirajo na dno zbirnega rezervoarja. Povečano stopnjo kondenzacije bi dosegli s proizvodnjo v spremenjenem delavniku; in sicer v nočni izmeni, ko so temperature ozračja zunaj nižje in je zato hladneje. Poleg tega bi s tem omogočili delavcem boljše delavne pogoje zaradi izpostavljenosti manjšim količinam hlapov topil. Zakonodajne zahteve mejnih vrednosti koncentracij TOC-ev na čistilni napravi so strožje v primerjavi z uporabo filtra z aktivnim ogljem. Zato bi bila ekološko bolj primerna uporaba kondenzacije v kombinaciji z mokrim pralnikom, predvsem z vidika manjše obremenitve okolja z odpadkom, ki nastaja kot posledica čiščenja zraka. Čistilna naprava je sestavljena iz premičnega stožčastega dela, do katerega pride pospešen izsesan zrak in potuje preko valjastega grla in razteznega dela. Voda je speljana in priključena na začetek premičnega stožčastega dela in teče do valjastega grla. Ko odpadni zrak potuje skozi grlo čistilca, se onesnažila v plinu s pomočjo vode sperejo – ta voda vsebuje delce hlapnih organskih spojin in se nato loči od očiščenega zraka v posebno kad za shranjevanje odpadne vode. Zmožna je očistiti 20.000 m³ zraka na dan, onesnaženega s hlapnimi organskimi spojinami, pri čemer je koncentracija TOC-ev na izpustu 15 mg/Nm³. Pri priključitvi kondenzacijskega cevovoda na obstoječega, ki že poteka iz novejšje proizvodne linije do čistilne naprave, se pojavi vprašanje o zmožnosti čiščenja čistilne naprave. S priključitvijo dodatne veje cevovoda iz mešalnika za izdelavo bitumenskega premaza pomeni dodatno obremenitev čistilne naprave. Z dodatnim bremenom onesnaženja je bilo potrebno izračunati njen učinek čiščenja. Po izračunu dobimo rezultat, da bi učinek čiščenja ob tovrstnem dodatnem bremenu onesnaženja znašal 0,521 oziroma 52,1%. Vendar je potrebno dodati, da je pri teh izračunih upoštevana emisija maksimalno zajetih plinov hlapnih organskih spojin. Ker pa bi z naklonom novozgrajenega cevovoda ter temperaturno razliko med zunanjo okolico in temperaturo mešalnika dosegli kondenzacijo hlapov topil, bi se velik delež kondenziranih hlapov vrnil nazaj v proizvodni proces, preostanek nekondenziranih hlapov pa bi nato potoval do čistilne naprave. Glede na izračune, te rešitve ni mogoče potrditi za stoddostno učinkovito in zanesljivo. Kljub možnosti, da bi na čistilno napravo prispel zelo majhen delež emisij hlapnih organskih spojin, je problem pri nizki stopnji oziroma vrednosti učinka čiščenja čistilne naprave ob nadgradnji s kondenzacijskim cevovodom. Poleg tega, bi posledično zaradi parnega tlaka iz plavajočih pen na površini odpadne vode iz čistilne naprave še vedno izhajal mali delež emisij hlapnih organskih spojin. Strošek investicije v izgradnjo kondenzacijskega cevovoda bi znašal 8.836,3 €. Ta bi bil enkratni, kar pomeni, da bi se naknadnih stroškov v primerjavi z investiranjem v filtre z aktivnim ogljem, znebili. Edini strošek, ki ga predstavlja ta sistem je čiščenje čistilne naprave, vendar nima z vgradnjo kondenzacijskega

cevovoda nobene povezave – čiščenje čistilne naprave poteka že od samega začetka njenega obratovanja.

