



ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo
Ljubljana
Oddelek za okolje

Poročilo št.: EKO 3055

**ELABORAT O DOLOČITVI VPLIVNEGA OBMOČJA ZA
CEMENTARNO LAFARGE CEMENT D.D. ZA LETO 2007**

Ljubljana, junij 2007



ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo

Ljubljana

Oddelek za okolje

Poročilo št.: EKO 3055

**ELABORAT O DOLOČITVI VPLIVNEGA OBMOČJA ZA
CEMENTARNO LAFARGE CEMENT D.D. ZA LETO 2007**

Direktor:

Ljubljana, junij 2007

prof. dr. Maks BABUDER, univ. dipl. inž. el.

© Elektroinštitut Milan Vidmar 2007

Brez pisnega dovoljenja EIMV je prepovedano reproduciranje, distribuiranje, javna priobčitev, predelava ali druga uporaba tega avtorskega dela ali njegovih delov v kakršnem koli obsegu ali postopku, hkrati s fotokopiranjem, tiskanjem ali shranitvijo v elektronski obliki, v okviru določil Zakona o avtorski in sorodnih pravicah.

Naročnik:	LAFARGE CEMENT d.d., Trbovlje, Kolodvorska cesta 5, 1420 Trbovlje
Št. naročilnice:	4520071152
Odgovorna oseba naročnika:	Milivoj RADAK, univ. dipl. prav.
Št. delovnega naloga:	DN 219/07
Številka poročila:	EKO 3055
Naslov poročila:	Elaborat o določitvi vplivnega območja za cementarno Lafarge Cement d.d. za leto 2007
Izvajalec:	Elektroinštitut Milan Vidmar Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo, Ljubljana, Hajdrihova 2
Vodja Oddelka za okolje:	mag. Rudi VONČINA, univ. dipl. inž. el.
Odgovorna oseba izvajalca:	mag. Rudi VONČINA, univ. dipl. inž. el.
Poročilo izdelali:	Roman KOCUVAN, univ. dipl. inž. el. Miha TOMŠIČ, univ. dipl. fiz. Damjan KOVAČIČ, dipl. san. inž. Janez JAMŠEK, str. teh.
Poročilo pregledal:	Andrej ŠUŠTERŠIČ, univ. dipl. inž. str.
Seznam prejemnikov:	Lafarge cement d.d. (Milivoj Radak) 4 x tiskana verzija 2 x CD Elektroinštitut Milan Vidmar - arhiv 2 x tiskana verzija 1 x CD
Obseg:	VI, 22 str.
Ime datoteke:	Lafarge-vpliv-2007.doc
Datum izdelave:	junij 2007

IZVLEČEK

Za primer cementarne Lafarge Cement d.d. je bila izdelana ocena velikosti vplivnega področja za primer onesnažil SO_2 , NO_x in delcev PM_{10} iz odvodnika peči za pridobivanje cementnega klinkerja. Na podlagi najvišjih emisij, ki so dosežene med obratovanjem razžvepvalne naprave, so izvedeni modelni izračuni disperzije SO_2 , NO_x in delcev PM_{10} v najslabših meteoroloških pogojih. Iz modelnih izračunov je razvidno, kakšen vpliv ima emisija snovi iz dimnika na kakovost zraka in ocena velikosti vplivnega področja.

Ključne besede: kakovost zraka, disperzijski model, vplivno področje

IZVLEČEK	IV
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV LOKACIJE	2
2 MODELIRANJE ONESNAŽENJA OZRAČJA.....	3
2.1 OSNOVNI GAUSSOV MODEL.....	4
2.2 MODEL SCREEN 3	6
3 MODELNI IZRAČUNI DISPERZIJE SNOVI V ZRAK	7
3.1 MODELNI IZRAČUN DISPERZIJE ŽVEPLOVEGA DIOKSIDA V ZRAKU	7
3.2 MODELNI IZRAČUN DISPERZIJE DUŠIKOVEGA DIOKSIDA V ZRAKU	7
3.3 MODELNI IZRAČUN DISPERZIJE DELCEV PM ₁₀ V ZRAKU	8
4 REZULTATI MODELNIH IZRAČUNOV DISPERZIJE SNOVI.....	9
4.1 REZULTATI IZRAČUNA DISPERZIJE ŽVEPLOVEGA DIOKSIDA V ZRAKU	9
4.2 REZULTATI IZRAČUNA DISPERZIJE DUŠIKOVEGA DIOKSIDA V ZRAKU	12
4.3 REZULTATI IZRAČUNA DISPERZIJE DELCEV PM ₁₀ V ZRAKU.....	16
5 ANALIZA REZULTATOV MODELNIH IZRAČUNOV	19
5.1 ANALIZA REZULTATOV MODELNEGA IZRAČUNA DISPERZIJE SO ₂ V ZRAKU	19
5.2 ANALIZA REZULTATOV MODELNEGA IZRAČUNA DISPERZIJE NO ₂ V ZRAKU	20
5.3 ANALIZA REZULTATOV MODELNEGA IZRAČUNA DISPERZIJE PM ₁₀ V ZRAKU.....	21
5.4 ZAKLJUČEK.....	22



VONČINA R., et al. Elaborat o določitvi vplivnega območja za cementarno Lafarge Cement d.d.
za leto 2007, Poročilo št.: EKO 3055, Ljubljana, 2007

1 UVOD

V tehnološkem procesu žganja surovine (lapor in apnenec) in v procesu zgorevanja goriva (premog in petrol koks)) v cementarni Lafarge Cement d.d., so emisije SO₂ v preteklosti občasno presegle predpisane mejne vrednosti in preveč onesnaževale zrak v njeni okolici.

V prizadevanju zmanjšanja onesnaženja zraka v okolici cementarne je upravljalec, na osnovi izvedenih študij o variantnih možnostih zmanjševanja emisij SO₂, zgradil čistilno napravo za razžveplevanje dimnih plinov po mokrem kalcitnem postopku. Ta postopek zagotavlja visoko stopnjo čiščenja dimnih plinov in ustrezno zmanjševanje emisij SO₂, pri tem pa se v določeni meri zmanjšajo tudi emisije ostalih onesnaževal, kot so npr. emisije skupnega prahu, kloridov, fluoridov in težkih kovin. Za razžveplevanje dimnih plinov se v čistilni napravi uporablja suspenzija apnenčeve moke, kar ugodno niža tudi stroške razžveplevanja, vendar je potrebna predhodna investicija v samo napravo. Pred izgradnjo čistilne naprave se je izvajal dražji postopek suhega aditivnega razžveplevanja dimnih plinov z dodajanjem hidriranega apna Ca(OH)₂, s čimer pa niso dosegli zahtevanega zmanjšanja emisij SO₂ zaradi tehnološke omejitve količine dodanega apna.

Izbrana varianta razžveplevanja dimnih plinov po mokrem kalcitnem postopku spada med najbolj primerne BAT tehnologije za čiščenje dimnih plinov in zagotavlja ustrezno rešitev za zmanjševanje emisijskih koncentracij SO₂ v dimnih plinih in znižanje koncentracij SO₂ v zunanjem zraku.

Stranski produkt razžveplevanja po mokrem kalcitnem postopku je sadra, kalcijev sulfat dihidrat CaSO₄ x 2H₂O, ki ga lahko cementarna v celoti uporabi v tehnološkem procesu pridobivanja cementa. Celoten postopek razžveplevanja poteka v zaprtem krogu in pri tem ne nastaja odpadna voda, celotna količina preostale suspenzije pa se po odvzemu sadre ponovno vrača v postopek čiščenja.

Elaborat o določitvi vplivnega območja cementarne Lafarge Cement d.d. je izdelan za potrebe vloge okoljevarstvenega dovoljenja po večji spremembi na napravi, ki emitira emisije snovi v zrak. Ocena vpliva emisij snovi na širše območje je bila izdelana z modelnim izračunom, kakor ga priporoča Agencija za zaščito okolja iz ZDA (EPA). Uporabljen je model SCREEN 3, ki predstavlja izpopolnjen Gaussov model širjenja dimnih plinov.

1.1 Opredelitev lokacije

Razžveplevalna naprava in vsi dopolnilni objekti so nameščeni na zahodnem delu območja industrijske cone Cementarna v neposredni bližini obstoječih objektov (mlin surovin in predgrevalnik). Pralnik dimnih plinov z odvodnikom, ventilator dimnih plinov, oba silosa mletega apnenca in rezervoar za izpraznitev so locirani na prostem. Vsa oprema, ki bi lahko povzročala prekomeren hrup je nameščena v zaprtih obstoječih prostorih in v novih zgradbah.

Na območju industrijske cone Cementarna ni registrirana nobena vrsta varovanega območja, pa tudi nobene naravne in kulturne dediščine na tem območju ni, zato niso bili potrebni posebni varstveni predpisi ali varstveni režimi pri izvedbi predvidene izgradnje čistilne naprave.

