

# Utjecaj Direktive o industrijskim emisijama na postrojenje TE Plomin

---

Folo, Nerea

Master's thesis / Diplomski rad

2015

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:452363>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij rudarstva

**UTJECAJ DIREKTIVE O INDUSTRIJSKIM EMISIJAMA NA POSTROJENJE  
TE PLOMIN**

Diplomski rad

Nerea Folo

R-89

Zagreb, 2015.

UTJECAJ DIREKTIVE O INDUSTRIJSKIM EMISIJAMA NA POSTROJENJE TE  
PLOMIN

NEREA FOLO

Diplomski rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za rudarstvo i geotehniku  
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Sažetak

Velike tvrtke čija postrojenja ili djelatnost su izvor onečišćenja moraju zadovoljavati određene standarde zaštite okoliša da bi bile konkurentne na tržištu. Termoelektrane na ugljen poput TE Plomin smatraju se značajnim onečišćivačem zbog emisije onečišćujućih tvari (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> i krute čestice). Cjelovito upravljanje zaštitom okoliša omogućava da okoliš zadrži svoju kvalitetu te da se očuvaju ukupni resursi za buduće generacije (održivi razvoj). U diplomskom radu se analizira Direktiva o industrijskim emisijama (2010/75/EU) koja je implementirana u relevantne hrvatske propise, te se razmatra usklađenost postrojenja TE Plomin sa zahtjevima Direktive. Direktiva propisuje granične vrijednosti emisija s kojima su uspoređene emisije SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i krutih čestica iz TE Plomin u 2012., 2013. i 2014. godini. Na temelju rezultata dan je prijedlog usklađenja TE Plomin sa zahtjevima Direktive, što je preduvjet za ishođenje okolišne dozvole.

Ključne riječi: termoelektrana, okoliš, emisije, direktiva, Plomin

Diplomski rad sadrži: 85 stranice, 11 tablica, 24 slika i 50 referenci.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica rudarsko-geološko-naftnog fakulteta  
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: dr. sc. Ivan Sobota, docent RGNF-a  
Pomoć pri izradi: Monika Babačić, dipl. ing. kem.

Ocjenjivači: dr. sc. Ivan Sobota, docent RGNF-a  
dr. sc. Gordan Bedeković, izvanredni profesor RGNF-a  
dr. sc. Dalibor Kuhinek, docent RGNF-a

Datum obrane: 16. listopada 2015.

IMPACT OF THE EU DIRECTIVE ON INDUSTRIAL EMISSIONS ON PLOMIN  
THERMAL POWER PLANT

NEREA FOLO

Thesis completed in: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Mining Engineering and Geotechnics  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

Large companies whose facilities or activities are the source of pollution must fulfill certain standards of environmental protection so they could be market competitive. Coal-fired thermal power plants, such as TE Plomin, are considered to be a significant source of pollution because of the emission of pollutants (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> and solid particles). Integrated environmental management helps maintaining environmental quality and preserving resources for future generations (sustainable development). This master thesis analyzes Industrial Emissions Directive (2010/75/EU), which is implemented in Croatian environmental legislation, and impact of its provisions on TE Plomin. IED provides emission limit values that have been compared to SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and solid particles emissions in 2012, 2013 and 2014. Based on the results, a proposal for the measures enabling TE Plomin to comply with the Directive regulations has been given.

Key words: thermal power plant, environment, emissions, directive, Plomin

Thesis contains: 85 pages, 11 tables, 24 pictures and 50 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining and Petroleum Engineering,  
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Ivan Sobota, PhD, Assistant Professor

Technical support and assistance: Monika Babačić, MSc.

Reviewers: Ivan Sobota, PhD, Assistant Professor

Gordan Bedeković, PhD, Associate Professor

Dalibor Kuhinek, PhD, Assistant Professor

Date of defense: October 16, 2015

## SADRŽAJ

POPIS TABLICA .....	II
POPIS SLIKA .....	III
1. UVOD .....	1
2. UTJECAJ TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA NA OKOLIŠ .....	4
2.1. UGLJEN KAO GORIVO.....	6
2.2. EMISIJE PLINOVA.....	10
2.3. EMISIJE KRUTIH ČESTICA.....	15
2.4. UTJECAJ ODLAGALIŠTA OTPADA I DEPONIJE UGLJENA.....	17
3. DIREKTIVA EU O INDUSTRIJSKIM EMISIJAMA ( <i>IED</i> ) I OKOLIŠNA DOZVOLA.....	21
3.1. DIREKTIVA 2010/75/EU O INDUSTRIJSKIM EMISIJAMA ( <i>IED</i> ).....	21
3.2. NAJBOLJE RASPOLOŽIVE TEHNOLOGIJE (NRT).....	24
3.3. OKOLIŠNA DOZVOLA.....	26
3.4. HEP I OKOLIŠNA DOZVOLA.....	29
4. SUSTAV UPRAVLJANJA OKOLIŠEM TE PLOMIN.....	32
4.1. LOKACIJA I OPIS POSTROJENJA TE PLOMIN.....	32
4.2. POLITIKA ZAŠTITE OKOLIŠA TE PLOMIN.....	41
4.3. IZVORI ONEČIŠĆENJA I POSTOJEĆE MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA.....	44
4.3.1. ONEČIŠĆENJE ZRAKA I MJERE ZA SMANJENJE EMISIJA.....	45
4.3.2. ONEČIŠĆENJE POVRŠINSKIH VODA I OBRADA VODA.....	51
4.3.3. ODLAGALIŠTE PEPELA, ŠLJAKE I GIPSA.....	55
4.3.4. BUKA, VIBRACIJA I IONIZIRAJUĆE ZRAČENJE.....	58
4.4. PROGRAM PRAĆENJA EMISIJA I STANJA OKOLIŠA.....	61
5. USKLAĐENOST POSTROJENJA TE PLOMIN SA ZAHTJEVIMA DIREKTIVE O INDUSTRIJSKIM EMISIJAMA.....	66
6. PRIJEDLOG MJERA ZA ISPUNJAVANJE ZAHTJEVA DIREKTIVE I ISHODENJE OKOLIŠNE DOZVOLE.....	70
6.1. SMANJIVANJE EMISIJA IZ POSTROJENJA TE PLOMIN 2.....	70
6.2. IZGRADNJA TE PLOMIN C.....	73
7. ZAKLJUČAK .....	79
8. LITERATURA .....	81

## POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Specifične emisije iz TE po jedinici proizvedene električne energije ovisno o vrsti goriva (Udovičić,1989.).....	5
Tablica 2-2. Klasifikacija ugljena (Gates, 1985.).....	8
Tablica 2-3. Utjecaj na okoliš povezani s proizvodnjom i korištenjem ugljena (Gates, 1987.).....	9
Tablica 3-1. Djelatnosti iz sektora energetike, industrije i gospodarenja otpadom koje uzrokuju onečišćenje i na koje se primjenjuje IED (Direktiva 2010/75/EU).....	23
Tablica 4-1. Osnovni podaci proizvodnih postrojenja TE Plomin (APO d.o.o. i EKONERGD.o.o., 2012.b).....	40
Tablica 4-2. Pregled glavnih izvora onečišćenja okoliša i emitiranih onečišćujućih tvari na lokaciji TE Plomin (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).....	45
Tablica 4-3. Pokazivatelji otpadnih voda (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).....	53
Tablica 4-4. Izmjerene razine buke u promatranim područjima (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).....	59
Tablica 5-1. Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u zrak za velike termoenergetske uređaje ložene ugljenom (Direktiva 2010/75/EU i RDNRT za velike termoenergetske uređaje) .....	67
Tablica 5-2. Usporedba emisija u zrak iz TE Plomin s GVE prema IED-u (EKONERG d.o.o., 2013.a-b, 2014.a-b, 2015.a-b).....	69
Tablica 6-1. Usporedba očekivanih emisija glavnih onečišćujućih tvari u zrak iz TE Plomin 2 i TE Plomin C s GVE prema IED-u i s NRT-GVE prema RDNRT-u za velike termoenergetske uređaje (Direktiva 2010/75/EU; RDNRT za velike termoenergetske uređaje).....	76

## POPIS SLIKA

Slika 2-1. Ispuštanje dimnih plinova iz velike termoelektrane na ugljen (Ghana Youth Environmetal Movement, 2013.).....	4
Slika 2-2. Svjetska proizvodnja ugljena, nafte i plina: u prošlosti (pune linije) i procjena buduće proizvodnje (crtkane linije) (Saftić, 2012.).....	7
Slika 2-3. Karakteristični temperaturni profil i njegov utjecaj na disperziju onečišćujućih tvari (dimnih plinova) emitiranih iz dimnjaka termoenergetskog postrojenja (Gates, 1985.).....	12
Slika 2-4. Sustav za pročišćavanje dimnih plinova iz ložišta TE na ugljen: izdvajanje lebdećeg pepela iz dimnog plina u elektrostatičkom taložniku i daljnje pročišćavanje (odsumporavanje) u mokrom kolektoru (Gates, 1985.).....	12
Slika 2-5. Otvoreni deponij TE Plomin.....	18
Slika 3-1. Redoslijed izdavanja dozvola (Sobota, 2014.).....	28
Slika 4-1. Prikaz Plomina na karti (Google Maps, 2015.).....	32
Slika 4-2. Podrijetlo ugljena iz vremenskog razdoblja 1999. – 2012. (Vukelić, 2013.).....	33
Slika 4-3. Pogled na Plominski zaljev sa TE Plomin.....	34
Slika 4-4. Brod tipa Panamax u Plominskoj luci.....	34
Slika 4-5. Pogled na dimnjak iz njegova podnožja.....	35
Slika 4-6. TE Plomin 1 i TE Plomin 2 na lokaciji (Vukelić, 2013.).....	38
Slika 4-7. Kotao (lijevo) i turbina (desno) TEP 2 (Vukelić, 2013.).....	38
Slika 4-8. Osnovni tehnološki sustavi u TE Plomin 2 (Vukelić, 2013.).....	39
Slika 4-9. Ciklus neprekidnog poboljšavanja (tzv. PDCA ili <i>Deming-ov</i> ciklus) (Sobota, 2014.).....	42
Slika 4-10. Pločasti elektrostatički taložnik: (a) glavni dijelovi i (b) unutrašnjost elektrostatičkog filtra TEP 2 (u prvom planu uređaj za mehaničko otresanje kolektorskih elektroda) (HEP Proizvodnja d.o.o., 2011).....	49
Slika 4-11. Postrojenje za odsumporavanje dimnih plinova (DeSO <sub>x</sub> ) TEP 2 (Vukelić, 2013.).....	50
Slika 4-12. Sanirano odlagalište pepela, šljake i gipsa (Vukelić, 2013.).....	57
Slika 4-13. Skladište gipsa TE Plomin (Vukelić, 2013.).....	57
Slika 4-14. Sustav monitoringa u TE Plomin (EKONERG d.o.o., 1997.).....	62
Slika 4-15. Satni rezultati kontinuiranih mjerenja za TEP 1 (AZO, 2015.).....	63

Slika 4-16. Postupak obavještanja i komunikacija prema nadležnim tijelima (Laković, 2014.).....	65
Slika 6-1. Mogući položaji <i>SCR</i> uređaja kod uređaja za loženje (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).....	72
Slika 6-2. Usporedba emisija $\text{NO}_x$ , $\text{SO}_2$ i krutih čestica iz TEP 1, TEP 2 i TEP C (EKONERG d.o.o., 2013.a-b, 2014.a-b, 2015.a-b; HEP Proizvodnja d.o.o., 2011.).....	76



## 1. UVOD

Zaštita okoliša je nezamjenljiv dio današnjeg načina života te je implementirana u sve djelatnosti društva pa tako i u industriju i energetiku. Velike tvrtke čija postrojenja ili djelatnosti predstavljaju izvore onečišćenja okoliša a koje žele biti konkurentne na današnjem tržištu najčešće moraju posjedovati certifikate koji govore da tvrtka zadovoljava određene standarde zaštite okoliša. Uz pomoć tih certifikata tvrtka postaje priznata u svijetu te lakše sklapa poslove na međunarodnoj razini (Lukić, 2012). Međunarodno priznati certifikati, kao što je certifikat ISO 14001, predstavljaju potvrdu da je uveden sustav upravljanja okolišem (SUO) koji primjenjuje organizacija (tvrtka) u potpunosti sukladan zahtjevima norme za SUO, usvojenom politikom zaštite okoliša organizacije, te zahtjevima relevantnih zakonskih propisa iz područja zaštite okoliša. Upravljanje poslovima zaštite okoliša ili kraće "upravljanje okolišem" podrazumijeva proces sustavnog upravljanja koji uključuje: planiranje, provođenje, provjeru (monitoring i ocjenjivanje) i unapređivanje politike zaštite okoliša organizacije (Tarnik i Babačić, 2006; Sobota, 2014.).

Termoelektrane (TE) na fosilna goriva smatraju se značajnim zagađivačem okoliša zbog velikih emisija onečišćujućih tvari, prije svega  $SO_x$ ,  $NO_x$ ,  $CO_2$ ,  $CO$  i lebdećih čestica (pepela i čađe), prilikom izgaranja goriva u procesu proizvodnje električne energije. Ovaj problem pogotovo je značajan kod TE na ugljen gdje su spomenute emisije najveće a također se stvaraju i najveće količine tehnološkog otpada (šljake, pepela, otpadnih voda i mulja). Najveće promjene okoliša koje uzrokuje dobivanje električne energije u termoelektranama se odnose na emisije plinova  $SO_x$  i  $NO_x$  koji su odgovorni za pojavu "kiselih kiša" dok je utjecaj antropogenog  $CO_2$  na globalne promjene klime još uvijek sporan (Baričević et al. 2014.). S druge strane, ugljen kao energent ima brojne tehničke i ekonomske prednosti, kao što su niske i stabilne cijene, sigurnost dobave iz politički stabilnih zemalja, provjerena i pouzdana tehnologija za proizvodnju električne energije i široka rasprostranjenost primjene. Osim toga, ugljen je fosilno gorivo sa najvećim rezervama u svijetu odnosno najpovoljnijim procjenama njihove trajnosti (Bogdan et al., 2009.; Goić, 2006.). Predviđa se da će potrošnja nafte i plina, koje zajedno sa ugljenom ubrajamo među fosilna goriva, doseći vrhunac između 2020. i 2030. godine, dok će se potrošnja ugljena i dalje razvijati te bi mogla svoj vrhunac doseći tek nakon 2050. godine (Saftić, 2012.). S obzirom na utjecaje na okoliš, povećana upotreba ugljena za proizvodnju

energije trebala bi uvijek biti balansirana unaprijedenim (tzv. "čistim") tehnologijama oplemenjivanja i izgaranja ugljena kojima se štetan utjecaj na okoliš svodi na najmanju moguću mjeru. U Hrvatskoj su jedine dvije termoelektrane na ugljen TE Plomin 1 i TE Plomin 2.