Na podlagi zgoraj opredeljene in razčlenjene razprave lahko sklepamo, da bi izgradnja kondenzacijskega cevovoda zmanjšala emisije hlapnih organskih spojin, vendar nebi bila zadostna in zadovoljiva rešitev. S tem lahko hipotezo tega magistrskega dela potrdimo. Medtem ko bi z izgradnjo cevovoda pod naklonom zagotovili zajem emisij hlapnih organskih spojin, ki bi izhajale iz oddušne cevi na vrhu mešalnika. S pomočjo naklona in nižjih zunanjih temperatur v primerjavi s temperaturo v mešalniku, bi dosegli postopek kondenzacije. Pri čemer bi se hlapi topil delno kondenzirali in zaradi naklona cevi stekli nazaj v mešalnik, preostanek nekondenziranih hlapov pa bi v končni fazi zajela čistilna naprava in jih očistila. V tem primeru bi bil učinek čiščenja ob dodatnem bremenu onesnaženja 52,1%. Na podlagi tega ne moremo potrditi druge hipoteze, da bi za podjetje z ekonomskega in okoljskega vidika bila teoretično najbolj ugodna rešitev odsesavanje in zajem hlapov topil pri proizvodnji bitumenskih premazov. Stoodstotno okoljsko učinkovita rešitev bi bila kombinacija izgradnje kondenzacijskega cevovoda z uporabo filtra z aktivnim ogljem. Tovrstna investicija bi bila za podjetje velik finančni zalogaj, vendar bi izvedba tovrstnega projekta lahko potekala v večih fazah, s čimer bi si Fragmat Tim razbremenil stroške investicije. V prvi fazi bi se izvedla izgradnja kondenzacijskega cevovoda, s čimer bi začasno rešili problematiko emisij hlapnih organskih spojin. V drugi fazi pa bi sledila aplikacija filtra z aktivnim ogljem na oddušno cev naprave za pripravo bitumenskega premaza. S tem bi bil ta pereč okoljski problem zanesljivo rešen.

6.1 Sklep

Situacija, s katero se spopada podjetje, je odločitev za primerno tehnologijo za rešitev problema emisij hlapnih organskih spojin, ki nastajajo pri proizvodnji bitumenskega premaza. Ta odločitev mora biti okoljsko in hkrati ekonomsko sprejemljiva.

- Kljub visoki učinkovitosti zmanjšanja emisij z uvedbo termičnih postopkov (sežiganje z baklo, katalitski sežig – 99%), se pojavi problem predvsem pri dovajanju dodatnega energenta, ki v podjetju ni na razpolago. To bi posledično pomenilo dodatne stroške, katerih si podjetje ne bi moglo privoščiti.
- Pri uporabi filtra z aktivnim ogljem je prednost v visokem odstotku učinkovitosti zmanjšanja emisij hlapnih organskih spojin (95 – 99%), možnosti regeneracije adsorbenta, kar bi znižalo stroške menjave polnjenja adsorbenta in nizki investicijski stroški. Slabosti pa sta

predvsem nastanek novega nevarnega odpadka v primeru, ko se ne bi izvajala desorpcija adsorbenta in strošek polnjenja filtra z adsorbentom.

- Pri izgradnji kondenzacijskega cevovoda od naprave za izdelavo bitumenskega premaza do čistilne naprave je prednost v nizkem investicijskem strošku in dejstvo, da z uvedbo te tehnologije ne bi nastajali novi nevarni odpadki. Vendar je ključni problem v učinku čiščenja čistilne naprave ob dogradnji kondenzacijskega cevovoda. To bi pomenilo dodatno obremenitev čistilne naprave, pri čemer bi njena učinkovitost čiščenja znašala 52,1%.

V magistrskem delu sem analizirala in predstavila štiri potencialne tehnološke rešitve, ki bi pripomogle k zmanjšanju količin emisij hlapnih organskih spojin. Nobena izmed naštetih ni okoljsko popolnoma zadovoljiva in glede na kriterije podjetja, izvedljiva. Med vsemi možnostmi bi glede na teoretične analize in izračune bilo najbolj racionalno, da se izvede uvedba kombinacije izgradnje kondenzacijskega cevovoda in uporabe filtra z aktivnim ogljem. S tem bi se izognili nastanku novega nevarnega odpadka, kar bi omogočila desorpcija adsorbenta. Hkrati pa bi dosegli visok odstotek zmanjšanja emisij hlapnih organskih spojin. Tovrstna investicija bi bila za podjetje velik finančni zalogaj, vendar bi izvedba tovrstnega projekta lahko potekala v večih fazah. V prvi fazi bi se izvedla izgradnja kondenzacijskega cevovoda, s čimer bi začasno rešili problematiko emisij hlapnih organskih spojin. V drugi fazi pa bi sledila aplikacija filtra z aktivnim ogljem na oddušno cev naprave za pripravo bitumenskega premaza, s čimer bi dosegli popolno zmanjšanje emisij hlapnih organskih spojin.

S takšnimi novimi, vendar preiskušeni tehnološkimi pristopi je doseženo zmanjšanje emisij hlapnih organskih spojin pri izdelavi bitumenskega premaza. V interesu podjetja je, da deluje na usmerjanju v proizvodne dejavnosti, ki bi zagotovile manjše onesnaževanje okolja in čistejše delovne pogoje za delavce.