Razžveplevalna naprava in vsi dopolnilni objekti so zgrajeni v okviru obstoječih objektov. Pralnik z dimnikom višine 100 m je sicer višji od obstoječih objektov, ker pa je v ozadju brežina, višina novih objektov izrazito ne izstopa. Načrtovani objekti so vklopljeni v industrijski značaj kompleksa.

2 MODELIRANJE ONESNAŽENJA OZRAČJA

Širjenje snovi v ozračju oziroma disperzija je kompleksen proces, ki se modelira na različne načine. Disperzija je definirana kot razširjanje snovi oziroma primesi v ozračju. Delimo jo na dva mehanizma. Prvi mehanizem je transport snovi v ozračju. Transport snovi se izvede s premikom zračnih mas, to je z vetrom. Drugi mehanizem pa je difuzija, ki povzroča, da se primesi v ozračju razširjajo tudi prečno na smer vetra in se tako razredčujejo. Difuzija je lahko na ravni molekul, ko primesi prehajajo iz mesta z višjo koncentracijo na mesto z nižjo koncentracijo. Omenjeno dogajanje je v ozračju praktično zanemarljivo v primerjavi z drugo obliko tako imenovano prisilno difuzijo. Poglavitni mehanizem za prisilno difuzijo so vrtinci oziroma turbulence v ozračju. Vrtinci poskrbijo, da se dim iz termoelektrarne močno razredči. Če se ne bi, bi pri tleh lahko namerili take koncentracije škodljivih snovi kot v dimniku. Emisijski parametri kot so količina, koncentracija, temperature dimnih plinov, oblika dimnika in meteorološke razmere, predvsem veter, stabilnost atmosfere in temperatura zraka določajo, koliko se bodo škodljivi plini razredčili in kam se bodo razširili. Pri enakih pogojih emisije je torej predvsem od vremenskih razmer odvisno, kako visoke bodo koncentracije pri tleh. Razgiban relief lahko močneje vpliva na temperaturno in vetrovno polje in zato tudi na koncentracije škodljivih plinov.

V grobem lahko modeliranje razdelimo v dve skupini. V prvo skupino sodijo modeli, ki skušajo posneti oziroma rekonstruirati fizikalno dogajanje. S pomočjo podatkov o emisiji in o meteorološkem dogajanju v obravnavanem območju želijo rekonstruirati koncentracije primesi. V to skupino sodijo Gaussovi modeli, različni puff modeli in zapleteni numerični modeli delcev. V drugo skupino pa sodijo modeli, ki za določena značilna mesta v opazovanem območju skušajo napovedati koncentracije za določeno časovno obdobje vnaprej. Pri tem pa ni nujno, da je v model vpleten zapleten mehanizem disperzije. V slednjo skupino pa sodijo predvsem različni statistični modeli in pa tudi model na osnovi nevronske mreže.

Na samo koncentracijo primesi v zraku v določeni točki in v določenem času vpliva veliko dejavnikov kot so:

- lokacija vira,
- višina izpusta,
- emisija,
- lastnosti primesi,
- relief,
- gibanje zračnih mas,
- struktura planetarne mejne plasti,
- padavine.

Modeli za rekonstrukcijo širjenja primesi v ozračju skušajo ponazoriti fizikalne mehanizme transporta in razredčenja.

2.1 Osnovni Gaussov model

Med najpreprostejšimi modeli za rekonstrukcijo je osnovni Gaussov model in spada med analitične modele. Ta model upošteva smer in hitrost vetra le v eni točki, to je na mestu izpusta. Razredčenje pa je upoštevano s stabilnostnim razredom atmosfere, ki je osnovni parameter na osnovi katerega se določa razredčevanje. Pri tem je upoštevano, da se koncentracija v smereh, ki sta pravokotno na smer vetra (smeri y in z), zmanjšajo po Gaussovi krivulji, v smeri vetra pa se vrši zgolj transport. Parametra, ki popisujeta Gaussovi krivulji, sta standardna odklona (deviaciji). Standardni odklon razredčevanja v smeri y (σ_y) in z (σ_z) sta odvisni samo od stabilnosti atmosfere in od razdalje v smeri vetra od vira (x). Določimo jih na osnovi stabilnosti atmosfere in razdalje točke od vira onesnaženja. Posamezen stabilnostni razred atmosfere posredno vključuje tudi turbulentno difuzijo. Sama turbulenca nastaja zaradi trenja zraka ob površino in med zračnimi plastmi, zaradi segrevanja tal in zaradi premagovanja ovir. Turbulentnost atmosfere nad ravnim reliefom je zelo povezana s stabilnostjo atmosfere, ki je definirana s temperaturnim gradientom. Nad razgibanim terenom pa ni več tako jasne povezave med njima. Gibanje vrtincev je lahko zaradi tega kaotično, zato jih je tudi težko meriti. Poznamo 7 razredov stabilnosti atmosfere, kjer je A najmanj stabilna pa do G, ki je najbolj stabilna. Tako je za vsak stabilnostni razred določena povprečna turbulentna difuzija tako v vertikalni kot v horizontalni smeri. Znanih je več metod za določanje stabilnosti atmosfere. Med seboj pa se razlikujejo po tem, katere vhodne podatke upoštevajo. σ_y in σ_z sta običajno podani grafično, na voljo pa so tudi formule.

Med vhodne podatke pa spadajo:

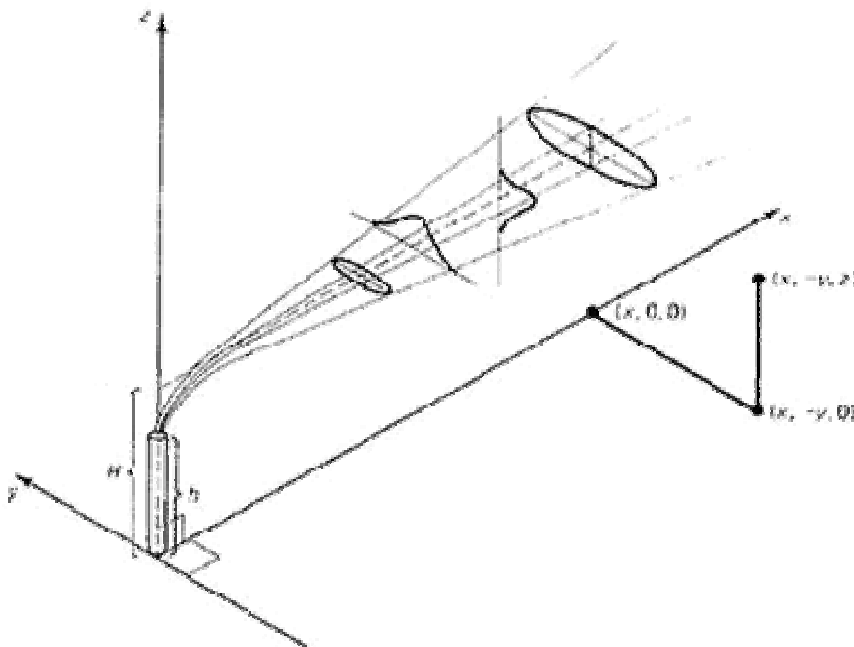
- hitrost vetra,
- jakost sončnega sevanja,
- stopnja oblačnosti ponoči in
- vertikalna razlika temperature.

Osnovni model ne upošteva orografije, ki pa jo je mogoče vključiti z dodatnimi modelnimi izhodišči. Enačba osnovnega Gaussovega modela je navedena v enačbi 1.

$$X_{(x,y,z,H)} = \left[\frac{Q}{\pi u_H \sigma_y \sigma_z} \right] \left\{ \exp \left[-0,5 * \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \right\} \left\{ \exp \left[-0,5 * \left(\frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \exp \left[-0,5 * \left(\frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \right\}$$

Enačba 1: Gaussova enačba za kontinuiran izpust

- X koncentracija polutanta v ozračju v točki (x,y,z),
 x prostorska koordinata v smeri vetra (smer širjenja oblaka),
 y prostorska koordinata horizontalno prečno na smer vetra,
 z prostorska koordinata v vertikalni smeri,
 Q hitrost izpusta,
 H efektivna višina izpusta
 u povprečna skalarna hitrost vetra,
 σ_y standardna deviacija razredčevanja, horizontalno prečno na veter,
 σ_z standardna deviacija razredčevanja po vertikali.