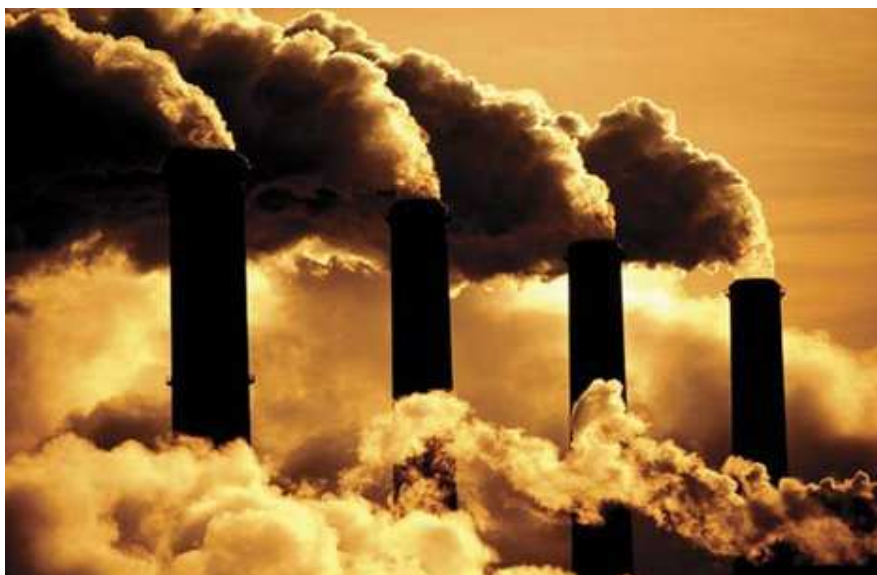
TE Plomin, jedan od termoenergetskih pogona u vlasništvu tvrtke Hrvatska elektroprivreda d.d. (HEP d.d.), od 2013. g. ima uspostavljen i certificiran integrirani sustav upravljanja okolišem prema zahtjevima međunarodne norme ISO 14001:2004 (HEP Proizvodnja d.o.o., 2015). ISO 14001 pripada seriji normi ISO 14000. Njima su definirani različiti aspekti upravljanja okolišem: osnovni pojmovi (ISO 14050), principi i smjernice za primjenu sustava upravljanja okolišem (ISO 14001, ISO 14004), vrednovanje ili audit, označavanje znakovima zaštite okoliša, procjena životnog ciklusa proizvoda, i dr. ISO 14001 je središnja, danas najraširenija međunarodno prihvaćena norma koja daje osnovne smjernice organizacijama koje žele uvesti, održavati i kontinuirano poboljšavati vlastiti SUO. SUO standardiziran normom ISO 14001 dobrovoljni je instrument upravljanja okolišem, međutim tvrtka koja implementira SUO prema toj normi obvezuje se primjenjivati smjernice definirane normom i na taj način svesti negativne utjecaje na okoliš bilo kojeg aspekta svoje djelatnosti na najmanju moguću mjeru. Do danas je izdano više od 300 000 certifikata prema ISO 14001 u 171 zemlji diljem svijeta (ISO, 2015). Promicanje norme ISO 14001 i SUO, jedan je od prioriteta zaštite okoliša u sektoru energetike i industrije Republike Hrvatske (*Nacionalna strategija zaštite okoliša*, NN 46/2002).

Prema *Uredbi o okolišnoj dozvoli* (NN br. 8/2014) koja je usklađena s europskom *Direktivom 2010/75/EU o industrijskim emisijama*, ishodenje tzv. "okolišne dozvole" preduvjet je za nastavak rada svih termoenergetskih postrojenja nazivne toplinske snage veće od 50 MW, te jedan od preduvjeta za ishodenje uporabne dozvole u slučaju izgradnje novih i rekonstrukcije postojećih termoenergetskih objekata. Okolišna dozvola izdaje se nakon izdavanja rješenja o prihvatljivosti zahvata na okoliš, s ciljem cjelovite zaštite okoliša putem integriranog spriječavanja i kontrole onečišćenja, osiguravajući visoku razinu zaštite okoliša (*Zakon o zaštiti okoliša*, NN br. 80/2013). Preventivne mjere za smanjenje emisija onečišćujućih tvari ili energije u okoliš ispod propisanih graničnih vrijednosti emisija (GVE) te smanjenje nastajanja otpada koje se utvrđuju tom dozvolom podrazumijevaju, prije svega, primjenu najboljih raspoloživih tehnologija (NRT).

Cilj ovog diplomskog rada je analiza utjecaja *Direktive 2010/75/EU o industrijskim emisijama* na rad TE Plomin. U radu su prikazani mogući utjecaji termoelektrana na okoliš i mjere zaštite od nepovoljnih utjecaja, aspekti okoliša i implementirani sustav upravljanja okolišem u slučaju TE Plomin, usporedba stvarnih vrijednosti emisija termoelektrane s propisanim GVE, te prijedlog konkretnih mjera kojima bi se osiguralo ispunjavanje zahtjeva Direktive i ishođenje okolišne dozvole za TE Plomin. Za izradu rada je korištena dostupna dokumentacija tvrtke Hrvatska elektroprivreda d.d. (HEP d.d.) koja se odnosi na postrojenje TE Plomin, te relevantna zakonska regulativa RH i direktive EU iz područja zaštite okoliša.

## 2. UTJECAJ TERMOENERGETSKIH POTROJENJA NA OKOLIŠ

Termoenergetska postrojenja (termoelektrane, toplane i industrijske energane) ubrajaju se među najveće izvore onečišćenja okoliša. Općenito, energetska postrojenja zauzimaju velike zemljišne površine. To uključuje i površine koje zauzimaju rudnici (pogotovo površinski kopovi), pomoćni pogoni, skladišta, deponije i transportna sredstva. Tijekom procesa izgaranja stvaraju se krute, plinovite i tekuće otpadne tvari, koje najvećim dijelom napuštaju prostor izgaranja nošene dimnim plinovima (slika 2-1.). Kod TE na ugljen, i općenito kod izgaranja fosilnih goriva, najveće probleme onečišćenja zraka uzrokuju emisije plinova  $\text{SO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  i  $\text{NO}_x$  te krutih čestica odnosno lebdećeg pepela i čađe kao produkata nepotpunog izgaranja (Sobota, 2012.). U manjoj mjeri emitiraju se i razne druge onečišćujuće tvari kao što su policiklički aromatski ugljikovodici, "teški" metali (Pb, Cd, As, Hg i dr.) i radioaktivne tvari (izotopi urana, torija, radona, i dr.) (Gates, 1985; Udovičić, 1989). Zbog stvaranja velikih količina tehnološkog otpada (šljake, pepela, otpadnih voda i mulja) i pojave "kiselih kiša" uslijed emisija  $\text{SO}_x$  i  $\text{NO}_x$  također postoji opasnost od znatnog onečišćenja tla, te površinskih i podzemnih voda. Navedeni utjecaji se ne mogu u potpunosti izbjeći ali se mogu u velikoj mjeri smanjiti.



Slika 2-1. Ispuštanje dimnih plinova iz velike termoelektrane na ugljen (Ghana Youth Environmental Movement, 2013.)

Iznos i vrsta emitiranih onečišćujućih tvari pri izgaranju goriva ovisi, u prvom redu, o vrsti (sastavu) goriva, tehnologiji koja se primjenjuje (načinu izgaranja) i veličini pogona za energetska pretvorbu (Sobota, 2012.). Na primjer, emisija SO<sub>2</sub> najviše ovisi o sadržaju sumpora u gorivu, s time da dio sumpora nakon izgaranja ostaje vezan u pepelu. Ugljeni mogu sadržavati i do 5 % sumpora (iznimno rijetko i preko 5 %), dok su koncentracije sumpora u prirodnom plinu zanemarivo male pa su tako zanemarive i emisije SO<sub>2</sub> kod izgaranja prirodnog plina. Određene količine sumpora sadrži i nafta ali znatno manje nego ugljen. Nakon destilacije najveći dio originalno prisutnog sumpora iz sirove nafte ostaje u rezidualnom ulju (mazutu), gdje je njegova koncentracija od 0,7 % do 2,5 %, ovisno o podrijetlu nafte (Udovičić, 1989; Sobota, 2012.). U tablici 2-1. prikazani su prosječni iznosi emisija pojedinih onečišćujućih tvari pri radu TE u ovisnosti o vrsti korištenog goriva. Može se uočiti da su najveće emisije SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, pepela i čađe pri izgaranju ugljena, dok pri izgaranju prirodnog plina nema emisija SO<sub>2</sub>, a emisije NO<sub>x</sub> su podjednake neovisno o vrsti fosilnog goriva (iako se nešto niže NO<sub>x</sub> vrijednosti mogu uočiti kod prirodnog plina). Općenito, rad termoelektrane koja kao gorivo koristi naftu ima manji utjecaj na okoliš nego rad termoelektrane na ugljen iste veličine, dok termoelektrane na plin imaju manji utjecaj na okoliš i od termoelektrana na ugljen i termoelektrana na naftu (Gates, 1985.).

Kod termoelektrana na ugljen poseban problem predstavlja odlaganje velikih količina jalovine, šljake (troske) i pepela, te otvoreni deponiji ugljena. Osim što se sve više pozornosti obraća na njihovu radioaktivnost, takva odlagališta (deponiji) predstavljaju izvor emisija čestica (prašine, pepela).

Tablica 2-1. Specifične emisije iz TE po jedinici proizvedene električne energije ovisno o vrsti goriva (Udovičić, 1989.)

Gorivo	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	H <sub>2</sub> O	Pepeo i čađa
	g/kWh					
Ugljen	10	1200	0,10	2,5	150	2,0
Loživo ulje	7	750	0,01	2,5	250	0,3
Prirodni plin	-	600	0,01	2,0	400	0,05

Specifičan oblik onečišćenja kod elektrana je otpadna toplina koja se oslobađa pri izgaranju fosilnih i nuklearnih goriva. Na primjer, kod TE gdje se koristi ugljen lošije kvalitete poput niskokaloričnog lignita, pored emisija velikih količina plinova i pepela, velik dio (oko 50 %) toplinske energije oslobođene iz ugljena gubi se kao otpadna toplina, koja se rashladnim tornjevima direktno prenosi u atmosferu ili putem rashladne vode u okolne vodene ekosustave (rijeke, jezera, mora) povisujući im temperaturu (Udovičić, 1989; Sobota, 2012.).

Bez primjene odgovarajuće tehnologije za smanjenje emisija, termoelektrana snage 1000 MW u kojoj godišnje izgara 2,3 milijuna tona ugljena, proizvede otprilike 350 000 tona potencijalnih onečišćujućih tvari godišnje. Dvije trećine onešćujućih tvari otpada na leteći pepeo dok više od 91 000 tona čine sumporov dioksid, ugljikov monoksid i dušikovi oksidi. Iz termoelektrane iste snage također se emitira oko 1,0 milijun tona CO<sub>2</sub> godišnje (Gates, 1985.).

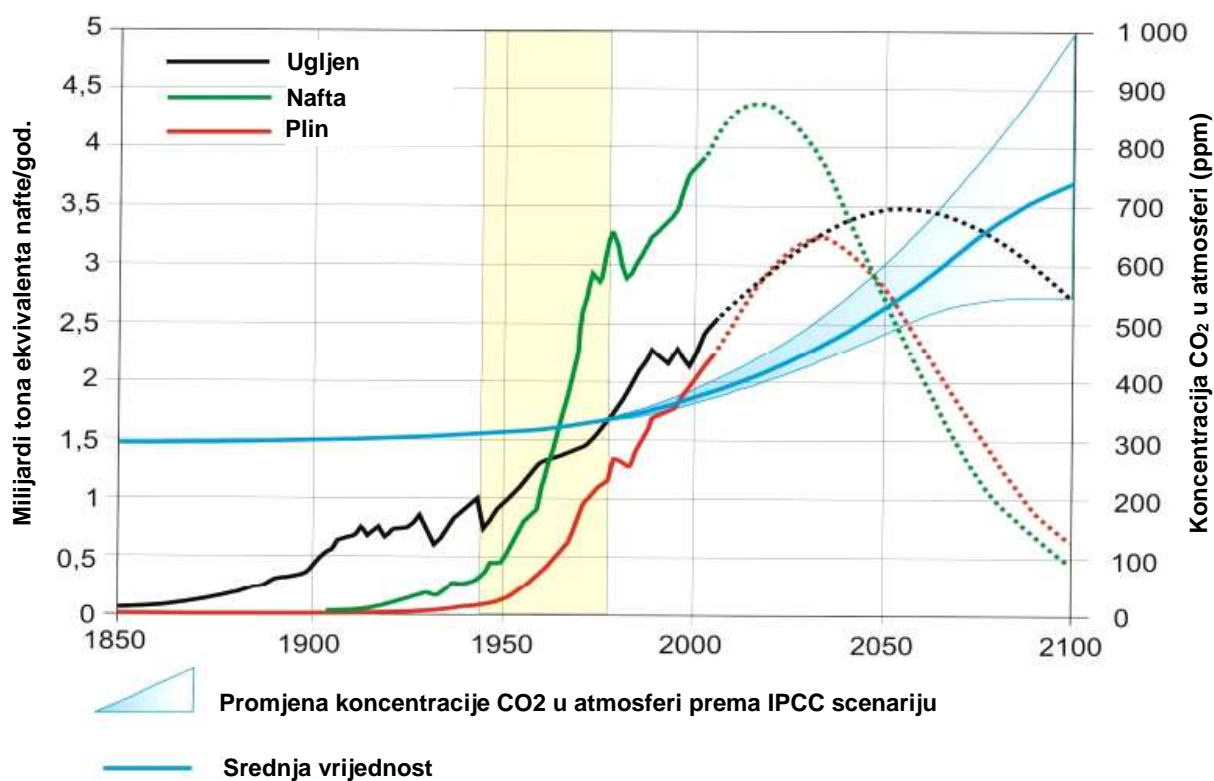
U nastavku su detaljnije opisane značajke ugljena kao energenta, značajniji utjecaji na okoliš koji su posljedica njegovog korištenja u energetske pogonima i osnovne mjere zaštite od pojedinih utjecaja.