Skupek vseh ugotovitev lahko povzamemo kot nove tehnološke rešitve pri onesnaževanju z emisijami hlapnih organskih spojin in čistejših proizvodnih postopkov. S tem pristopom se odprejo možnosti za okolju prijaznejšo proizvodnjo bitumenskih premazov.

7 VIRI, LITERATURA

- Agencija Republike Slovenije za okolje, 2012. Okoljevarstveno dovoljenje s številko 35430-59/2011-6. Interni vir, 16.6. 2017.
- Balzer, R., Probst, L. F. D., Drago, V., Schreiner, W. H., Fajardo, H. V., 2014. Catalytic oxidation of volatile organic compounds (n-hexane, benzene, toluene, o-xylene) promoted by cobalt catalysts supported on γ -Al₂O₃-CeO₂. Medmrežje: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-66322014000300018 (12.9. 2017).
- Bell d.o.o., 2014. Statična tesnila in pletenice. Medmrežje: <http://www.bell.si/program/eagleburgmann/#?zsid=2121228d97b72bc> (20.6.2017)
- Bokan, B., 2017. Lastnosti in vplivi posameznih nevarnih snovi na zdravje človeka. (Interni vir – Služba za varstvo pri delu in okolje Fragmat Tim d.o.o., 31.1.2017)
- Brečko, S., 2016. Meritve HOS na izpustu iz mešalnika za pripravo premaza. Zaposleni pri podjetju Kova d.o.o. Intervju, z dne 25.10. 2016.
- Brenntag Ljubljana d.o.o., 2015. Varnostni list – Ksilen.
- Environment and Climate Change Canada, 2016. Volatile Organic Compounds in Consumer and Commercial Products. Medmrežje: <http://www.ec.gc.ca/cov-voc/#X-201503111216262> (17.6.2017)
- enviTEC Technologie GmbH, 2017.
- European Commission, 2007. Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents. Medmrežje: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/sts_bref_0807.pdf (17.8.2017)
- Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, 2015. Tehnologija premazov – Topila. Gradivo za predavanja, str. 63-79. Univerza v Ljubljani.
- Formia Emissions Control, 2010. Thermal or Catalytic VOC Oxidation?. Medmrežje: <https://www.formiasmartvoc.com/thermal-or-catalytic-voc-oxidation> (12.9. 2017)
- Gospodarska zbornica Slovenije, 2017. Varstvo okolja – Emisije iz industrijskih virov: Hlapne organske snovi. Medmrežje: https://www.gzs.si/skupne_naloge/varstvo_okolja/vsebina/Emisije-iz-industrijskih-virov/Hlapne-organske-snovi (14.8.2017)
- Gospodarska zbornica Slovenije, 2017. Služba za varstvo okolja – Direktiva o emisijah iz industrije: IED namesto IPPC (15.8. 2017).
- Haycarb, 2017. Activated Carbon Basics. Medmrežje: <http://www.haycarb.com/activated-carbon> (10.6. 2017)
- Kemija.net, 2017. Nevarne snovi – ksilen. Medmrežje: http://kemija.net/e-gradiva/nevarne_snovi/1_1_Strupene_snovi/ksilen.html (19.6.2017)
- Kova d.o.o., 2016. Poročilo o občasnih meritvah emisij snovi v zrak iz naprave za izdelavo bitumenskih premazov v podjetju Fragmat Tim d.o.o.
- Kova d.o.o., 2016b. Poročilo o občasnih meritvah emisij snovi v zrak iz čistilne naprave Hidro.

Kova d.o.o., 2016c. Poročilo o občasnih meritvah emisij v zrak iz izpustov novejšje proizvodnje linije za izdelavo hidroizolacijskih trakov podjetja Fragmat Tima d.o.o.

Kunič, R. (2011). Štirideset let proizvodnje varilnih bitumenskih trakov v Sloveniji. Gradbenik. Ljubljana, 2011, 72-74.

Kunič, R. (2011). Hidroizolaciji moramo nameniti vso pozornost. Gradbenik. Ljubljana, 2010, 138-139.

Kunič, R., Podobnikar, J. (2011). Hidroizolacije: Navodila za projektiranje, vgradnjo in vzdrževanje. Ljubljana, Fragmat Tim d.d., str 8-39.

Laboratorij kontrole kakovosti podjetja Fragmat Tim, 2016. Lastnosti in karakteristike hidroizolacij (osebni vir, 5.1. 2016). Laško.