Slika 1: Disperzija dima po modelu Gaussovega distribucijskega in koordinatnega sistema

2.2 MODEL SCREEN 3

Pri agenciji za varstvo okolja v ZDA so razvili več modelov, ki so zasnovani na osnovi Gaussovega modela. Model Screen 3 je enostaven Gaussov model za izračun maksimalnih koncentracij različnih onesnaževal kot so SO₂, NO₂, PM₁₀, CO. Z njim je možno modelirati predvsem izpuste iz enega točkovnega vira ali ploskovnega vira ter v primerih izpusta določenega volumna onesnažila v ozračje. Model kot vhodne podatke upošteva meteorološke pogoje in oddaljenost od vira, pri katerih se pojavi maksimalna koncentracija ter določi koncentracijo zaradi inverzije in dimni dvig. Domneva SCREEN modela je, da obravnavana onesnažila niso podvržena kemičnim reakcijam in drugim procesom, ki povzročajo zmanjševanje deleža posameznega onesnažila med transportom v zraku, kot so suha in vlažna depozicija.

Upošteva učinke enostavnega reliefa in pomembnejših zgradb, ki vplivajo na disperzijo onesnaževala. Izračuna lahko maksimalne koncentracije pri različnem številu razdalj na ravnem ali visokem preprostem terenu vse tja do 100 km razdalje.

SCREEN3 model pa ne more natančno določiti maksimalni vpliv iz velikega števila virov onesnaževanja. Vendar je s poenostavitvijo, da se emisije bližnjih dimnikov združijo v enega, ki je nato reprezentativna za celotno okolico, mogoče tudi to slabost odpraviti.

Model vsebuje tudi prilagoditveni faktor, ki omogoča, da se iz maksimalne 1-urne vrednosti izračuna povprečno koncentracijo za daljše časovno obdobje tja do 24 ur. Uporablja se ga predvsem v primerih, kjer posamezni viri delujejo samo nekaj ur dnevno.

Vhodni podatki tega modela so tip vira onesnaževanja (točkovni, ploskovni, volumski), podatek ali je to urbano ali ruralno področje, emisija dimnih plinov in velikost objektov v bližini vira. Če ima vir onesnaževanja dimnik, je potrebno navesti višino in premer dimnika ter izhodno hitrost, temperaturo in volumen dimnih plinov.

3 MODELNI IZRAČUNI DISPERZIJE SNOVI V ZRAK

Za modelne izračune je bil uporabljen Gaussov model Screen 3. Program ima možnost, da sam preišče vse najslabše možne meteorološke pogoje in vrne maksimalno možno vrednost, ki sploh lahko nastopi v dani točki, ob uporabi Gaussovega modela. Model za svoje izračune predpostavlja, da so meteorološki pogoji daljši čas konstantni, kar se v realnosti ne dogaja. Zato upoštevamo še dodatno razredčenje, pri čemer se približamo realnemu stanju, ko vetrovi pihajo v različne smeri z različnimi hitrostmi.

3.1 MODELNI IZRAČUN DISPERZIJE ŽVEPLOVEGA DIOKSIDA V ZRAKU

Za modelni izračun so uporabljeni v Tabeli 1 predstavljeni vhodni podatki za Gaussov model Screen 3. Kot vhodni podatki v model so uporabljeni rezultati meritev emisijskega monitoringa cementarne Lafarge d.d. v mesecu juniju 2007 ob obratovanju čistilne naprave in tehnološke karakteristike naprave. Obratovanje razžveplevalne naprave je predpostavljeno ob uporabi običajnega goriva, ki je bogat z žveplom. Izračuni disperzije žveplovega dioksida so narejeni za primer najslabših možnih meteoroloških pogojev.

Tabela 1: Vhodni podatki za modelni izračun disperzije SO₂

emisija SO ₂ (g/s)	3,7
višina dimnika (m)	100
premer dimnika (m)	3,2
hitrost dimnega izpusta (m/s)	13,4
temperatura dimnih plinov na izpustu (K)	383
temperatura okolice (K)	293

3.2 MODELNI IZRAČUN DISPERZIJE DUŠIKOVEGA DIOKSIDA V ZRAKU

Izračuni disperzije dušikovega dioksida so narejeni za primer najslabših možnih meteoroloških pogojev. Kot vhodni podatki v model so uporabljeni rezultati meritev emisijskega monitoringa cementarne Lafarge d.d. v mesecu juniju 2007 ob obratovanju čistilne naprave in tehnološke karakteristike naprave. Uporabljeni vhodni podatki za Gaussov model Screen 3 so predstavljeni v Tabeli 2. Pri tem je emisija snovi NO_x izražena kot NO₂. Predpostavljeno je obratovanje razžveplevalne naprave ob uporabi običajnega goriva.

Tabela 2: Vhodni podatki za modelni izračun disperzije NO₂

emisija NO _x * (g/s)	74,3
višina dimnika (m)	100
premer dimnika (m)	3,2
hitrost dimnega izpusta (m/s)	13,4
temperatura dimnih plinov na izpustu (K)	383
temperatura okolice (K)	293

* - emisija NO_x izražena kot NO₂

3.3 MODELNI IZRAČUN DISPERZIJE DELCEV PM₁₀ V ZRAKU

Za modelni izračun so uporabljeni v Tabeli 3 predstavljeni vhodni podatki za Gaussov model Screen 3. Kot vhodni podatki v model so uporabljeni rezultati meritev emisijskega monitoringa cementarne Lafarge d.d. v mesecu juniju 2007 ob obratovanju čistilne naprave in tehnološke karakteristike naprave. Predpostavljeno je obratovanje razžveplevalne naprave ob uporabi običajnega goriva, kot v primeru izračuna disperzije snovi SO₂ in NO₂. Izračuni disperzije delcev PM₁₀ so narejeni na podlagi emisije skupnega prahu za primer najslabših možnih meteoroloških pogojev.

Tabela 3: Vhodni podatki za modelni izračun disperzije delcev PM₁₀

emisija skupnega prahu (g/s)	2,1
višina dimnika (m)	100
premer dimnika (m)	3,2
hitrost dimnega izpusta (m/s)	13,4
temperatura dimnih plinov na izpustu (K)	383
temperatura okolice (K)	293

4 REZULTATI MODELNIH IZRAČUNOV DISPERZIJE SNOVI

4.1 REZULTATI IZRAČUNA DISPERZIJE ŽVEPLOVEGA DIOKSIDA V ZRAKU

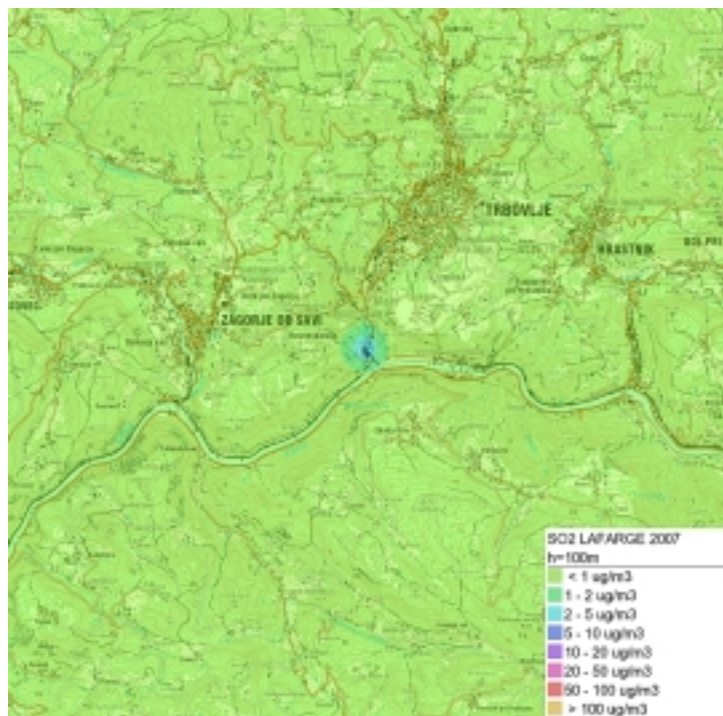
Na podlagi posredovanih tehnoloških parametrov odvodnika peči za pridobivanje cementnega klinkerja in znane emisije SO₂ (glej Tabelo 1) so v nadaljevanju predstavljene tipične enourne vrednosti onesnaženja zraka na različnih višinah in razdaljah glede na vznožje in lokacijo dimnika. Rezultati so predstavljeni ob predpostavki najslabših meteoroloških pogojev. V Tabeli 4 je prikazan modelni izračun do razdalje 7 km od dimnika Lafarge Cement d.d. in do višine 600 metrov od vznožja dimnika. V nadaljevanju je na slikah 2 do 5 prostorsko predstavljena širitev koncentracij SO₂ v okolici cementarne Lafarge na reprezentativnih višinah.