## 2.1. UGLJEN KAO GORIVO

Ugljen je široko rasprostranjeno fosilno gorivo s najvećim rezervama u svijetu. Rezerve su relativno ravnomjerno raspoređene i ugljen se gotovo uvijek može kupiti po stabilnim svjetskim cijenama (Saftić, 2012.). Prema procjeni njemačkog Saveznog instituta za geoznanosti i prirodne resurse (*Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe – BGR*) svjetske rezerve ugljena iznose 1052 milijarde tona, dok su prema procjeni *World Energy Council (WEC)* znatno niže i iznose 892 milijarde tona. Pri prosječnoj godišnjoj svjetskoj proizvodnji ugljena od oko 7,85 milijardi tona (2010. do 2013.), ove rezerve su dovoljne za slijedećih 134 odnosno 113 godina (World Coal Association, 2014.), s time da se procjene trajnosti rezervi mogu povećati s pronalaženjem novih ležišta i napretkom tehnologija za njihovu eksploataciju. Najveće rezerve ugljena nalaze se unutar granica Kine, Rusije i SAD-a.

Osnovna upotreba ugljena je kao energetskog izvora i danas se najviše koristi kao gorivo za proizvodnju električne energije. Udio ugljena u ukupnoj svjetskoj potrošnji primarne energije 2013. godine iznosio je oko 30 %, te preko 40 % u svjetskoj proizvodnji električne energije (World Coal Association, 2014.). Ugljen je važna sirovina i u (Saftić, 2012.):

- prerađivačkoj industriji i metalurgiji (npr. za proizvodnju koksa iz kamenih ugljena, metalurški koks osnovni je sastojak u proizvodnji čelika i željeza),
- kemijskoj industriji (otapala, linoleum, insekticidi, fungicidi, parfemi, lijekovi i dr.),
- građevinarskoj industriji (kao izvor topline u proizvodnji cementa, cigle, keramike),
- prehrambenoj industriji kao dodaci (margarin),
- industriji papira, i dr.



Slika 2-2. Svjetska proizvodnja ugljena, nafte i plina: u prošlosti (pune linije) i procjena buduće proizvodnje (crtkane linije) (Saftić, 2012).

Potrošnja fosilnih goriva je uglavnom rasla posljednjih 200 godina. Na slici 2-2. može se vidjeti trend kretanja potrošnje ugljena kao fosilnog goriva i njegov očekivani vrhunac tek nakon 2050. godine. Podrazumijeva se da će se to ostvariti uz uvjet korištenja ugljena "na čisti način" i za to su namijenjeni različiti, tzv. "čisti" tehnološki postupci (Saftić, 2012.). Većina tehnoloških postupaka će biti spomenuta i detaljnije opisana u narednim poglavljima diplomskog rada. Na slici 2-2. je ujedno prikazan i porast koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi prema predviđanjima organizacije *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.

Ugljen je nastao taloženjem, akumulacijom i modifikacijom biljnog materijala te njegove značajke ovise o prirodi ovih procesa i naknadnih zbivanja tijekom pretvorbe u ugljen (Gates, 1985.). Ugljen možemo podijeliti u klase ovisno o sadržaju ugljika, vlažnosti i hlapljive tvari, te kalorijskoj vrijednosti (vidi tablicu 2-2.).

Utjecaj ugljena na okoliš je neupitan i on se javlja, ne samo pri proizvodnji električne energije u termoelektranama, nego i pri samoj eksploataciji i transportu ugljena. Ugljen koji se koristi kao energent u brojnim termoelektranama smatra se "najprljavijim" od svih goriva u prvom redu zbog toga što se pri njegovom izgaranju emitira velika količina raznih onečišćujućih tvari u zrak. Također, njegova eksploatacija (otkopavanje i oplemenjivanje) i prijevoz do potrošača uzrokuju značajne promjene u okolišu. U tablici 2-3. navedeni su utjecaji na okoliš u svim glavnim fazama proizvodnje i korištenja ugljena.

Tablica 2-2. Klasifikacija ugljena (Gates, 1985.)

<b>Klasa</b>	<b>Vlažnost (%)</b>	<b>Ugljik (%)</b>	<b>Hlapljiva tvar (%)</b>	<b>Ogrijvna vrijednost (kJ/kg)</b>
Antracit	2	86 – 98	2 – 14	32 564 – 37 216
Bituminozni ugljen	2 – 15	50 – 86	14 – 50	24 423 – 32 564
Sub-bituminozni ugljen	20 – 30	40 – 50	-	19 306 – 24 423
Lignit	30 – 50	40	-	14 654 – 19 306
Treset	70 - 95	-	-	11 630



Tablica 2-3. Utjecaji na okoliš povezani s proizvodnjom i korištenjem ugljena (Gates, 1987.)

<b>Eksploatacija</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promijena izgleda terena, zauzimanje velikih zemljišnih površina, trajni gubitak plodnog tla i vegetacije, utjecaj na životinjski svijet;</li> <li>• Emisije prašine, plinova, buke i vibracija uslijed rada strojeva, transportnih sredstava, miniranja i postrojenja za oplemenjivanje mineralnih sirovina;</li> <li>• Utjecaj kiselih rudničkih voda (procjeđivanja i/ili površinska otjecanja u tlo i prirodne vode) i otpadnih voda iz oplemenjivačkog postrojenja.</li> </ul>
<b>Transport</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisija štetnih plinova i čestica iz transportnih sredstava (željeznice, ceste, putevi);</li> <li>• Problemi povezani s brodskim transportom i transportom mulja cjevovodima;</li> <li>• Različite nezgode i havarije povezane s transportom.</li> </ul>
<b>Odlaganje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zauzimanje znatnih zemljišnih površina i promjena izgleda terena;</li> <li>• Emisija prašine u atmosferu (jalovišta i deponiji ugljena);</li> <li>• Utjecaj kiselih rudničkih voda (procjeđivanje filtrata u podzemlje i otjecanje s površine odlagališta u okolno tlo i površinske vode);</li> <li>• Opasnost od samozapaljenja na odlagalištima rovnog i oplemenjenog ugljena, te krupne jalovine koja sadrži zaostali ugljen (emisije SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> i dr. štetnih plinova).</li> </ul>
<b>Izgaranje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisije SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, pepela, čađe, "teških" metala i dr. štetnih tvari u atmosferu (uzrok "kiselih kiša", povećanog efekta staklenika, zagađenja okoliša u blizini izvora emisije, te drugih lokalnih, regionalnih i globalnih utjecaja na okoliš);</li> <li>• Stvaranje velikih količina tehnološkog otpada: krutih ostataka (pepela i šljake) pri izgaranju ugljena i otpadnog mulja (gipsa) kao nusproizvoda mokrog postupka odsumporavanja dimnih plinova.</li> </ul>

## 2.2. EMISIJE PLINOVA

Već je u prijašnjim poglavljima spomenuto da su  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  i  $\text{CO}_2$  glavne plinovite onečišćujuće tvari emitirane iz TE. Glavni umjetni (antropogeni) izvori njihovih emisija u atmosferu su procesi izgaranja fosilnih goriva u proizvodnji električne energije (TE na fosilna goriva), u proizvodnji toplinske energije (toplane, industrijske kotlovnice i kućna ložišta) i u prometu. Najveći antropogeni izvor emisija  $\text{SO}_x$  su TE na ugljen, a najveći izvor emisija  $\text{NO}_x$  promet tj. motorna vozila. Veliki izvor emisija  $\text{SO}_x$  je i metalurgija sulfida te proizvodnja celuloze i papira.  $\text{NO}_x$  u atmosferu osim preko izgaranja fosilnih goriva dopijeva iz kemijske industrije, pri eksplozijama te iz nadzvučnih aviona (Sobota, 2012.).

Od dušikovih oksida, emitiranih iz termoenergetskih postrojenja, u pogledu onečišćenja atmosferskog zraka najznačajniji su dušikov oksid ( $\text{NO}$ ) i dušikov dioksid ( $\text{NO}_2$ ).  $\text{NO}$  je slabo topljiv u vodi, lako se spaja s kisikom i zato u atmosferi brzo prelazi u  $\text{NO}_2$ .  $\text{NO}_2$  štetno djeluje na biljke (zbog svoje fitotoksičnosti), a djelovanja na ljude i životinje se uglavnom odnose na respiratorni trakt. Od sumporovih oksida najznačajniji je sumpor dioksid ( $\text{SO}_2$ ).  $\text{SO}_2$  je bezbojan, nezapaljiv plin, karakterističnog oštrog mirisa, vrlo topljiv u vodi i u malim koncentracijama vrlo reaktivan. Smatra se vrlo otrovnim, a štetno djeluje na ljudsko zdravlje već pri malim koncentracijama u zraku; nadražuje sluzokožu i oči već pri koncentraciji od 5 ppm, dok opasnost po život nastupa kod 0,05 %  $\text{SO}_2$ , čak i pri kratkotrajnom udisanju. Onečišćenje zraka sa  $\text{SO}_2$  usko je povezano s onečišćenjem čestica, naime,  $\text{SO}_2$  se veže za lebdeće čestice u zraku, koje se udisajem prenose u pluća živih bića gdje se pretvara u kiselinu koja u direktnom kontaktu ranjava tkivo (Sobota, 2012.).

Glavni ekološki problem kojeg uzrokuju emisije  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_x$  jest stvaranje tzv. "kiselih kiša".  $\text{SO}_2$  u atmosferi oksidira u  $\text{SO}_3$  koji je vrlo topljiv u vodi. Prolazeći kroz onečišćenu atmosferu voda otapa mnoge plinove i dimove, te dopijeva na tlo promijenjene kvalitete. Na taj način,  $\text{SO}_3$  u kontaktu s vodom prelazi u sumpornu kiselinu, a  $\text{NO}_x$  u dušičnu kiselinu ( $\text{HNO}_3$ ), stvarajući "kisele kiše". "Kisele kiše" štetno djeluju (Sobota, 2012.):

- na vodene ekosustave jer uzrokuju njihovu acidifikaciju,
- na vegetaciju – mogu prouzročiti propadanje šuma i usjeva, te poljoprivrednih površina;

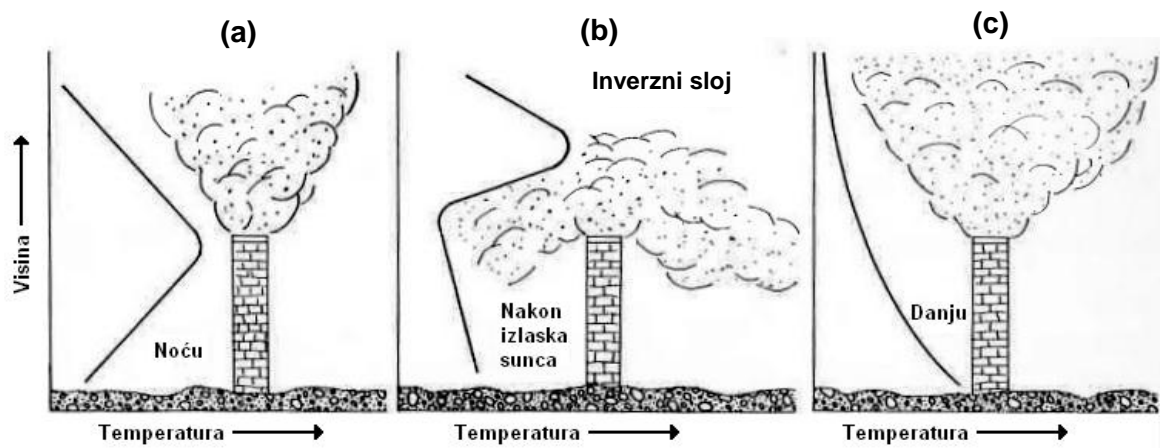
- na razne materijale odnosno građevine (npr. pojačana korizija metala),
- ljudsko zdravlje.

CO<sub>2</sub> je plin bez boje i mirisa pri nižim koncentracijama (pri višim ima oštar i kiselkast miris), vrlo topljiv u vodi, nije otrovan i pri manjim koncentracijama u zraku nema direktan utjecaj na ljudsko zdravlje (pri koncentracijama većim od 5 % izaziva gušenje). Među glavne onečišćujuće tvari ubraja se jer njegove povećane koncentracije u atmosferi u znatnoj mjeri uzrokuju tzv. efekt staklenika, što je posljedica njegovog svojstva da apsorbira infracrveno zračenje. Povećavanjem koncentracije CO<sub>2</sub> i drugih stakleničkih plinova (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>, freoni, vodena para) u atmosferi, apsorbira se veći dio infracrvenog Sunčevog zračenja koji se s površine Zemlje vraća u atmosferu te emitira natrag prema površini Zemlje, a manji dio zračenja vraća u svemir. Time se povećava temperatura donjeg sloja atmosfere i površine Zemlje, a ujedno i isparavanje vode (Sobota, 2012.).