Liqing, L., Zheng, S., Hailong, L., Keener, T., 2012. Effects of activated carbon surface properties on the adsorption of volatile organic compounds, Journal of the Air & Waste Management Association. Medmrežje:

<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10962247.2012.700633?scroll=top&needAccess=true> (1.6. 2017)

Pečenko, S., 2017. Fragmat Tim – ponudba filtracijskega sistema z aktivnim ogljem. Strokovni sodelavec v podjetju enviTEC Technologie GmbH. Korespondenca preko elektronske pošte, 14.3.2017

Persistence Market Research, 2016. Bitumen Market: Global Industry Analysis and Forecast, 2016 – 2022.

Petrol d.d., 2016. Varnostni list – White spirit.

Petrol d.d., 2017. Varnostni list – Bitumen.

Pušnik, D., 2017. Čistilna naprava Venturi. Osebni vir, 1.2. 2017. Laško.

R-group d.o.o., 2014. Filtri za zrak. Medmrežje: http://www.r-group.si/e_files/articles_content/01-filtri-za-zrak-slo.pdf (20.6.2017)

Služba za varstvo okolja Gospodarske zbornice Slovenija, 2017. Hlapne organske snovi – Uporaba topil in proizvodnja barv in lakov. Medmrežje:

https://www.gzs.si/skupne_naloge/varstvo_okolja/vsebina/Emisije-iz-industrijskih-virov/Hlapne-organske-snovi

Služba za varstvo pri delu in ekologijo Fragmat Tim d.o.o., 2017. Dolžnosti in naloge podjetja na področju emisij hlapnih organskih spojin (osebni vir, 9.6.2017).

Štimec, T., Hriberšek, M., Ravnik, J., Bašič, S., 2008. Sodobni adsorbenti v obliki adsorpcijskih satovij. Medmrežje: http://www.ekolist.si/datoteke/ekolist_08/Ekolist_08_S078.pdf (12.9. 2017).

Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja, 2007. Uradni list RS, št. 31/07.

Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi uporabe hlapnih organskih spojin, 2007. Uradni list RS, št. 122/07.

Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila, 2015. Uradni list RS, št. 35/15 in 58/16.

Uredba (ES) št. 1272/2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, 2008.

Vidic, K., 2013. Okoljski vidiki v gradbeni industriji. Diplomsko delo. Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Ljubljani.

Zupan, J., 2006. Asfaltne zmesi z nižano temperaturo (»Nizkotemperaturni asfalti«), poskusna proizvodnja in vgrajevanje pri Cestnem podjetju Ljubljana. Gradvio za 8. slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož 2006. Medmrežje: <http://www.drc.si/Portals/1/Referati/T6-Zupan.pdf> (15.6.2017)

8 VIRI SLIKOVNEGA GRADIVA

- Graf 1: Služba za VPD in ekologijo Fragmat Tim d.o.o., 2017
- Graf 2: Služba za VPD in ekologijo Fragmat Tim d.o.o., 2017
- Slika 1: Fragmat Tim d.o.o. Medmrežje: <http://www.fragmat.si/si/gradbeni-program/izdelki/hidroizolacija/sekundarne-kritine> (25.4. 2017)
- Slika 2: Fragmat Tim d.o.o. Medmrežje: <http://www.fragmat.si/si/gradbeni-program/izdelki/hidroizolacija/bitumenski-premazi-paste-mase-in-lepila> (6.4. 2017)
- Slika 5: Direct Industry, 2017. Medmrežje: <http://www.directindustry.com/prod/national-oilwell-varco-nov/product-14821-453360.html> (14.6. 2017)
- Slika 6: Uline, 2017. Medmrežje: https://www.uline.com/BL_173/IBC-Tank (14.8. 2017)
- Slika 10: European Environment Agency, 2017. Medmrežje: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/main-anthropogenic-air-pollutant-emissions/assessment-5> (23.10. 2017)
- Slika 11: Air Science, 2014. Medmrežje: <http://www.airscience.com/lib/sitefiles/pdf/WhitePapers/Carbon-Filtration-Whitepaper.pdf> (1.6. 2017)
- Slika 13: enviTEC Technologie GmbH, 2017. Elektronska pošta, 14.3.2017.
- Slika 19: ddbst.com, 2017. Medmrežje: <http://ddbonline.ddbst.com/AntoineCalculation/AntoineCalculationCGI.exe> (27.8.2017)