Tabela 4: Rezultati modelnega izračuna koncentracij SO₂ v okolici Lafarge Cement d.d. ob obratovanju razžveplevalne naprave dimnih plinov (v µg/m³)

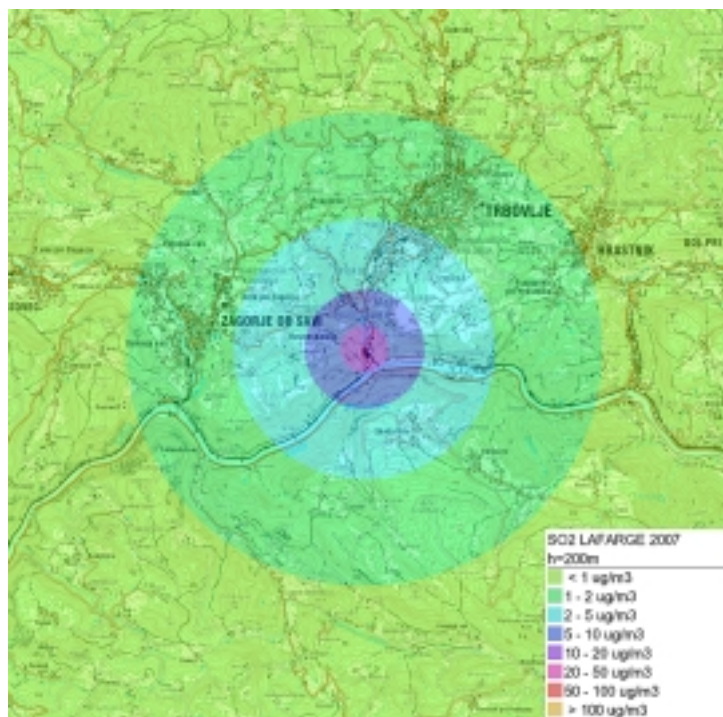
600	287.7	22.2	8.2	4.7	3.4	2.5	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
550	3.7	20.0	9.2	5.4	3.8	2.9	2.3	2.1	2.0	1.8	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4
500	308.2	32.0	12.4	7.1	4.7	3.6	2.9	2.6	2.5	2.4	2.4	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5
450	482.0	38.6	15.0	8.6	5.8	4.3	3.3	2.9	2.8	2.7	2.6	2.2	1.8	1.6	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
400	3.4	12.7	8.4	6.2	4.6	3.6	2.9	2.6	2.5	2.4	2.4	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5
350	73.9	19.8	8.9	5.4	3.7	2.7	2.1	1.8	1.8	1.7	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4
300	241.9	25.2	9.1	5.0	3.7	2.8	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.1	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
250	125.0	26.6	12.1	7.0	4.7	3.4	2.6	2.2	2.0	1.8	1.6	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
200	630.4	43.6	15.1	11.6	10.3	9.1	8.1	7.2	6.5	5.8	5.2	3.4	2.4	1.9	1.5	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
150	951.2	83.1	29.9	16.3	10.6	8.9	8.1	7.4	6.7	6.2	5.7	4.0	3.0	2.3	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	0.9	0.9	0.8	0.7
100	0.0	1.4	2.7	1.9	1.4	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
h(m) / x(m)	10	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000

Legenda:

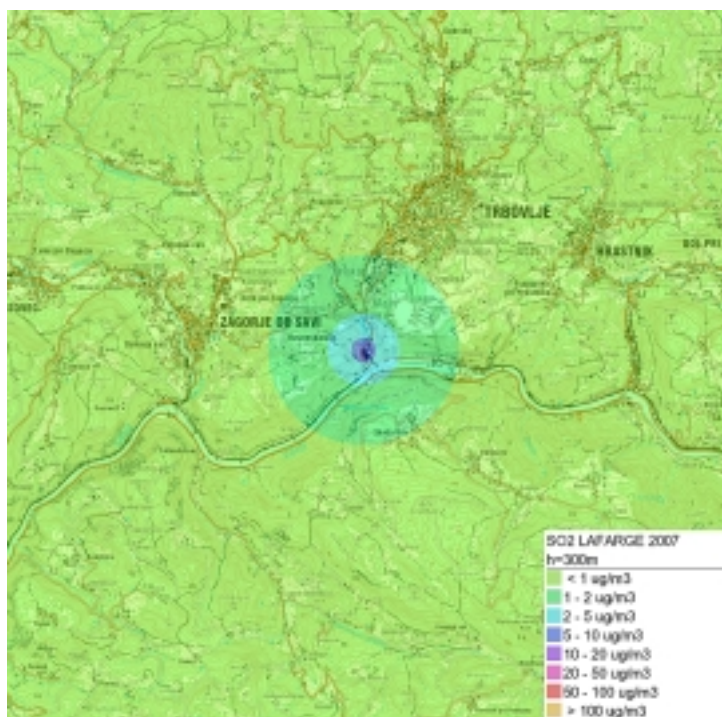
SO ₂								
< 1 µg/m ³	1-2 µg/m ³	2-5 µg/m ³	5-10 µg/m ³	10-20 µg/m ³	20-50 µg/m ³	50-100 µg/m ³	100-350 µg/m ³	>350 µg/m ³



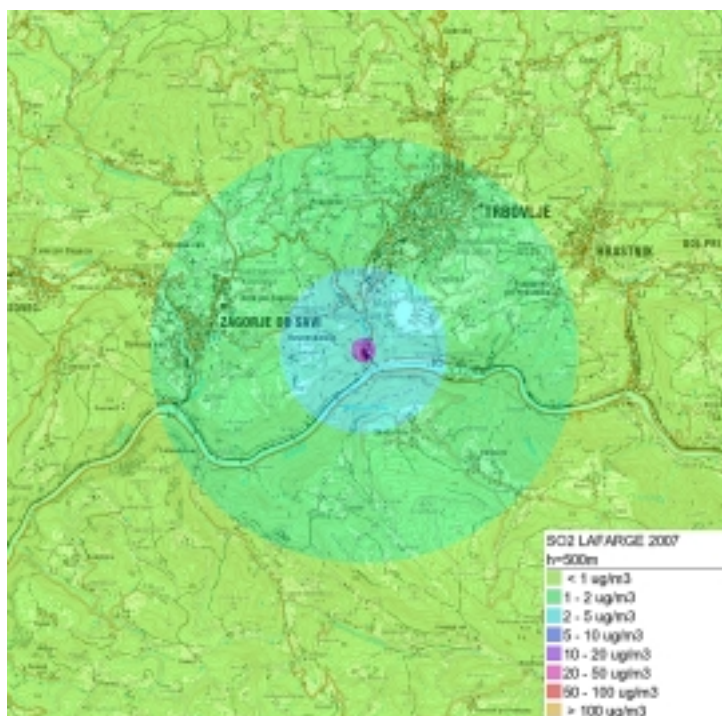
Slika 2: Prikaz koncentracij SO₂ na višini 100 m v okolici cementarne Lafarge d.d.



Slika 3: Prikaz koncentracij SO₂ na višini 200 m v okolici cementarne Lafarge d.d.



Slika 4: Prikaz koncentracij SO₂ na višini 300 m v okolici cementarne Lafarge d.d.



Slika 5: Prikaz koncentracij SO₂ na višini 500 m v okolici cementarne Lafarge d.d.

4.2 REZULTATI IZRAČUNA DISPERZIJE DUŠIKOVEGA DIOKSIDA V ZRAKU

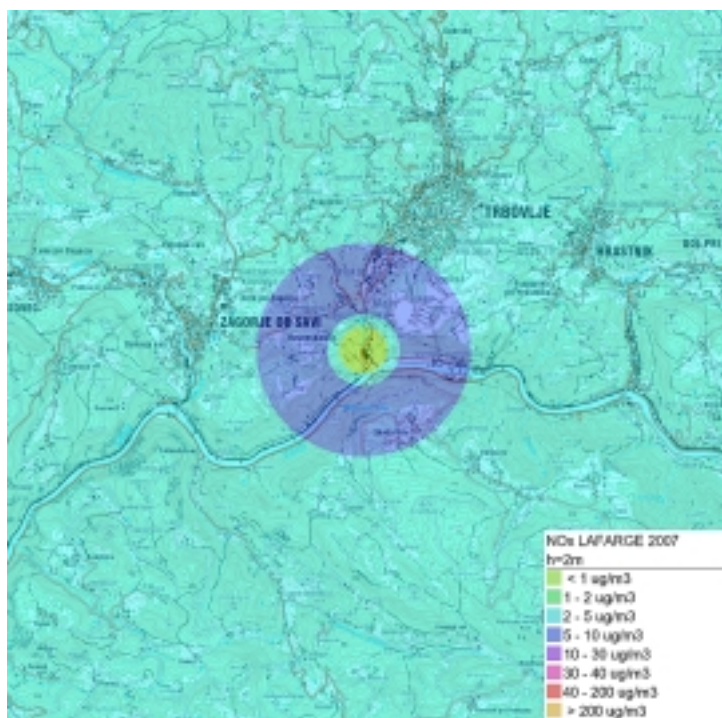
Z upoštevanjem znanih emisij NO_x in tehnoloških parametrov odvodnika peči za pridobivanje cementnega klinkerja v Tabeli 2 so v nadaljevanju predstavljene tipične enourne vrednosti onesnaženja zraka na različnih višinah in razdaljah glede na vznožje in lokacijo dimnika. Rezultati temeljijo na predpostavki najslabših meteoroloških pogojev. V Tabeli 5 je prikazan modelni izračun do razdalje 7 km od dimnika Lafarge Cement d.d. in do višine 600 metrov od vznožja dimnika. V nadaljevanju je na slikah 6 do 11 na reprezentativnih višinah prostorsko predstavljena širitev koncentracij NO₂ v okolici cementarne Lafarge.