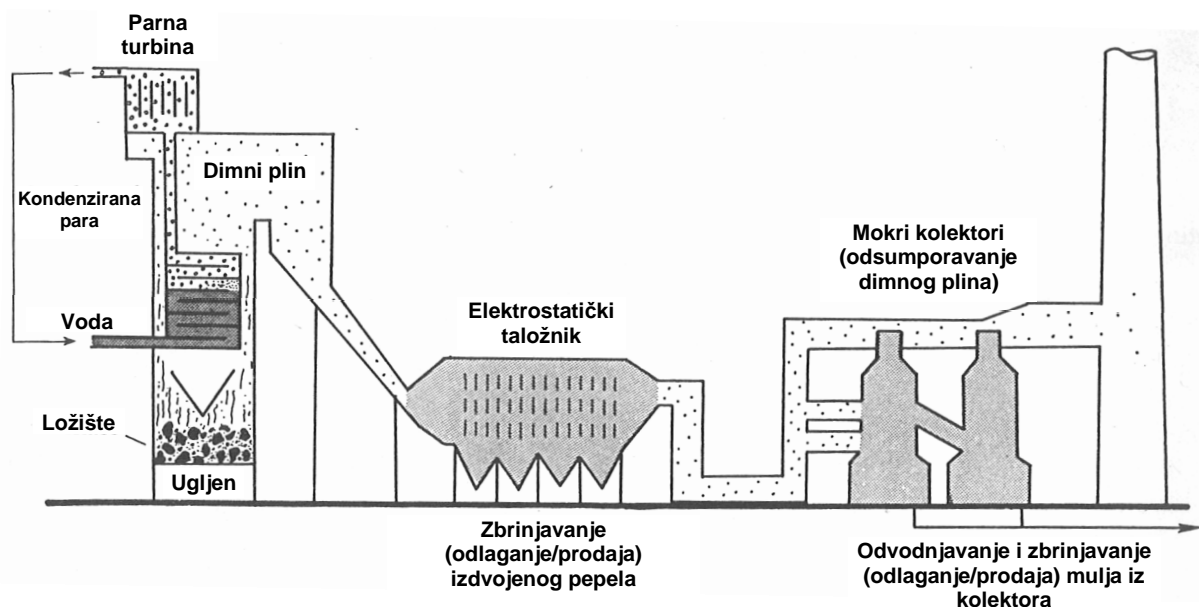
Na prijenos onečišćujućih plinova i krutih čestica iz termoenergetskih postrojenja mogu nepovoljno utjecati posebne vremenske odnosno meteorološke prilike. Na primjer, u slučaju termalne inverzije, kada se donji dio inverznog sloja (sloj troposfere u kojem temperatura raste s porastom visine) uzdigne iznad vrha dimnjaka TE, što se ponekad događa nakon izlaska Sunca, onečišćujuće tvari (dimni plin) raspršuju se prema dolje, te ubrzano dolazi do onečišćenja zraka pri razini tla. Inverzni sloj sprječava vertikalno dizanje zračnih masa čija je temperatura niža od temperature tog sloja, a time i raspršivanje onečišćujućih tvari u vertikalnom smjeru (slika 2-3b). Kada nošen zračnom strujom dostigne visinu inverznog sloja, dimni plin se dalje raspršuje samo u horizontalnom smjeru. S aspekta onečišćenja atmosferskog zraka, to je vrlo nepovoljna situacija pogotovo ako termalna inverzija potraje duže vrijeme uz nesmanjenu emisiju jer se onečišćujuće tvari akumuliraju ispod inverznog sloja i brzo se postižu koncentracije opasne po ljudsko zdravlje. Najviše koncentracije onečišćujućih tvari najčešće se nalaze unutar nekoliko kilometara oko termoenergetskog postrojenja (Gates, 1985.).

Da bi se emisije onečišćujućih tvari u atmosferu iz termoenergetskih postrojenja smanjile, neophodno je planirati i poduzimati odgovarajuće mjere i aktivnosti kako bi se minimalizirao njihov štetni utjecaj na okoliš i ljude. Neke od konkretnih mjera i tehnologija za smanjenje emisije onečišćujućih tvari u atmosferu koje se primjenjuju u sklopu postrojenja TE Plomin (elektrostatički taložnik, *low NO<sub>x</sub>* plamenici, uređaj za

odsumporavanje (*DeSO<sub>x</sub>*), selektivna katalitička redukcija (*SCR*) biti će detaljnije opisane u sljedećim poglavljima rada.



Slika 2-3. Karakteristični temperaturni profili i njihov utjecaj na disperziju onečišćujućih tvari (dimnog plina) emitiranih iz dimnjaka termoenergetskog postrojenja (Gates, 1985.)



Slika 2-4. Sustav za pročišćavanje dimnih plinova iz ložišta TE na ugljen: izdvajanje lebdećeg pepela iz dimnog plina u elektrostatskom taložniku i daljnje pročišćavanje (odsumporavanje) u mokrom kolektoru (Gates, 1985)

Mjere za smanjenje emisija štetnih plinova u atmosferu i općenito zaštite od nepovoljnih utjecaja TE na okoliš uključuju (Sobota, 2012.):

1. *Prelazak sa goriva koja sadrže štetne tvari na goriva koja ih ne sadrže ili ih sadrže u niskim koncentracijama.* Takva mjera zaštite se može primjeniti u slučaju termoelektrana koje koriste ugljen kao gorivo. Ugljen može sadržavati, na primjer, znatnu količinu sumpora te izgaranjem takvog ugljena dolazi do znatne emisije  $SO_x$  u zrak. Elektrane sa takvim nekvalitetnim ugljenom mogu preći na drugi, kvalitetniji ugljen sa znatno nižim sadržajem sumpora (nižim od 1 %). Također je moguć prelazak na prirodni plin odnosno plinske TE jer, kao što je spomenuto, pri izgaranju prirodnog plina neznatne su emisije  $SO_x$  i znatno manje emisije drugih štetnih tvari nego pri izgaranju ugljena.
2. *Smanjenje korištenja fosilnih goriva i poticanje korištenja alternativnih izvora energije koji uzrokuju manje emisije štetnih tvari u zrak.* To podrazumijeva korištenje obnovljivih izvora energije ili korištenje nuklearne energije za proizvodnju električne energije. Korištenje nuklearne energije, čija je prednost proizvodnja relativno jeftine električne energije bez emisija  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $CO_2$  i čestica, uvjetovano je rješavanjem problema sigurnosti i odlaganja radioaktivnog otpada.
3. *Povećanje učinkovitosti postojećih tehnologija i uvođenje novih tehnologija s ciljem smanjenja emisija onečišćujućih tvari i potrošnje goriva.* Kod TE to se može izvesti reguliranjem procesa izgaranja (s ciljem potpunog izgaranja) i/ili promjenom načina izgaranja goriva, npr. prijelaz s klasičnog načina izgaranja ugljena na tzv. "čiste" tehnologije kao što su izgaranje ugljena u fluidiziranom sloju i tehnologije s rasplinjavanjem ugljena kojima se postiže učinkovitije izgaranje (manja potrošnja fosilnih goriva), smanjenje emisija štetnih plinova ( $SO_x$  i  $NO_x$ ) i nastajanja krutog otpada.
4. *Uklanjanje onih tvari iz goriva koja uzrokuju onečišćenje.* Kod TE na ugljen to podrazumijeva proces odsumporavanja ugljena, tj. uklanjanja sumpora iz ugljena prije izgaranja, primjenom odgovarajućih postupka oplemenjivanja (postupci pranja, primjena dvostupanjske stupne flotacije u koloni, teškotekućinskih ciklona, elektrostatičkih separatora, klasične PT-separacije i dr.) čime se iz ugljena uklanja znatan dio pirita (33 – 92 %) a ujedno i pepela (20 – 88 %), ovisno o veličini čestica ugljena i jalovine te primjenjenom postupku (Salopek et al., 1994). Korištenje oplemenjenog ugljena u TE smanjuje emisije  $SO_x$ , gubitke topline preko

pepela, troškove pogona i održavanja, troškove transporta ugljena, te potreban prostor za odlaganje otpadnih tvari nakon izgaranja (šljaka, pepeo i nusproizvodi odsumporavanja). Oplemenjeni ugljen, osim sniženog sadržaja sumpora ima i veću ogrjevnu vrijednost. Više od 50 % ukupnog sumpora u ugljenu se nalazi u anorganskom obliku, najčešće kao pirit koji se relativno lako može ukloniti nekim od gore navedenih postupaka. Ostatak sumpora u ugljenu se pojavljuje u organskom obliku i on se može ukloniti tek za vrijeme ili poslije izgaranja ugljena ili odgovarajućom kemijskom preradom ugljena.

5. *Uklanjanje onečišćujućih tvari iz otpadnih plinova pri izgaranju goriva i tehnološkim procesima.* U tu svrhu primjenjuju se razni tipovi gravitacijskih, inercijskih, centrifugalnih (aerocikloni) i elektrostatičkih taložnika, tkaninski filtri, te mokri i suhi kolektori (scrubberi). Temeljni zadatak tih uređaja je uklanjanje čvrstih čestica iz zaprašenog zraka ili dimnih plinova, a neki o njih (mokri i suhi kolektori) uklanjaju i određene plinove. Odsumporavanje izlaznih plinova iz ložišta TE, tj. uklanjanje  $SO_x$  iz dimnih plinova obično se ostvaruje primjenom mokrih kolektora (mokri postupak čišćenja dimnih plinova), a rijede suhim postupkom čišćenja. Na slici 2-4. pojednostavljenom shemom je prikazan tipičan sustav za pročišćavanje dimnih plinova iz ložišta TE na ugljen.  $NO_x$  se iz izlaznih plinova ložišta TE uklanjaju postupkom selektivne katalitičke redukcije (*SCR* postupak) ili selektivne nekatalitičke redukcije (*SNCR* postupak). Detaljniji opis *SCR* postupka nalazi se u 6. poglavlju.
6. *Hvatanje i geološko skladištenje  $CO_2$  iz termoenergetskih pogona.* Koncept se sastoji u izgradnji sustava za izdvajanje  $CO_2$  (prije ili poslije izgaranja goriva), te njegovog transporta i skladištenja u odgovarajuće podzemne geološke formacije. Hvatanje  $CO_2$  prije izgaranja goriva obavlja se uklanjanjem ugljika (C) iz goriva (npr. *IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle)* tehnologija - kombinirani proces s integriranim rasplinjavanjem ugljena), a hvatanje poslije izgaranja goriva izdvajanjem  $CO_2$  iz dimnih plinova izgaranja.
7. *Osiguravanje disperzije emitiranih onečišćujućih tvari.* U cilju smanjenja prizemnih koncentracija pojedinih štetnih tvari u skladu s propisima, grade se visoki dimnjaci TE. Dimni plinovi i lebdeći pepeo se po izlasku iz dimnjaka TE raspršivanjem kroz zrak prenose na veće udaljenosti što je dimnjak viši. Takvo rješenje ne smanjuje emisiju štetnih tvari nego samo omogućuje njihovo efikasnije raspršivanje i udaljavanje od izvora. Međutim, prije ili kasnije se čestice i plinovi

mokrim ili suhim taloženjem istalože na nekom udaljenom području. Čvrste čestice se uglavnom istalože u blizini izvora emisije, a dimni plinovi se ovisno o meteorološkim uvjetima mogu prenositi na velike udaljenosti prije nego se prizemlje (često u obliku "kiselih kiša").

8. *Praćenje (monitoring) kvalitete zraka i emisija onečišćujućih tvari u zrak.* Monitoring se provodi kako bi se na vrijeme mogle poduzeti odgovarajuće mjere za smanjenje onečišćenja zraka. Monitoring podrazumijeva uzimanje uzoraka i sustavno mjerenje koncentracija (emisija i imisija) onečišćujućih tvari na reprezentativnim mjernim mjestima, u propisanom vremenu trajanja i primjenom propisanih mjernih postupaka. Rezultati takvih mjerenja uspoređuju se sa propisanim graničnim vrijednostima.
9. *Edukacija i informiranje javnosti o stanju okoliša i njeno sudjelovanje u zaštiti okoliša.* Javnost prema *Zakonu o zaštiti okoliša* ima pravo na pravovremene informacije o onečišćavanju i stanju okoliša te o poduzetim mjerama zaštite. Također ima pravo sudjelovati u postupcima procjene utjecaja zahvata na okoliš, izrade i donošenja strategija, planova, programa i propisa u vezi sa zaštitom okoliša.
10. *Donošenje i učinkovito provođenje odgovarajućih zakonskih propisa kojima se regulira zaštita zraka.* Da bi se ostvarile sve prethodno navede mjere bitno je donošenje i provođenje zakonskih propisa. Zakonskim propisima se osigurava kontrola onečišćenja i kvaliteta atmosferskog zraka, a time i zaštita okoliša i ljudskog zdravlja. Njime se definiraju granične vrijednosti (GV) kvalitete zraka, tj. najveće dopuštene koncentracije štetnih tvari u zraku, kao i granične vrijednosti emisija (GVE) tih tvari iz različitih izvora onečišćenja.

### 2.3. EMISIJE KRUTIH ČESTICA

Lebdeće čestice podrazumijevaju svaku dispergiranu krutu ili tekuću tvar koja je dovoljno male veličine da može lebdjeti u zraku. Promjer lebdeće čestice može iznositi od 0,001 do 1000  $\mu\text{m}$  (Raković, 1981). Javlja se u obliku prašine, lebdećeg pepela, čađe, itd.

Glavni umjetni (antropogeni) izvori emisije krutih čestica u zrak jesu: nepotpuno izgaranje fosilnih goriva i drveta (proizvodnja električne i toplinske energije, motorna vozila u prometu), razni industrijski procesi (npr. proizvodnja cementa, aluminijska, željeza i čelika), procesi eksploatacije i prerade mineralnih sirovina (npr. ugljena), te izgaranje otpada.

Emisije krutih čestica u zrak mogu prouzročiti različite probleme: zdravstvene probleme, štetne utjecaje na floru i faunu, smanjenje vidljivosti i nepoželjan estetski učinak, neugodne mirise, opasnost od eksplozije i požara u radnim prostorima u slučaju zapaljive prašine (npr. ugljene), i dr. Općenito, štetnost lebdećih čestica za ljudski organizam ovisi o: vrsti (sastavu) čestica, veličini čestica, koncentraciji u zraku i vremenu izlaganja. S obzirom na veličinu, najopasnijima se smatraju čestice veličine od 0,2 do 5  $\mu\text{m}$  (respirabilne čestice) koje udisanjem dopijevaju do nižih dišnih puteva. U procesima eksploatacije i prerade mineralne sirovine kao što je ugljen, stvara se prašina koja predstavlja opasnost po ljudsko zdravlje jer njeno udisanje i nagomilavanje u plućima izaziva plućne bolesti, tzv. pneumokonioze (npr. bolest uzrokovana udisanjem sitnih čestica ugljene prašine naziva se antrakoza) (Sobota, 2012.).

Jedan od najočiglednijih indikatora onečišćenja zraka česticama je smanjenje vidljivosti, povezano sa smanjenjem inteziteta Sunčevog zračenja. Vidljivost je otprilike obrnuto proporcionalna koncentraciji čestica u zraku. Osnovni negativni učinci smanjene vidljivosti su: nepoželjan estetski učinak, smanjena sigurnost pri radu i transportu (Sobota, 2012.).

U proizvodnji električne i toplinske energije u energanama na ugljen, kao produkt nepotpunog izgaranja goriva nastaju lebdeći pepeo i čađa. Osim procesa izgaranja goriva, značajan izvor emisija krutih čestica su otvoreni deponiji ugljena, te odlagališta pepela, šljake i gipsa u sklopu termoenergetskog objekta.

Lebdeći pepeo je neizgorljiva anorganska tvar koja se pri izgaranju ugljena emitira u atmosferu u obliku sitnih čestica (uglavnom sitnijih od 63  $\mu\text{m}$ ). Obično do 10 % mase izgorenog ugljena završava u pepelu, a od ukupne mase pepela nastalog pri izgaranju 70 % čini lebdeći pepeo (preostalih 30 % skuplja se na dnu kotla odakle se odvodi na odlagalište). Granulometrijski i kemijski sastav lebdećeg pepela ovisi o vrsti ugljena koji izgara (na primjer, izgaranjem lignita nastaju krupnije čestice pepela s višim sadržajem Ca-oksida i Ca-hidroksida nego pri izgaranju bituminoznih ugljena). Lebdeći pepeo nastao izgaranjem ugljena predstavlja ozbiljnu opasnost po ljudsko zdravlje i okoliš. U i na njemu se koncentrira većina elemenata u tragovima prisutnih u ugljenu (radioaktivni elementi, As, Cd, Hg, Pb, Cu, Zn, Sb, Se, Ga, Cl, Br, Al, Ba, Ta, Mn, Fe, Co, itd.), a sadrži i toksične postojeće organske tvari kao što su dioksini koje nastaju pri izgaranju. Učinkovitost procesa izgaranja trebala bi biti viša od 99,9 % (što je u većini slučajeva teško ostvarivo)



kako bi se osiguralo smanjenje koncentracije dioksina s 1 ppm na 1 ppb (Gates, 1985).

Za učinkovito izdvajanje čestica lebdećeg pepela iz dimnih plinova (učinkovitost veća od 99 %), u suvremenim TE na ugljen instalirani su uređaji za pročišćavanje dimnih plinova, obično elektrostatički taložnici (slika 2-4.) ili vrećasti filtri. Općenito, za uklanjanje onečišćujućih tvari u obliku lebdećih čestica iz zraka ili otpadnih plinova u tehnološkim procesima, procesima proizvodnje električne i toplinske energije, te termičke obrade (spaljivanja) otpada, primjenjuju se različiti tipovi uređaja za pročišćavanje (Sobota, 2012):

- gravitacijski taložnici (za uklanjanje čestica  $> 50 \mu\text{m}$ ),
- inercijski taložnici (za uklanjanje čestica  $> 30 \mu\text{m}$ ),
- aerocikloni (centrifugalni taložnici; za uklanjanje čestica  $> 5 \mu\text{m}$ ),
- elektrostatički taložnici, tkaninski filtri, te suhi i mokri skrabereri (za uklanjanje najsitnijih čestica, tj. čestica  $< 10 \mu\text{m}$ ).

Kako bi se izabrao optimalni uređaj za pročišćavanje, u obzir se uzimaju parametri poput: količine (protoka), temperature i vlažnosti pročišćivanog zraka ili dimnih plinova, koncentracije, veličine, gustoće i oblika čestica, kemijskih svojstava čestica i plinova, tražene učinkovitosti čišćenja, dimenzija, cijene nabave, pogona i održavanja uređaja, itd. U svrhu postizanja željenog učinka čišćenja, sustav za pročišćavanje često se sastoji od više uređaja koji rade suhim, polusuhim ili mokrim postupkom ili se koristi kombinacija suhog i mokrog postupka.

#### 2.4. UTJECAJ ODLAGALIŠTA OTPADA I DEPONIJE UGLJENA

Pri radu termoelektrana na ugljen neizbježno nastaju velike količine tehnološkog otpada: šljake, pepela i otpadnog mulja, koji može imati nepovoljne utjecaje na sve dijelove okoliša ukoliko se ne zbrine na odgovarajući način.

Ono što se kod odlagališta jalovine i tehnološkog otpada odmah uočava je to da zauzimaju velike zemljišne površine i mijenjaju estetski izgled krajolika. Osim toga kod odlagališta može doći do procjeđivanja filtrata (procjedne vode) iz odlagališta u okolno tlo i podzemne vode, te do otjecanja oborinskih voda s površine odlagališta u okolno tlo, vodotoke, jezera i slično. U tom slučaju odlagalište predstavlja izvor zagađenja tla, podzemnih i površinskih

voda. Odlagališta također mogu biti značajan izvor emisija prašine, pogotovo za vrijeme ljetnih mjeseci i izrazito suhих dana bez oborina te pod utjecajem vjetrova. Također, ne smije se isključiti opasnost od samozapaljenja kod odlagališta krupne jalovine u kojima zaostali ugljen sadrži pirit. U tom slučaju odlagalište predstavlja i izvor emisije štetnih plinova (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, i dr.). U slučaju havarija (npr. prodori otpadnog mulja uslijed oštećenja odlagališta mulja zbog nestabilnosti temeljnog tla i/ili kosina, erozije, prelijevanja vode preko pregrade odlagališta) ugrožena su područja i ljudi nizvodno od odlagališta. Dakle, odlagališta jalovine i tehnološkog otpada predstavljaju veliku opasnost za okoliš, ukoliko nisu projektirana, izvedena i održavana na odgovarajući način (Sobota, 2012.).

Otvoreni deponij ugljena koji se koristi kao energent (slika 2-5) također predstavlja izvor emisija prašine ali i plinova (u slučaju samozapaljenja ugljena), te kiselih voda koje se stvaraju pod djelovanjem atmosferilija i prenose u obliku procjednih voda i/ili površinskih otjecanja u tlo, površinske i podzemne vode, ukoliko se ne poduzmu odgovarajuće mjere zaštite. Onečišćenje okoliša lebdećim česticama pogotovo je problem za vrijeme sušnih razdoblja i jakih vjetrova. Naravno, u obzir treba uzeti emisiju prašine pri transportu ugljena i njegovog pretovara. Lebdeće čestice mogu imati štetan utjecaj na ljudsko zdravlje (npr. na dišne puteve), biljni svijet, tlo, podzemne i površinske vode.



Slika 2-5. Otvoreni deponij ugljena TE Plomin

Suvremeni koncept zbrinjavanja otpada podrazumijeva smanjenje nastajanja i odlaganja

otpada na najmanju moguću mjeru. Odlaganje otpada na uređena (propisno projektirana, izgrađena i održavana) odlagališta je posljednja opcija u hijerarhiji postupaka zbrinjavanja. Najpovoljniji način zbrinjavanja nastalog otpada je da se, nakon odgovarajućeg postupka obrade, iskoristi kao koristan proizvod (sirovina) za određenu namjenu. Šljaka (troska) s rešetki ložišta parnih kotlova TE i pepeo kao produkt nepotpunog izgaranja ugljene prašine u TE, te otpadni gips koji nastaje kao nusproizvod pri mokrom postupku uklanjanja SO<sub>2</sub> iz dimnih plinova, mogu se iskoristiti npr. kao sekundarna sirovina za proizvodnju cementa. Na taj način se ujedno može riješiti problem zbrinjavanja tih vrsta otpada i TE praktički može raditi bez odlaganja ili s minimalnim odlaganjem tehnološkog otpada (Sobota, 2012).

U slučaju potrebe za odlaganjem otpada, kako bi se spriječili odnosno na najmanju moguću mjeru smanjili prethodno opisani štetni utjecaji na okoliš, odlagališta otpada je potrebno projektirati, izgraditi i održavati na propisan način, odnosno otpad izolirati od okoliša tijekom odlaganja i nakon zatvaranja odlagališta, na način da se dugoročno zaštititi okoliš i ljudsko zdravlje. To uključuje (Sobota, 2012):

- izradu odgovarajućeg temeljnog zaštitnog sustava odlagališta, u svrhu spriječavanja procjeđivanja filtrata (tekućina sadržana u otpadu, koja nastaje u tijelu odlagališta te se kroz njega procjeđuje) iz tijela odlagališta u okolno tlo i podzemne vode;
- dobro zbijanje otpada buldozerima prilikom formiranja tijela odlagališta, kako bi se postiglo bolje iskorištenje predviđenog volumena odlagališta (kod odlagališta ugljena zbijanjem se također smanjuje propusnost i intezitet strujanja zraka a time i mogućnost samozapaljenja ugljena);
- polijevanje odlagališta ugljena bitumenskim emulzijama i drugim kemikalijama kako bi se smanjila mogućnost samozapaljenja ugljena;
- izradu odgovarajućeg pokrovnog sustav (završnog pokrova) odlagališta nakon prestanka korištenja odlagališta ili dijela odlagališta, odnosno prekrivanje odlagališta odgovarajućim prirodnim zemljanim i/ili umjetnim materijalom kako bi se: površina odlagališta mogla ozeleniti, spriječilo procjeđivanje oborinskih i površinskih voda u tijelo odlagališta (a samim time i smanjenje količine filtrata u tijelu odlagališta), nekontrolirano otjecanje oborinskih voda i filtrata po površini odlagališta, te spriječila emisija prašine s površine odlagališta i štetnih plinova iz tijela odlagališta u zrak;
- izradu drenažnog sustava za kontroliranu odvodnju oborinskih voda i filtrata;

- održavanje odlagališta (npr. popravljanje oštećenja završnog pokrova nastalih uslijed slijeganja, erozije, itd.);
- praćenje utjecaja odlagališta na okoliš nakon njegovog zatvaranja (npr. monitoring podzemnih i površinskih voda);
- prenamjena odlagališta nakon zatvaranja (poželjno je površinu odlagališta iskoristiti u određene svrhe, npr. za igrališta, rekreacijske zone, parkove, parkirališta, itd.).

### **3. DIREKTIVA EU O INDUSTRIJSKIM EMISIJAMA (*IED*) I OKOLIŠNA DOZVOLA**

#### **3.1. DIREKTIVA 2010/75/EU O INDUSTRIJSKIM EMISIJAMA (*IED*)**

Europska komisija 24. studenog 2010. godine donosi Direktivu 2010/75/EU o industrijskim emisijama (*The Industrial Emissions Directive - IED*), koja propisuje obavezne uvjete zaštite okoliša koje određene djelatnosti iz sektora industrije, energetike i gospodarenja otpadom moraju ispunjavati, da bi pogon/postrojenje u kojem se obavljaju te djelatnosti dobilo dozvolu za rad (tzv. okolišnu dozvolu). Direktiva je implementirana u hrvatske propise: *Zakon o zaštiti okoliša* (NN br. 80/2013), *Uredbu o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora* (NN br. 117/2012) i *Uredbu o okolišnoj dozvoli* (NN br. 8/2014).

U Direktivu 2010/75/EU o industrijskim emisijama integrirano je sedam direktiva od kojih su za termoenergetska postrojenja HEP Proizvodnje d.o.o. relevantne (Babačić i Begović, 2013.):

- Direktiva 2001/80/EZ o ograničenjima nekih emisija štetnih tvari u zrak iz velikih termoenergetskih uređaja (*LCP* direktiva);
- Direktiva 2008/1/EZ o cjelovitom sprečavanju i nadzoru onečišćenja (*IPPC* direktiva).

*LCP* direktiva određuje način mjerenja i granične vrijednosti emisija u zrak SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i čestica u zrak iz velikih termoenergetskih uređaja (velikih uređaja za loženje i plinskih turbina) toplinske snage goriva veće ili jednake 50 MW. *IPPC* direktiva je postavila niz općih obveza za izdavanje okolišnih dozvola i kontrolu industrijskih postrojenja te je definirala primjenu najboljih raspoloživih tehnologija (NRT ili eng. BAT), odnosno metoda usmjerenih na sprečavanje ili ako to nije moguće smanjenje opterećenja okoliša, i ublažavanje učinaka na okoliš kao cjelinu (Roksa i Babačić, 2012.).

Direktiva 2010/75/EU o industrijskim emisijama (*IED*) u potpunosti zamijenjuje *IPPC* direktivu od 7. siječnja 2014. godine, dok će *LCP* direktivu u potpunosti zamijeniti 1. siječnja 2016. (Službeni list Europske unije, L334, Vol. 53, 2010). Osnovna svrha *IED* je određivanje preventivnih mjera s ciljem sprječavanja ili smanjenja emisija onečišćujućih

tvori ili energije (buka, vibracija, toplina, svjetlost) u okoliš (zrak, voda i tlo), uključujući i stvaranje i/ili odlaganje otpada, koji su posljedica djelatnosti iz sektora energije, industrije i gospodarenja otpadom, kako bi se postigla visoka razina cjelovite zaštite okoliša (Sobota, 2014.).

Djelatnosti iz sektora energetike, industrije i gospodarenja otpadom koje predstavljaju izvore onečišćenja i na koje se primjenjuje *IED* prikazane su u tablici 3-1. TE Plomin spada pod prvu navedenu djelatnost u području "Energetika" iz tablice 3-1. odnosno pod "Izgaranje goriva u postrojenjima ukupne ulazne toplinske snage 50 MW ili više". Za HEP-ova termoenergetska postrojenja ova direktiva će biti obvezujuća nakon isteka prijelaznog razdoblja (do 31.12.2017.) te se sa primjenom propisanih odredbi treba započeti od 1. siječnja 2018. godine. Sva termoenergetska postrojenja HEP-a se moraju uskladiti s graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak propisanih u *IED* odnosno vrijednostima dostižnim primjenom NRT-a do isteka prijelaznog perioda. U suprotnom, nakon isteka navedenog roka, slijedi zabrana rada proizvodnih jedinica (Roksa i Babačić, 2012.).