Tabela 5: Rezultati modelnega izračuna koncentracij NO₂ v okolici Lafarge Cement d.d. ob obratovanju razžveplevalne naprave dimnih plinov (v µg/m³)

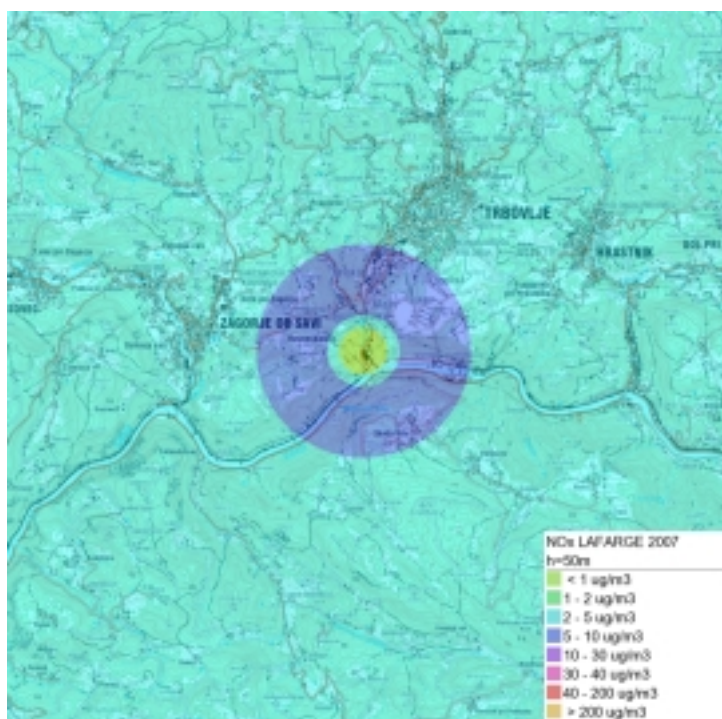
600	5776.0	445.2	164.4	94.3	67.5	51.2	40.4	35.5	33.5	31.5	29.7	28.1	26.5	25.1	23.8	22.6	21.5	20.4	19.5	18.6	17.7	14.3	13.8	13.3	12.8	12.3	12.1	11.0	10.1	8.6	7.5	6.6
550	75.0	401.6	184.8	108.6	75.8	58.7	47.0	41.5	39.3	37.1	35.0	33.0	31.5	30.5	29.6	28.7	27.9	27.0	26.2	25.4	24.7	21.4	20.9	20.3	19.8	19.3	18.8	16.7	14.9	12.2	10.3	8.8
500	6188.0	642.0	249.8	142.2	95.0	72.0	58.2	52.1	50.5	48.9	47.2	45.6	44.1	42.5	41.1	39.7	38.3	37.0	35.8	34.6	33.4	28.5	27.6	26.8	26.0	25.2	24.5	21.4	18.9	15.1	12.5	10.5
450	9684.0	774.0	301.2	172.8	116.4	85.6	66.6	58.8	56.9	55.0	53.0	51.2	49.4	47.5	45.9	44.3	42.7	41.2	39.7	38.4	37.0	31.3	30.3	29.4	28.5	27.6	26.8	23.3	20.5	16.3	13.3	11.1
400	68.3	254.2	169.5	123.9	92.9	72.4	58.4	52.3	50.7	49.0	47.4	45.8	44.2	42.7	41.2	39.8	38.5	37.2	35.9	34.7	33.5	28.5	27.7	26.9	26.1	25.3	24.6	21.5	19.0	15.2	12.5	10.5
350	1484.0	398.1	178.0	107.6	73.8	54.6	42.6	37.1	35.7	34.7	33.7	32.7	31.7	30.8	29.8	28.9	28.0	27.2	26.4	25.6	24.9	21.6	21.0	20.4	19.9	19.4	18.9	16.8	15.0	12.3	10.3	8.9
300	4856.0	505.6	183.5	101.2	74.0	56.6	44.8	38.8	35.8	33.0	30.5	28.3	26.4	24.5	23.2	22.0	20.9	19.9	19.0	18.1	17.3	13.9	13.4	12.9	12.7	12.4	12.2	11.1	10.1	8.7	7.5	6.7
250	2510.0	534.0	242.8	141.1	94.4	68.5	52.6	44.3	39.8	35.9	32.5	29.7	27.2	25.2	24.5	23.8	23.1	22.5	21.9	21.3	20.7	18.0	17.5	17.1	16.6	16.2	15.8	14.0	12.5	10.2	8.5	7.3
200	12660.0	876.4	303.9	232.0	206.7	183.4	162.8	145.0	129.6	116.4	105.0	95.7	87.6	80.5	74.3	68.8	63.9	59.6	55.7	52.2	49.1	37.5	35.7	34.0	32.5	31.1	29.8	24.4	20.5	16.1	13.4	11.4
150	19100.0	1668.4	600.4	327.3	211.9	179.7	163.2	148.4	135.5	124.2	114.2	105.6	97.9	91.1	85.0	79.6	74.6	70.2	66.2	62.6	59.2	46.6	44.7	42.8	41.1	39.5	38.0	32.0	27.5	21.2	17.1	14.2
100	0.0	28.3	53.3	39.1	27.8	20.5	16.8	13.9	11.7	10.3	9.3	8.5	7.7	7.1	6.5	6.3	6.3	6.3	6.3	6.2	6.2	5.7	5.6	5.5	5.6	5.6	5.7	5.7	5.7	5.5	5.2	4.9
50	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	2.7	4.1	4.4	6.1	7.5	7.8	7.5	7.1	6.7	6.4	6.0	5.7	5.5	5.2	5.0	4.8	4.0	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	3.8	3.5	3.0	2.9	2.8
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.9	3.9	4.4	6.0	7.4	7.8	7.5	7.1	6.7	6.4	6.0	5.7	5.5	5.2	5.0	4.8	4.0	3.9	3.8	3.9	3.9	3.9	3.8	3.5	3.0	2.9	2.8
h(m) / x(m)	10	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3500	4000	5000	6000	7000

Legenda:

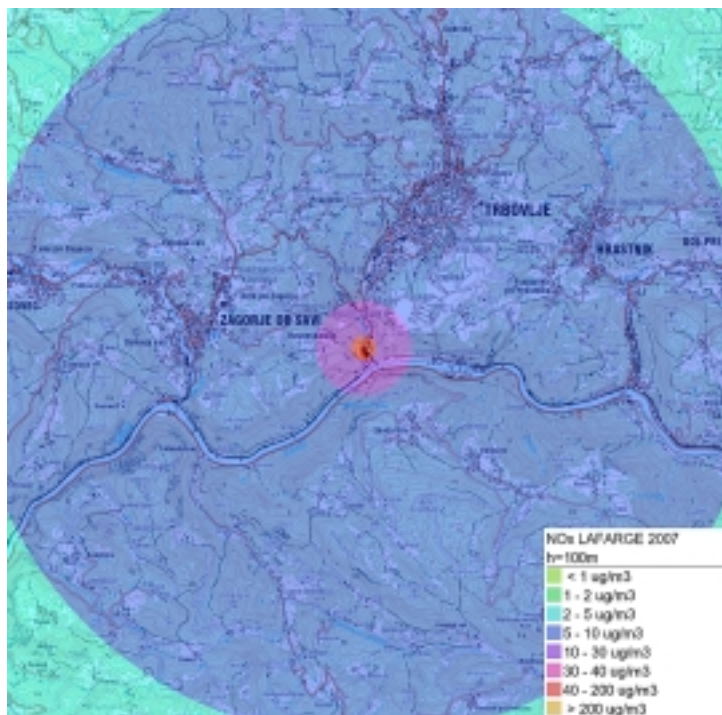




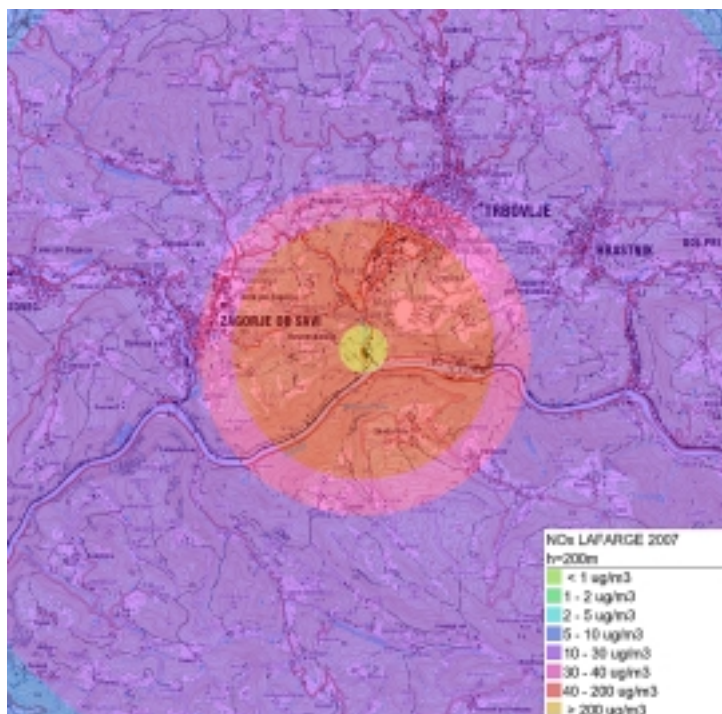
Slika 6: Prikaz koncentracij NO₂ na višini 2m v okolici cementarne Lafarge d.d.



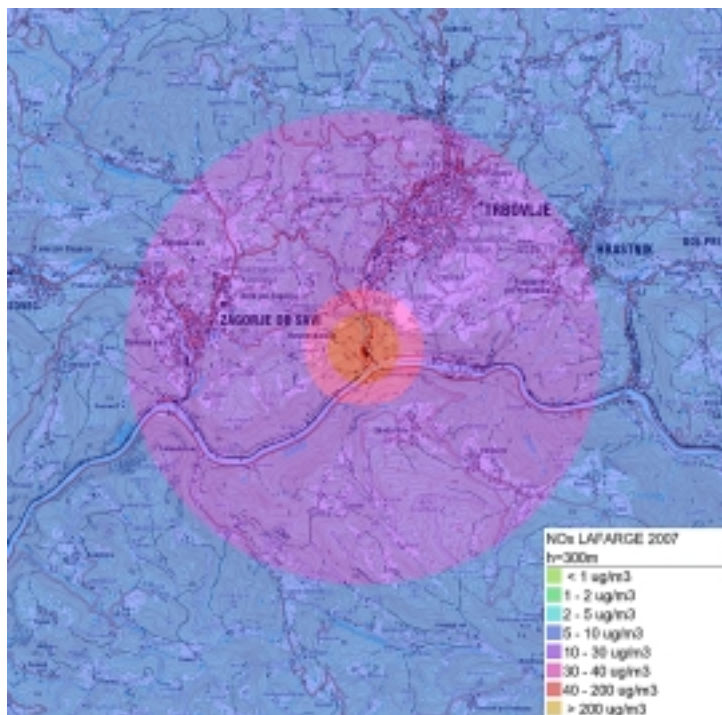
Slika 7: Prikaz koncentracij NO₂ na višini 50 m v okolici cementarne Lafarge d.d.



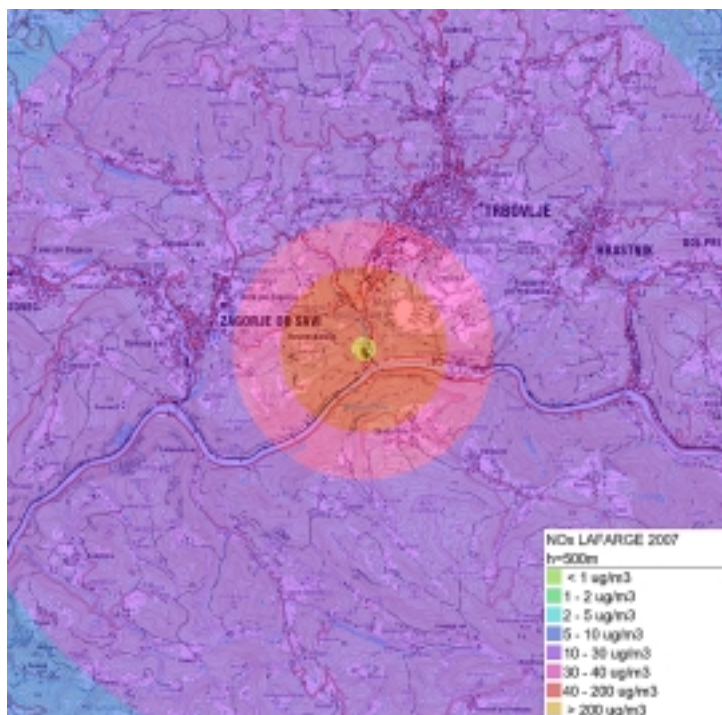
Slika 8: Prikaz koncentracij NO₂ na višini 100 m v okolici cementarne Lafarge d.d.



Slika 9: Prikaz koncentracij NO₂ na višini 200 m v okolici cementarne Lafarge d.d.



Slika 10: Prikaz koncentracij NO₂ na višini 300 m v okolici cementarne Lafarge d.d.



Slika 11: Prikaz koncentracij NO₂ na višini 500 m v okolici cementarne Lafarge d.d.

4.3 REZULTATI IZRAČUNA DISPERZIJE DELCEV PM₁₀ V ZRAKU

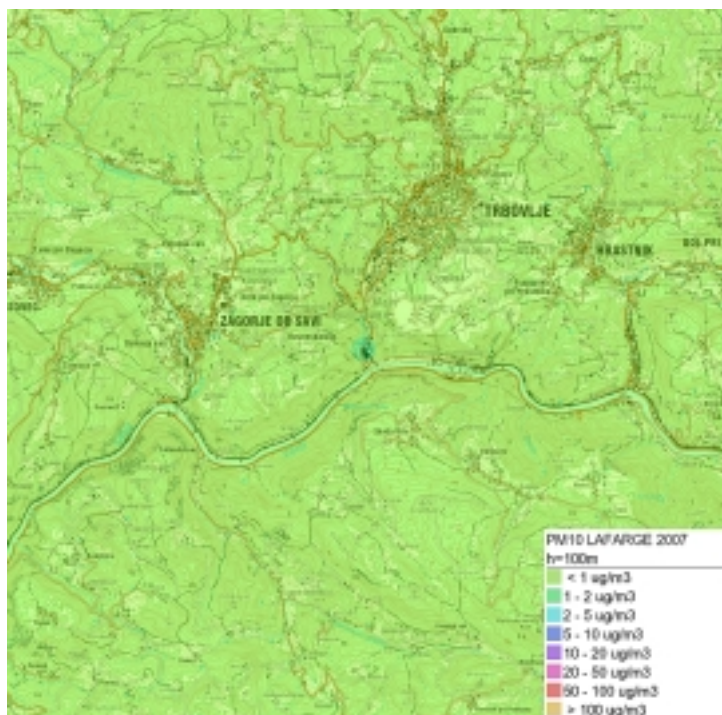
V nadaljevanju so predstavljene tipične enourne vrednosti onesnaženja zraka z delci PM₁₀ na različnih višinah in razdaljah glede na vznožje in lokacijo dimnika izračunane ob upoštevanju tehnoloških parametrov odvodnika peči za pridobivanje cementnega klinkerja in znane emisije skupnega prahu v Tabeli 3. Rezultati so dobljeni ob predpostavki najslabših meteoroloških pogojev. V Tabeli 6 je prikazan modelni izračun do razdalje 10 km od dimnika Lafarge Cement d.d. in do višine 600 metrov od vznožja dimnika. V nadaljevanju je na slikah 12 do 15 prostorsko predstavljena širitev koncentracij PM₁₀ v okolici cementarne Lafarge na reprezentativnih višinah.