Prema *IED* smanjenje štetnog utjecaja na okoliš postiže se okolišnim dozvolama zasnovanim na NRT-ma i propisanim graničnim vrijednostima emisija (GVE). Direktiva propisuje sljedeće opće uvjete zaštite okoliša koje djelatnosti popisane u tablici 3-1. moraju ispunjavati, da bi postrojenje koje obavlja neku od tih djelatnosti dobilo dozvolu za rad (Sobota, 2014.):

- primjena odgovarajućih preventivnih mjera za sprječavanje onečišćenja, odnosno primjena NRT (koje proizvode najmanje količine otpada i opasnih tvari, te omogućuju ponovnu uporabu ili recikliranje stvorenog otpada i proizvoda);
- sprječavanje bilo kakvog onečišćenja većih razmjera,
- izbjegavanje stvaranja otpada, uporaba stvorenog otpada kada god je to tehnički i ekonomski ostvarivo, ili kad se te mjere ne mogu ostvariti, odlaganje otpada na način koji najmanje onečišćuje okoliš,
- učinkovito korištenje resursa (sirovina, energije i vode), odnosno osiguravanje racionalnog gospodarenja prirodnim dobrima u skladu s konceptom održivog razvoja,

Tablica 3-1. Djelatnosti iz sektora energetike, industrije i gospodarenja otpadom koje uzrokuju onečišćenje i na koje se primjenjuje *IED* (Direktiva 2010/75/EU)

Područje	Djelatnost
Energetika	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Izgaranje goriva u postrojenjima ukupne ulazne toplinske snage 50 MW ili više;</li> <li>• Rafiniranje mineralnih ulja i plina;</li> <li>• Proizvodnja koksa;</li> <li>• Uplinjavanje ili ukapljivanje ugljena ili drugih goriva u postrojenjima ukupne nazivne ulazne toplinske snage 20 MW ili više</li> </ul>
Proizvodnja i prerada metala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prženje i sinteriranje metalnih ruda;</li> <li>• Proizvodnja sirovog željeza ili čelika;</li> <li>• Prerada nebojenih metala;</li> <li>• Ljevaonice nebojenih metala;</li> <li>• Prerada obojenih metala;</li> <li>• Površinska obrada metala ili plastičnih materijala u kojima se primjenjuje elektrolitski ili kemijski postupak.</li> </ul>
Industrija minerala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proizvodnja cementa, vapna i magnezijevog oksida;</li> <li>• Proizvodnja azbesta ili izrada proizvoda na bazi azbesta;</li> <li>• Proizvodnja stakla, uključujući staklena vlakna;</li> <li>• Taljenje mineralnih tvari, uključujući proizvodnju mineralnih vlakana;</li> <li>• Izrada keramičkih proizvoda pečenjem, posebno crijepova, opeke, vatrostalne opeke, pločica, kamenine ili porculana.</li> </ul>
Kemijska industrija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proizvodnja organskih kemikalija;</li> <li>• Proizvodnja anorganskih kemikalija;</li> <li>• Proizvodnja umjetnih gnojiva na bazi fosfora, dušika ili kalija;</li> <li>• Proizvodnja sredstava za zaštitu bilja ili biocida;</li> <li>• Proizvodnja farmaceutskih proizvoda;</li> <li>• Proizvodnja eksploziva.</li> </ul>
Gospodarenje otpadom	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odlaganje ili uporaba opasnog otpada kapaciteta većeg od 10 t/dan;</li> <li>• Odlaganje ili uporaba otpada u postrojenjima za spaljivanje otpada ili u postrojenjima za suspaljivanje otpada;</li> <li>• Odlaganje neopasnog otpada kapaciteta većeg od 50 tona/dan;</li> <li>• Oporaba, ili spoj uporabe i odlaganja, neopasnog otpada kapaciteta većeg od 75 tona po danu;</li> <li>• Privremeno skladištenje opasnog otpada;</li> <li>• Podzemno skladištenje opasnog otpada ukupnog kapaciteta većeg od 50 tona.</li> </ul>
Druge aktivnosti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrijska postrojenja za proizvodnju celuloze od drveta ili drugih vlaknastih materijala, papira ili kartona, jednog ili više panela na bazi drveta;</li> <li>• Prethodna obrada (postupci kao što su pranje, bijeljenje, merceriziranje) ili bojenje tekstilnih vlakana ili tekstila;</li> <li>• Šavljenje kože; Klačnice; Prerada sirovina životinjskog podrijetla;</li> <li>• Odlaganje ili recikliranje životinjskih trupala ili životinjskog otpada;</li> <li>• Intenzivan uzgoj peradi ili svinja; i dr.</li> </ul>

- spriječavanje nesreća i ograničavanje štetnih učinaka nesreća, mjerama propisanim posebnim propisima,
- poduzimanje svih potrebnih mjera s ciljem izbjegavanja rizika onečišćenja okoliša po konačnom prestanku djelatnosti i vraćanje lokacije djelatnosti u njeno prvobitno stanje ili, ako to nije moguće, u zadovoljavajuće stanje.

Direktiva također određuje (Sobota, 2014.):

- onečišćujuće tvari koje se emitiraju u okoliš iz navedenih izvora, te ih treba uzeti u obzir kao relevantne u postupku ishodaženja okolišne dozvole (popis u Prilogu II direktive),
- granične vrijednosti emisije za pojedine onečišćujuće tvari, ovisno o vrsti djelatnosti (Prilozi: V do VIII direktive),
- kriterije za određivanje NRT-a,
- smjernice vezane za informiranje i sudjelovanje javnosti u postupku izdavanja dozvola,
- općenite smjernice vezane za praćenje (monitoring) emisija, inspeksijski nadzor, mjere zaštite zraka, vode i tla, te zbrinjavanja otpada,
- posebne tehničke odredbe za uređaje za loženje (GVE, praćenje emisija), i dr.

### 3.2. NAJBOLJE RASPOLOŽIVE TEHNOLOGIJE (NRT)

Najbolje raspoložive tehnologije (NRT ili eng. *Best Available Techniques – BAT*) su najdjelotvorniji i najnapredniji stupanj u razvoju neke aktivnosti koje ukazuju na praktičnu prikladnost određenih postupaka za spriječavanje, ili gdje to nije moguće za smanjenje, utjecaja postrojenja na okoliš u cjelini (Babačić i Begović, 2013.). NRT se odnose na najučinkovitije tehnologije, procese i proizvodne postupke koji su razvijeni i testirani u pogonskim uvjetima, te koji su ekonomski dostupni organizaciji, a u praktičnoj primjeni osiguravaju djelatnost bez emisija i općenito štetnih utjecaja na okoliš ili s minimalnim utjecajem na okoliš (Sobota, 2014.).

Prema prilogu III Direktive 2010/75/EU, NRT se određuju na temelju sljedećih kriterija:

- korištenje tehnologija kod kojih nastaju male količine otpada,
- korištenje manje opasnih tvari,



- promicanje uporabe i recikliranja tvari koje nastaju i koje se koriste u procesu, i tamo gdje je to primjereno, otpada,
- usporedivi postupci, uređaji ili radne metode koje su uspješno iskušane na industrijskoj razini,
- tehnološki napredak i promjene u znanstvenim spoznajama i shvaćanjima,
- vrsta, učinci i opseg predmetnih emisija,
- rokovi stavljanja u pogon novih ili već postojećih postrojenja;
- vrijeme koje je potrebno za uvođenje NRT-a,
- potrošnja i svojstva sirovina (uključujući vodu) koje se koriste u postupku i energetska učinkovitost,
- potreba da se spriječi ili svede na minimum sveukupni utjecaj emisija na okoliš kao i uz njih vezane opasnosti,
- potreba da se spriječe nesreće i da se posljedice za okoliš svedu na minimum,
- informacije koje objavljuju javne međunarodne organizacije.

NRT za različite sektore industrije i međusektorske aktivnosti dogovorene su u procesu razmjena informacija između država članica EU, industrije (vlasnika postrojenja i proizvođača tehnologija za smanjenje emisija) i nevladinih organizacija (Direktiva 2010/75/EU). Kako bi se organizirala izmjena potrebnih informacija vezanih za primjenu, monitoring i razvoj NRT-a, osnovan je Europski IPPC ured. Ured je izradio referentne dokumente vezane za NRT (RDNRT, eng. *BREF*) za različite djelatnosti iz sektora industrije, energetike i gospodarenja otpadom, koje kompetentna tijela u državama članicama koriste kao glavne mjerodavne dokumente prilikom izdavanja okolišne dozvole (Sobota, 2014.). U tim dokumentima Europska komisija iscrpno objašnjava primjenu NRT-a, te ih objavljuje na svojim internetskim stranicama. RDNRT su izrađeni nakon, uobičajeno trogodišnjeg, savjetovanja i međusobnog usuglašavanja s predstavnicima gospodarstva, regulatornim tijelima iz državne uprave država EU-a i nevladinim udrugama, koje se bave zaštitom okoliša. RDNRT-ovi opisuju raspon najboljih ekonomski raspoloživih tehnologija, koje su trenutačno u industrijskoj primjeni ili su u postupku uvođenja. Osim tih tehnologija, RDNRT-ovi određuju granične vrijednosti emisija u zrak, vode i tlo (NRT-GVE, eng. *BAT-AEL*) za pojedine djelatnosti, koje je moguće ostvariti primjenom NRT-a. RDNRT dokumenti se ažuriraju otprilike svakih pet godina (Tarnik i Lovrić, 2011).

Provedba gore spomenute IPPC direktive je pokazala slabosti. RDNRT-i u zemljama članicama nisu tretirani kao obavezni dokumenti budući nisu objavljeni na svim službenim jezicima EU. Zlouporaba fleksibilnosti IPPC direktive i zakonska neobaveznost primjene RDNRT-a doveli su do situacije u kojoj inovativni učinci okolišnih dozvola temeljenih na NRT-ima nisu u potpunosti ostvareni što je kao rezultat imalo nedovoljno poboljšanje stanja okoliša. *IED* je, u odnosu na IPPC direktivu, uvela niz novina kako bi primjena NRT-a postala obvezna i glavna odrednica za stjecanje uvjeta za dobivanje okolišnih dozvola. Objedinjuje zakonske propise iz područja zaštite okoliša za industrijska i energetska postrojenja u jedan dokument, propisuje nove (niže) sektorske GVE u zrak za velike termoenergetske uređaje i usklađuje ih s vrijednostima emisija dostižnim primjenom NRT-a (Babačić i Begović, 2013.).

### 3.3. OKOLIŠNA DOZVOLA

Okolišna dozvola je dozvola za rad postrojenja u pisanom obliku. Izdaje se temeljem jedinstvenog postupka utvrđivanja mjera zaštite okoliša za postrojenje koje može imati značajan utjecaj na okoliš. Okolišnom dozvolom osigurava se cjelovit pristup sprječavanju i nadzoru onečišćenja, visoka razina zaštite okoliša uz primjenu NRT-a, te se propisuju uvjeti za sprječavanje značajnog onečišćenja okoliša (Bačun et al., 2014).

Pojam okolišne dozvole u hrvatskom je zakonodavstvu uređen *Zakonom o zaštiti okoliša i Uredbom o okolišnoj dozvoli. Uredbom o okolišnoj dozvoli* (NN 8/2014), koja se temelji na Direktivi 2010/75/EU o industrijskim emisijama, utvrđene su:

- Djelatnosti iz sektora energetike, industrije i gospodarenja otpadom koje mogu prouzročiti emisije koje dovode do onečišćavanja tla, zraka i voda (popis djelatnosti nalazi se u Prilogu I Uredbe);
- Onečišćujuće tvari čije emisije prilikom obavljanja djelatnosti uzrokuju onečišćavanje tla, zraka i vode, te ih treba uzeti u obzir kao relevantne za utvrđivanje graničnih vrijednosti emisija u postupku ishodaženja dozvole (popis onečišćujućih tvari nalazi se u Prilogu II Uredbe);
- Način podnošenja zahtjeva i kriteriji za ishodaženje okolišne dozvole;
- Sadržaj stručne podloge koja se obvezno prilaže zahtjevu za ishodaženje okolišne dozvole (pobliže utvrđen obrascem u Prilogu IV Uredbe);

- Sudjelovanje javnosti i zainteresirane javnosti u postupku izdavanja okolišne dozvole;
- Način dostavljanja podataka o praćenju emisija u sastavnice okoliša (dostavljaju se Agenciji za zaštitu okoliša na način određen *Zakonom o zaštiti okoliša i Pravilnikom o registru onečišćavanja okoliša*, NN 87/2015);
- Način utvrđivanja graničnih vrijednosti emisija;
- Kriterije na temelju kojih se utvrđuje NRT (Prilog III Uredbe), način određivanja NRT-a, rokove za primjenu NRT-a i dr.

Organizacija (tvrtka) koja namjerava graditi novo ili već posjeduje postrojenje u kojem se obavlja djelatnost koja može prouzročiti štetne emisije (vidi popis djelatnosti u tablici 3-1), mora u skladu sa *Uredbom* ishoditi okolišnu dozvolu od ministarstva nadležnog za zaštitu okoliša. Ishođenje okolišne dozvole je zahtjevan i složen postupak u kojem sudjeluju stručnjaci različitih struka i predstavnici različitih sektora na različitim razinama. Važni nezaobilazan dio postupka je sudjelovanje i predstavnika javnosti i zainteresirane javnosti (Bačun et al., 2014).

Prema *Zakonu o zaštiti okoliša*, zahtjev za ishođenje okolišne dozvole treba sadržavati:

- podatke o operateru (naziv i sjedište tvrtke, OIB, ime odgovorne osobe, itd.),
- podatke o lokaciji i zahvatu,
- podatke o ovlaštenoj osobi za stručne poslove zaštite okoliša koja je izradila stručnu podlogu za ishođenje okolišne dozvole.

Uz zahtjev se obvezno prilaže stručna podloga za ishođenje okolišne dozvole, koju izrađuje osoba ovlaštena za stručne poslove zaštite okoliša (ovlaštenik) i koja mora sadržavati:

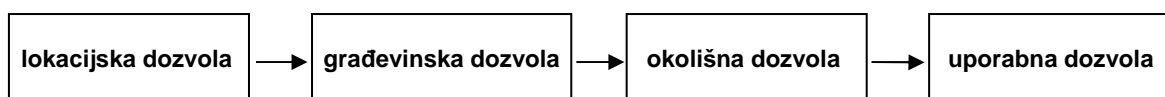
- opis postrojenja i djelatnosti koju operater namjerava obavljati ili obavlja u postrojenju,
- popis sirovina, pomoćnih materijala i drugi tvari, te podaci o energiji koja će se koristiti ili stvarati u postrojenju.
- popis onečišćujućih tvari koje će biti prisutne u postrojenju,
- opis izvora industrijskih emisija iz postrojenja,
- opis stanja lokacije gdje se postrojenje nalazi,

- opis vrste i iznosa očekivanih industrijskih emisija iz postrojenja u pojedinu sastavnicu okoliša, kao i identifikaciju učinaka industrijskih emisija na okoliš,
- opis predložene tehnologije sprječavanja ili, gdje to nije moguće, smanjenja industrijski emisija iz postrojenja,
- opis tehnologija za sprječavanje nastajanja otpada i pripremu za ponovno korištenje, ili uporabu otpada nastalog u postrojenju,
- opis postupaka predviđenih za praćenje industrijskih emisija u okoliš, i dr.

Okolišna dozvola je zasebni dokument (slika 3-1.), koji se za razliku od lokacijske i građevinske dozvole koje imaju trajni karakter, izdaje na ograničeni rok od 5 godina, nakon čega podliježe reviziji. Zahtjev za produljenjem okolišne dozvole, organizacija (tvrtka) je obvezna podnijeti Ministarstvu u propisanom vremenu prije isteka roka valjanosti. Ukoliko se uvjeti zaštite okoliša u međuvremenu postrože ili je tehnologija unapređivala, tvrtka im se treba prilagoditi kako bi joj se dozvola produžila. Za nova postrojenja i za rekonstrukciju postojeći postrojenja, za koje je propisana obveza provođenja procjene utjecaja na okoliš, okolišna dozvola izdaje se nakon izdavanja rješenja o prihvatljivosti zahvata na okoliš (Sobota, 2014).

Još nekoliko godina će postojati dva dokumenta (Bačun et.al., 2014.):

- *Rješenje o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša* (prema staroj Uredbi odnosno IPPC direktivi) je dokument koji su ishodili operateri koji su pokrenuli postupak prije donošenja Zakona o zaštiti okoliša (NN 80/13) kojim je propisano ishodaenje okolišne dozvole;
- Okolišna dozvola propisana *Zakonom o zaštiti okoliša* (NN 80/13), koja će postupno zamjenjivati *Rješenje o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša* kako će isticati rok valjanosti rješenja odnosno u slučajevima bitnih promjena u radu.



Slika 3-1. Redoslijed izdavanja dozvola (Sobota, 2014.)

Sadržajno nema bitnih razlika jer se uglavnom radi o promjeni naziva dokumenta, manjim dopunama predložka stručne podloge zahtjeva i uvođenju dijelova koji se odnose na farme (Bačun et.al., 2014.).

Okolišnu dozvolu nije moguće dobiti bez sagledavanja svih aspekata zaštite okoliša, uključujući usklađenost primjenjene tehnologije s NRT konceptom za postojeće pogone, uvažavajući zaključke provedene procjene utjecaja na okoliš za nove pogone i rekonstrukcije (Sobota, 2014.).

Prednost okolišne dozvole za gospodarstvo je u tome što pomaže u cjelovitom sagledavanju poslovnih procesa i njihovog utjecaja na okoliš, kao i transparentnom prikazu podataka o tim utjecajima. Okolišna dozvola u nekom postrojenju djeluje kao povezujući element jer u njoj izradi moraju sudjelovati predstavnici svih organizacijskih jedinica, od nabave i projektiranja, preko proizvodnje i održavanja do prodaje. Okolišnom dozvolom opisuje se i postupak u slučaju zatvaranja postrojenja. Okolišna dozvola je dobar dokument i za predstavnike javnosti, jer daje cjelovit uvid u poslovanje postrojenja (Bačun et.al., 2014.).

### 3.4. HEP I OKOLIŠNA DOZVOLA

Svi postojeći termoeenergetski objekti HEP Proizvodnje d.o.o. nazivne toplinske snage veće od 50 MW su 4. lipnja 2012., Ministarstvu zaštite okoliša i prirode (MZOiP) predali zahtjeve za ishođenje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (okolišne dozvole), kako bi mogli nastaviti s proizvodnjom električne i toplinske energije (sukladno odredbama *Zakona o zaštiti okoliša*). Ugovorom o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji potvrđen je već spomenuti prijelazni rok (1. siječnja 2018.) za usklađivanje rada termoeenergetskih postrojenja HEP Proizvodnje sa strožim graničnim vrijednostima emisija. Cilj HEP Proizvodnje je nastaviti s radom postrojenja nakon tog roka primjenom NRT-a i usklađivanjem s GVE prema Direktivi 2010/75/EU, u slučajevima gdje je to moguće (Babačić, 2013.; Babačić i Tarnik, 2015.).

Zahtjevi za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša izrađeni su prema uvjetima koji će vrijediti od 2014. do 2018. (2015. do 2019.) godine. U okviru zahtjeva, predana su tehničko-tehnološka rješenja o usklađenju za svaki pogon zasebno, ali za pojedine pogone

još uvijek traju pregovori o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak i u otpadne vode, te o dinamici praćenja i mjerenja emisija onečišćujućih tvari. Predloženim mjerama usklađivanja s NRT-ma nastoji se maksimalno produljiti investicijski ciklus ulaganja u postojeća postrojenja te se usmjeriti na izgradnju novih, zamjenskih jedinica koje će biti učinkovitije i ekološki prihvatljivije (Babačić i Tarnik, 2015.).

Za izdavanje rješenja o ekološkoj dozvoli postupak je sljedeći (Babačić i Tarnik, 2015.):

- priprema zahtjeva za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša i tehničko – tehnoloških rješenja usklađenja postrojenja (TTR),
- predaja zahtjeva i TTR-a u Ministarstvo zaštite okoliša i prirode (MZOiP),
- postupak pregovaranja s mjerodavnim tijelima (sektori MZOiP-a mjerodavni za zrak, tlo i otpad, Hrvatske vode, Ministarstvo zdravlja, Uprava za zaštitu prirode).
- donošenje konačnih zaključaka mjerodavnih tijela o sastavnicama okoliša: zrak, voda, tlo, otpad, buka,
- održavanja javne rasprave, odgovaranje na sva pitanja i primjedbe s javne rasprave te prilagođavanje tomu tehničko – tehnoloških rješenja,
- izrada završne knjige o ekološkoj dozvoli,
- dobivanje rješenja o ekološkoj dozvoli.

Za postrojenje HEP Proizvodnje TE Plomin, provedena je javna rasprava, odgovoreno je na sva pitanja i primjedbe iz javnih rasprava i, sukladno tome, izrađena završna knjiga objedinjenih uvjeta zaštite okoliša pa se izdavanje rješenja o ekološkoj dozvoli očekuje uskoro (Babačić i Tarnik, 2015.).

U slučaju postrojenja, koja neće moći zadovoljiti GVE samo primjenom osnovnih mjera (npr. prelazak na prirodni plin kao osnovno gorivo, korištenje loživog ulja s manje od 1 % sumpora), nužno će se morati uložiti u njihovu rekonstrukciju te provesti pojedinačne mjere, poput zamjene plamenika i sustava upravljanja. Ugradnja skupe opreme za smanjivanje emisija u zrak, kao što su uređaji za odsumporavanje dimnih plinova i redukciju NO<sub>x</sub> (tzv. DeSO<sub>x</sub> i DeNO<sub>x</sub> uređaji), razmatra se u slučajevima gdje niti takvim mjerama nije moguće postići ispunjavanje zahtjeva Direktive o industrijskim emisijama (na primjer ugradnja uređaja za redukciju NO<sub>x</sub> u slučaju TE Plomin 2). Ukoliko postrojenja niti jednom mjerom neće moći zadovoljiti propisane uvjete, morat će prestati s radom ili

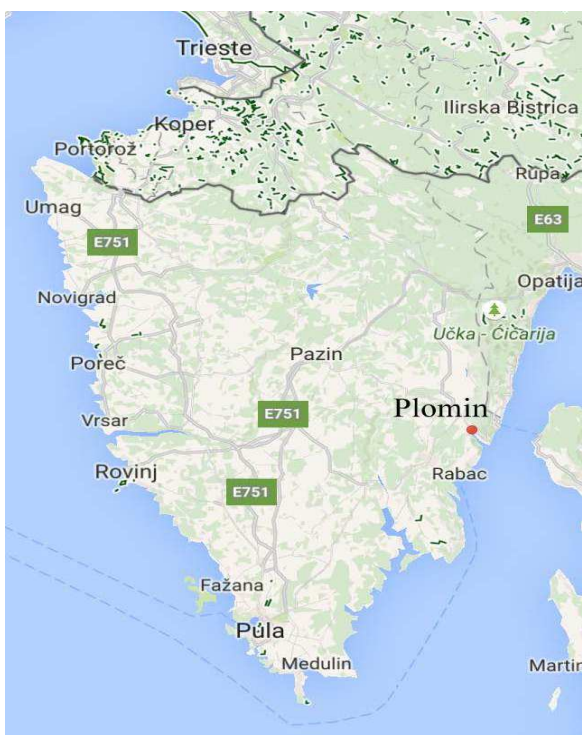
plaćati visoke kazne EU-u za prekoračenje GVE (i do dva milijuna eura mjesečno, ovisno o procjeni i propisima Europske komisije). Iz navedenog proizlazi da HEP Proizvodnja nužno mora izgraditi zamjenska postrojenja (Babačić i Tarnik, 2015.).

## 4. SUSTAV UPRAVLJANJA OKOLIŠEM TE PLOMIN

### 4.1. LOKACIJA I OPIS POSTROJENJA TERMOELEKTRANE PLOMIN

TE Plomin sastoji se od TE Plomin 1 (TEP 1, BLOK A) i TE Plomin 2 (TEP 2, BLOK B). To je kondenzacijska termoelektrana čije je pogonsko gorivo ugljen s dva bloka, te svaki ima kotao i po jednu parnu turbinu. Ukupna toplinska snaga goriva TEP 1 je 338 MW dok je TEP 2 snažniji sa toplinskom snagom 544 MW. TE Plomin jedan je od najvažnijih proizvođača električne energije u Hrvatskoj. TEP 1 je izgrađena. 1969. godine, a TEP 2 2000. godine puštena u pogon iako je počeka gradnje započeo znatno ranije (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.a).

Postrojenje TE Plomin nalazi se na središnjem djelu istočne obale Istarskog poluotoka, u uvali na samom kraju Plominskog zaljeva (slika 4-1.), a površina koju zauzima iznosi 0,54 km<sup>2</sup> te se sastoji od katastarskih čestica u vlasništvu HEP-a. Prostor lokacije zahvata većim dijelom pripada općini Kršan, a manjim dijelom (obalni rub Plominske uvale) Gradu Labinu (Ekonerg d.o.o., 2011.).

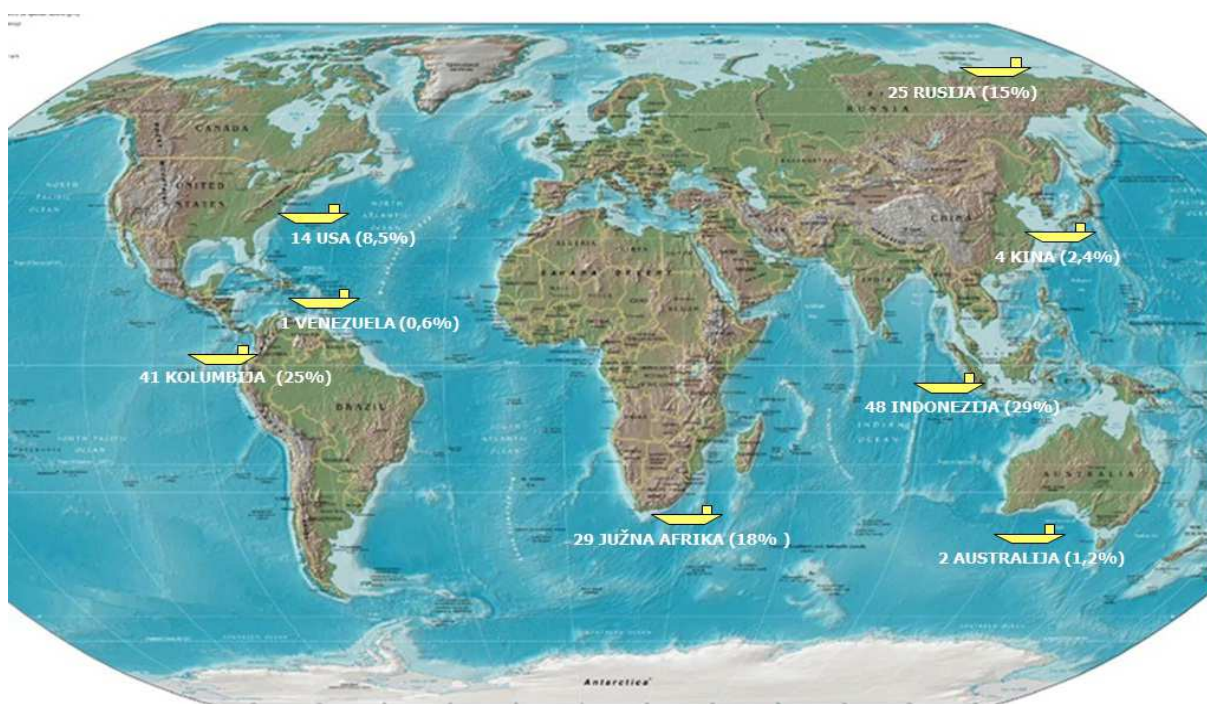


Slika 4-1. Prikaz Plomina na karti (Google Maps, 2015.)