Tabela 6: Rezultati modelnega izračuna koncentracij delcev PM₁₀ v okolici Lafarge Cement d.d. ob obratovanju razžveplevalne naprave dimnih plinov (v $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

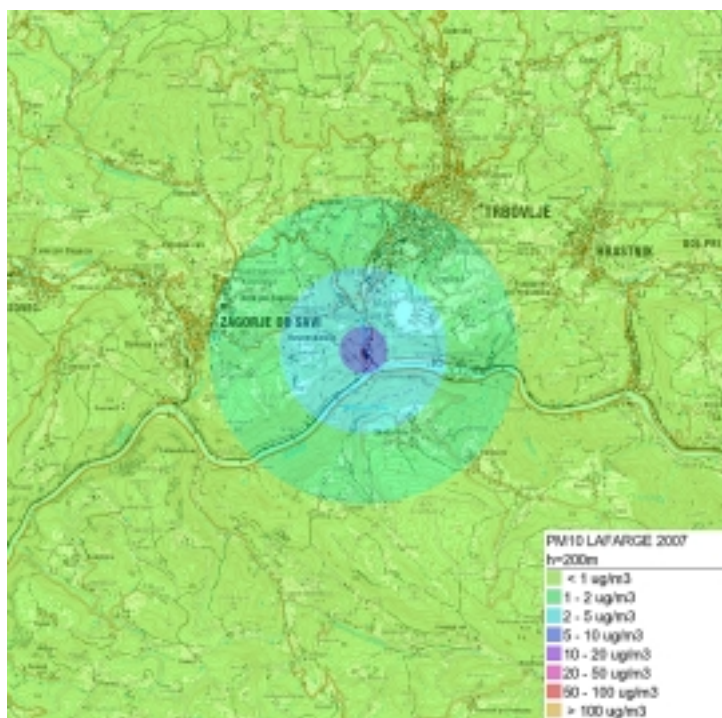
600	163.3	12.6	4.6	2.7	1.9	1.4	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
550	2.1	11.3	5.2	3.1	2.1	1.7	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3
500	174.9	18.1	7.1	4.0	2.7	2.0	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4
450	273.6	21.9	8.5	4.9	3.3	2.4	1.9	1.7	1.6	1.6	1.5	1.3	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5
400	1.9	7.2	4.8	3.5	2.6	2.0	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4
350	42.0	11.3	5.0	3.0	2.1	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3
300	137.3	14.3	5.2	2.9	2.1	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	0.9	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
250	70.9	15.1	6.9	4.0	2.7	1.9	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
200	357.8	24.8	8.6	6.6	5.8	5.2	4.6	4.1	3.7	3.3	3.0	1.9	1.4	1.1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5
150	540.0	47.2	17.0	9.3	6.0	5.1	4.6	4.2	3.8	3.5	3.2	2.2	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6
100	0.0	0.8	1.5	1.1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
h(m) / x(m)	10	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000

Legenda:

PM10								
< 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100-350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	>350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



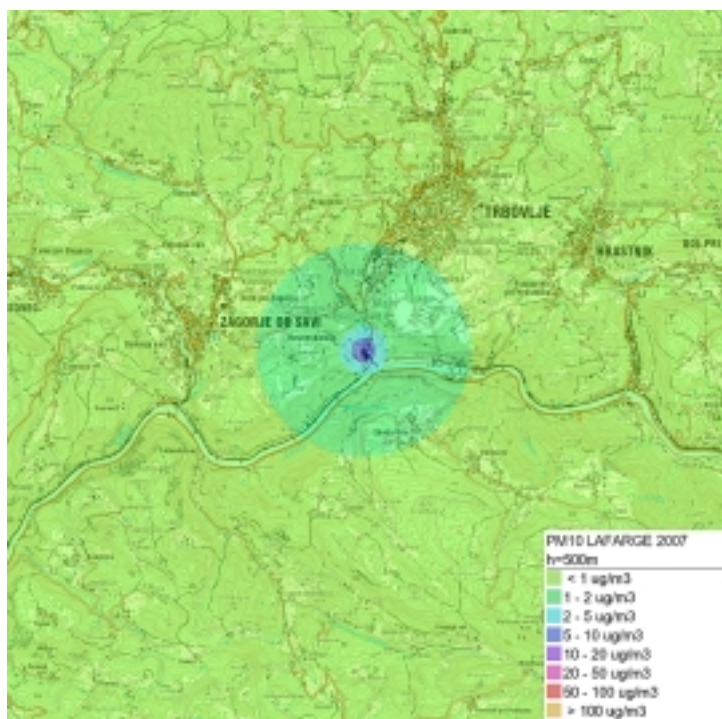
Slika 12: Prikaz koncentracij PM₁₀ na višini 100 m v okolici cementarne Lafarge d.d.



Slika 13: Prikaz koncentracij PM₁₀ na višini 200 m v okolici cementarne Lafarge d.d.



Slika 14: Prikaz koncentracij NO₂ na višini 300 m v okolici cementarne Lafarge d.d.



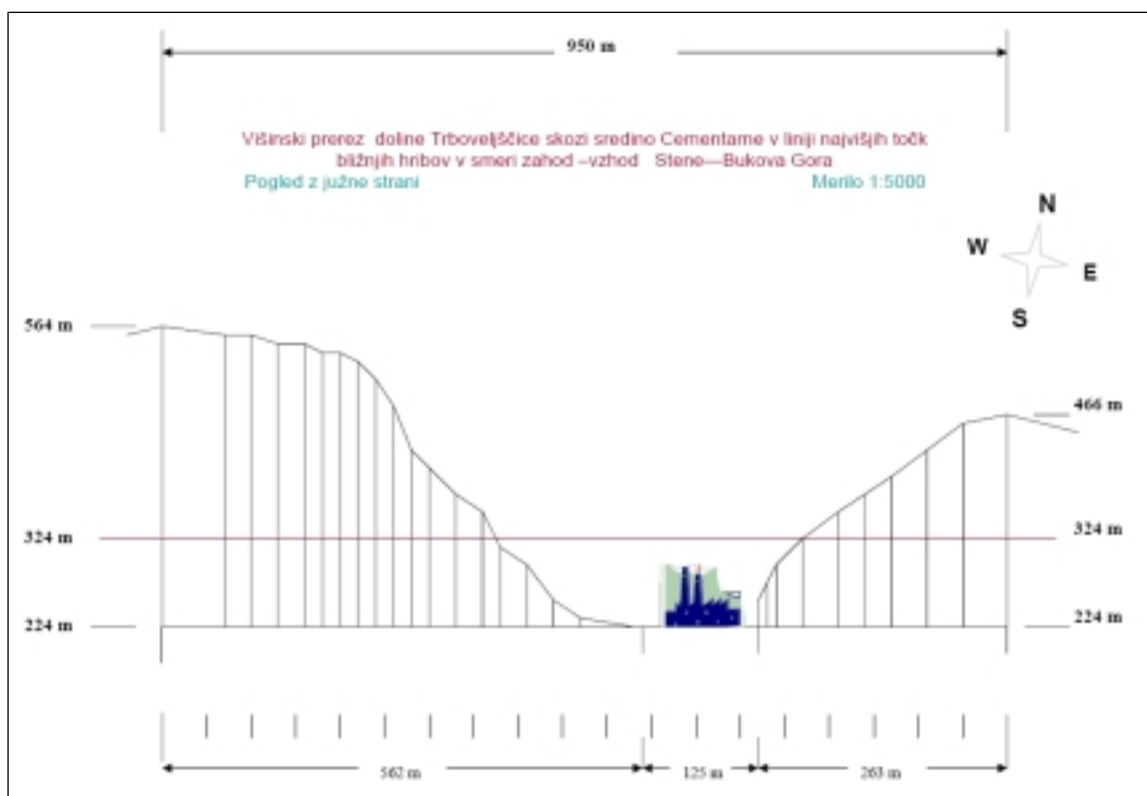
Slika 15: Prikaz koncentracij NO₂ na višini 500 m v okolici cementarne Lafarge d.d.

5 ANALIZA REZULTATOV MODELNIH IZRAČUNOV

5.1 ANALIZA REZULTATOV MODELNEGA IZRAČUNA DISPERZIJE SO₂ V ZRAKU

Rezultati emisijskih meritev SO₂ obratovalnega monitoringa cementarne kažejo zadovoljivo zmanjšanje emisije SO₂ ob obratovanju razžveplevalne naprave v primerjavi s proizvodnjo brez nje. Koncentracije na izstopu odvodnika so nižje od predpisane meje 400 mg/m³ kar pogojuje obremenitev zunanjega zraka z SO₂ v okolici cementarne v skladu s predpisi.

Iz rezultatov modelnega izračuna disperzije SO₂ razberemo, da se najvišje koncentracije pojavljajo nad dimnikom in v njegovi neposredni bližini (do 10 m). Na oddaljenosti 100 m od dimnika pa je onesnaženje s SO₂ že močno razredčeno in koncentracije SO₂ na nobeni višini ne presegajo urne mejne vrednosti 350 µg/m³. To je ugodno, ker je cementarna Lafarge d.d. umeščena v relativno ozko dolino Trboveljščice s strmimi pobočji na obeh straneh (Slika 16).



Slika 16: Višinski prerez doline Trboveljščice skozi sredino Cementarne

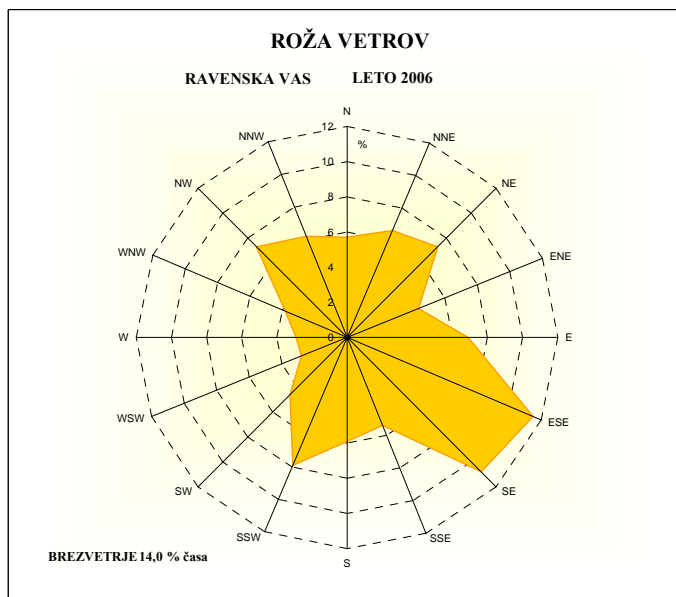
Pobočji na zahodnem in vzhodnem delu doline sta glede na modelne izračune dovolj oddaljeni, da je vpliv emisije SO₂ iz cementarne na vegetacijo v predpisanih mejah. Mejna koncentracija za varstvo zavarovanih naravnih vrednot (20 µg/m³) tudi na urnem nivoju na razdalji 300 m od dimnika ni več presežena na nobeni višini. Na razdalji 200 m od dimnika je na urnem nivoju presežena le na višini 150 m, ki pa ne sovпада s pobočji hribovja ob dolini. Izračuni so narejeni za najslabše meteorološke pogoje, zato v realnih razmerah pričakujemo manjšo obremenitev. Na podlagi modelnih izračunov ocenjujemo, da lahko v okolici cementarne Lafarge d.d. v le izjemoma prihaja do prekoračitev predpisanih mejnih vrednosti SO₂ za varstvo zunanega zraka kot posledica obratovanja cementarne.

5.2 ANALIZA REZULTATOV MODELNEGA IZRAČUNA DISPERZIJE NO₂ V ZRAKU

Obratovanje razžveplevalne naprave nima večjega vpliva na zmanjšanje emisije NO_x, zato je emisija pogojena z vodenjem procesa v peči. Emisijske koncentracije NO_x izražene kot NO₂ na izstopu odvodnika so nižje od predpisane mejne vrednosti 1300 mg/m³.

Rezultati modelnega izračuna disperzije NO₂ pokažejo pojav najvišjih urnih koncentracij v neposredni okolici dimnika (do 100 m). Na oddaljenosti 500 m od dimnika se onesnaženje z NO₂ razredči do te mere, da urne koncentracije NO₂ na nobeni višini ne presegajo urne mejne vrednosti 200 µg/m³. Najvišje vrednosti se pojavljajo na višinah 150 in 200 m, medtem ko je višje razredčitev večja in urna mejna vrednost višje od 250 m in na razdalji 300 m ni več presežena.

Na podlagi izračunov koncentracije NO₂, lahko občasno na zahodnem in vzhodnem pobočju doline Trboveljščice koncentracije NO₂ presežejo urno mejno vrednost 200 µg/m³, vendar ocenjujemo, da do takih meteoroloških pogojev prihaja redko in bodo te prekoračitve v mejah kot jih predvideva tudi predpis (največ 18-krat v koledarskem letu). Izračuni so narejeni za najslabše meteorološke pogoje in maksimalno izmerjeno emisijo NO_x v mesecu juniju 2007 zato v realnih razmerah pričakujemo manjšo obremenitev z NO₂ v okolici cementarne. Glede na spremenljivost smeri vetra v bližini cementarne (roža vetrov na sliki 17) tudi ni pričakovati, da bi bile prekoračene letne mejne vrednosti (40 µg/m³).



Slika 17: Roža vetrov na merilni postaji Ravenska vas – zaselek Zelena trava

5.3 ANALIZA REZULTATOV MODELNEGA IZRAČUNA DISPERZIJE PM₁₀ V ZRAKU

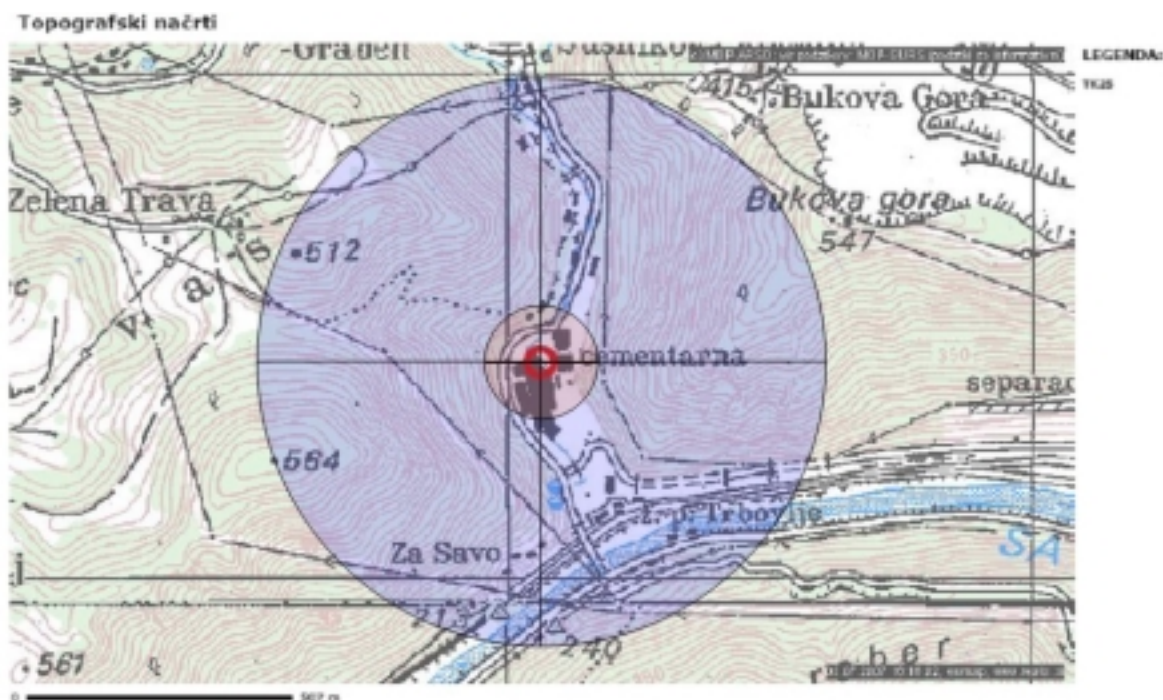
Delovanje razžvepevalne naprave poleg drugih ukrepov (E-filtri), pozitivno vpliva tudi na zmanjšanje emisije skupnega prahu. Emisijske koncentracije skupnega prahu na izstopu odvodnika so nižje od predpisane mejne vrednosti 50 mg/m³.

Rezultati modelnega izračuna disperzije delcev PM₁₀ kažejo hiter upad koncentracij prašnih delcev z razdaljo. Najvišje koncentracije se pojavljajo nad dimnikom in v njegovi neposredni bližini (do 10 m). Na oddaljenosti 100 m od dimnika pa so prašni delci že močno razredčeni in urne koncentracije na nobeni višini ne presegajo dnevne mejne vrednosti 50 µg/m³. Na razdalji 200 m s tako delitvijo ni presežena niti letna mejna koncentracija za koncentracijo za varovanje zdravja ljudi (40 µg/m³).

Izračuni so narejeni za najslabše meteorološke pogoje, zato v realnih razmerah pričakujemo manjšo obremenitev. Na podlagi modelnih izračunov ocenjujemo, da lahko v okolici cementarne Lafarge d.d. le izjemoma prihaja do prekoračitev predpisanih mejnih vrednosti PM₁₀ za varstvo zunanjega zraka kot posledica obratovanja cementarne.

5.4 ZAKLJUČEK

Na podlagi analize modelnih izračunov disperzije SO_2 , NO_2 in PM_{10} v zrak iz odvodnika cementarne Lafarge d.d. pri normalnih pogojih proizvodnega procesa cementnega klinkerja in obratovanju razžveplevalne naprave zaključujemo, da je vplivno območje za onesnaženje zraka na katerem se lahko pričakuje občasno prekoračenje urnih mejnih vrednosti za NO_2 radij 500 m s središčem v centru odvodnika (modro področje na Sliki 18). Vplivno območje za onesnaženje zraka s SO_2 in PM_{10} ocenjujemo radij 100 m s središčem v centru odvodnika (rožnato področje na Sliki 18).



Slika 18: Vplivno področje cementarne Lafarge d.d.