Zbog blizine raških ugljenokopa logična odluka je bila otvoriti termoelektranu na ugljen upravo u njihovoj blizini. No, ugljen je trebalo vaditi s velikih dubina te je taj ugljen je po svome sastavu bio loše kvalitete odnosno sadržavao je značajni postotak sumpora te je to dovelo do zaključka da daljnja eksploatacija raškog ugljena za termoelektranu nije komercijalno isplativa. Istarski ugljenokopi konačno su zatvoreni 1999. godine. Za nastavak rada termoelektrana bilo je nužno nabaviti ugljen na svjetskom tržištu gdje se i danas kupuje. Za razliku od drugih energenata, ovaj način nabavke daje široke mogućnosti izbora najpovoljnije ugljena iz cijelog svijeta, bez tehničkih ograničenja isporuke (slika 4-2.) (TE Plomin d.o.o., n.g.).

Luka za prihvat i istovar brodova (slika 4-3.) projektirana je za brodove tipa Panamax (slika 4-4.), dužine do 230 m, koji imaju kapacitet 65000 tona ugljena. Sustav za istovar i transport od luke do deponija potpuno je zatvoren i osiguran od rasipanja ugljena. Puni brodoistovarivač ima kapacitet istovara od 1350 t/h, tako da je za istovar jednog broda potrebno oko 100 sati rada sustava. TE Plomin koristi kameni ugljen s 0,3 – 1,4 % sumpora, donje toplinske vrijednosti 24,0 – 29,3 MJ/kg. Približna godišnja količina ugljena koju TE Plomin koristi za proizvodnju električne energije iznosi 1000000 tona (TE Plomin d.o.o., n.g.).



Slika 4-2. Podrijetlo ugljena iz vremenskog razdoblja 1999. – 2012. (Vukelić, 2013.)



Slika 4-3. Pogled na Plominski zaljev sa TE Plomin



Slika 4-4. Brod tipa Panamax u Plominskoj luci

TEP 1 pogon je u sastavu HEP Proizvodnje d.o.o. Vlasnik TEP 2 je TE Plomin d.o.o, mješovito društvo s jednakim udjelima njemačkog RWE Powera i HEP-a d.d. HEP Proizvodnja d.o.o. ima s TE Plomin d.o.o. dugogodišnji ugovor o vođenju i održavanju TEP 2 (Vukelić, 2013.).

TEP 1 i TEP 2 imaju zajednički dimnjak (slika 4-5.). Školjka postojećeg dimnjaka je armirano betonska sa unutarnjim temeljnim prstenom promjera 15 metara i vanjskim temeljnim prstenom promjera 43 m. Ukupna visina dimnjaka iznosi 340 metara što ga čini najvišom građevinom u Hrvatskoj (Novi list, 2013.). Vertikalni unutarnji dimnovodni kanal izrađen je od šamotnih opeka i zajednički je za obje elektrane. Na ovaj vertikalni dimnovodni kanal, horizontalni se dimnovodni kanali spajaju preko trodijelne čelično/betonske komore (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.a).



Slika 4-5. Pogled na dimnjak iz njegova podnožja

Pored dimnjaka, obje termoelektrane imaju zajednički (Vukelić, 2013.):

- sustav dopreme i skladištenja ugljena,
- sustav dopreme rashladne morske vode,
- zbrinjavanje pepela i šljake, sustav tehnološke vode,
- sustav pomoćnog goriva,
- sustav obrade otpadnih tehnoloških, oborinskih i sanitarnih voda.

Upravo zajednički sustavi nameću nužnost istovremenog promatranja TE Plomina 1 i TE Plomina 2 (slika 4-6.). Iako TEP 1 i TEP 2 dijele znatan dio postrojenja, kao termoelektrane djeluju zasebno. Svaka ima svoj kotao, turbinu i generator koji se po svojim specifikacijama razlikuju.

Specifikacije kotla, turbine i generatora TEP 1 (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.b):

- Turbina je akcijska, sa tri odvojena kućišta i međupregrijanjem. VT dio turbine se sastoji iz dvostrukog kućišta, a NT je izveden sa dva toka u dva dijela kondenzatora. Turbina ima 6 nereguliranih oduzimanja za zagrijavanje napojne vode i jedan hladnjak brtvene pare. Zajednički uljni sistem osigurava podmazivanje generatora i turbine, te regulaciju turbine. Ulje dobavlja glavna zupčasta pumpa na osovini turbine.

Osnovni tehnički podaci:

- instalirana snaga: 125 MW
  - max. trajna snaga: 120 MW
  - protok visokotlačne pare: 385 t/h
  - tlak visokotlačne pare: 135 bar
  - temp. visokotlačne pare: 535 °C
  - protok srednjetačne pare: 355 t/h
  - tlak srednjetačne pare: 27 bar
  - temperatura srednjetačne pare: 535 °C
- Jednocijevni kotao sa prisilnim protokom, ložen ugljenom prašinom u ciklonskom ložištu sa 16 plamenika u 4 razine. Kotao se potpaljuje laim uljem sa 8 plamenika.

Osnovi tehnički podaci:

- nazivna toplinska snaga: 338 MW
- proizvodnja svježe pare: 385 t/h

- tlak svježe pare: 135 bar
- temperatura svježe pare: 535 °C
- Stupanj djelovanja 91 %
- Električni generator je trofazni, direktno priključen na turbinu, hlađen vodikom koji se hladi morskom vodom. Generator je direktno spojen sa blok transformatorom smještenim izvan strojarnice.

Osnovni tehnički podaci:

- radni napon 13,8/121 kV;
- nazivna snaga: 156 MVA;
- nazivni napon: 13,8 kV + 7,5 %
- faktor snage: 0,8
- br. okretaja: 3000 min<sup>-1</sup>

Specifikacije kotla, turbine i generatora TEP 2 (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c):

- Kondenzacijaska turbina (slika 4-7.), s međupregrijavanjem. Dvokućišna, s kombiniranim visokotlačnim i srednotlačnim kućištem te dvoizlaznim niskotlačnim kućištem, sa sedam nereguliranih oduzimanja.

Osnovni tehnički podaci:

- Nazivna snaga: 210 MW
- Tlak u kondenzatoru: 0,046 bar
- Protok rashladne vode: 8,4 m<sup>3</sup>/s
- Jednocjevni protočni kotao (slika 4-7.) s prisilnom cirkulacijom tipa Sulzer. Kotao ima 24 plamenika u šest ravnina. Stupanj djelovanja generatora pare: 92,9 %.

Osnovni tehnički podaci:

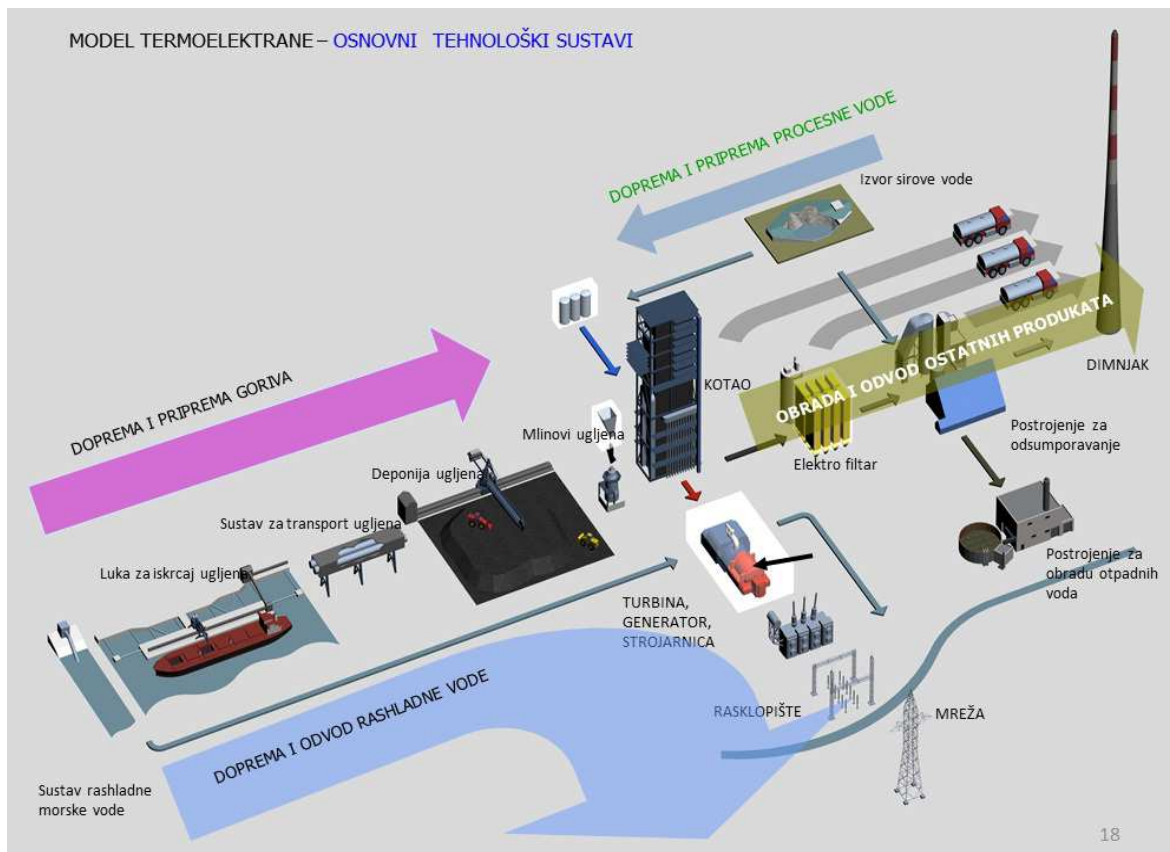
- proizvodnja svježe pare: 670 t/h
- tlak svježe pare: 147 bar
- temperatura svježe pare: 535 °C
- Turbogenerator (Končar) trofazni je dvopolni, hlađen vodikom, sinkroni. Proizvedena se energija preko blok transformatora od 13,8/240 kV predaje u 220 kV mrežu.
- Nazivna snaga: 247 MVA
- Nazivni napon: 13,8 kV + 7,5 %
- Faktor snage: 0,8
- Broj okretaja: 3000 min<sup>-1</sup>



Slika 4-6. TE Plomin 1 i TE Plomin 2 na lokaciji (Vukelić, 2013.)



Slika 4-7. Kotao (lijevo) i turbina (desno) TEP 2 (Vukelić, 2013.)



Slika 4-8. Osnovni tehnološki sustavi u TE Plomin 2 (Vukelić, 2013.)

Ugljen se melje u mlinovima i u zračnoj struji, u formi maglice, upuhuje u ložišta kotla. Tu izgara grijući vodu koja, tjerana napojnim pumpama, struji kroz kotlovske cijevi i postepeno se pretvara u pregrijanu vodenu paru. Parovodima se para dovodi na visokotlačni dio turbine (535 °C / 147 bara) gdje se ekspandira, a nakon toga se (370 °C / 43 bara) vraća u kotao na pregrijavanje. Nakon pregrijavanja (535 °C / 43 bara) ponovno se dovodi na turbinu, na srednjetačni dio, gdje ponovno ekspandira i nakon toga spojnim parovodom dovodi u niski tlak. Ispod niskog tlaka turbine smješten je kondenzator gdje se para hladi rasladnom morskom vodom, čime se zatvara ciklus prikazan na slici 4-8. (TE Plomin d.o.o., n.g).

Ekspanzija pare uzrokuje okretanje turbine ( $3000 \text{ min}^{-1}$ ) a time i generatora s kojim je spojena krutom spojkom. Rotoru generatora dovodi se istosmjerna uzbudna struja koja usljed vrtnje rotora u statoru inducira električnu energiju (13800 V / 10334 A). Transformatorima se električna energija generatora transformira na napon mreže (220 kV) i preko rasklopišta odvodi u mrežu. Iz rasklopnog postrojenja proizvedena električna

energija odvodi se dalekovodima 220 kV u trafostanica (TS) Melina i TS Pehlin u Rijeci, te dalekovodima 110 kV u TS Rovinj, TS Pazin, TS Raša i TS Šijana (TE Plomin d.o.o., n.g).

Voda za hlađenje uzima se iz mora, s dubine 25 metara, te otvorenim gravitacijskim kanalom dovodi trošilima u elektrani (najvećim dijelom turbinski kondenzator). Za kotlovsku vodu koristi se slatka voda iz izvora "Bubić jama" te u kemijskoj pripremi vode demineralizira na potrebnu kvalitetu (TE Plomin d.o.o., n.g.).

TEP 1 radi od 4500 do 7500 sati godišnje, odnosno prosječno 6000 sati rada godišnje sa prosječno ostvarenom snagom na pragu od 101 MW. TEP 2 radi od 7400 do 8600 sati godišnje sa prosječno ostvarenom snagom na pragu od 181 MW (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.a-c). Osnovni podaci proizvodnih postrojenja TE Plomin dani su u tablici 4-1.

Tablica 4-1. Osnovni podaci proizvodnih postrojenja TE Plomin (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.b)

Proizvodne jedinice		Gorivo	Nazivno opterećenje	Toplinska snaga goriva	Godina puštanja u pogon	Godina nominirana za dekomisiju
Betonski dimnjak 340 m	TEP 1 (blok A)		120 MW		1970.	2018.
	Kotao	ugljen	385 t/h (135 bar/ 540 °C)	338 MW		
	PAT	-	120 MW	-		
	TEP 2 (blok B)		210 MW		1999.	2032.
	Kotao	ugljen	670 t/h (147 bar/ 535 °C)	544 MW		
	PAT	-	210 MW	-		



## 4.2. POLITIKA ZAŠTITE OKOLIŠA TE PLOMIN

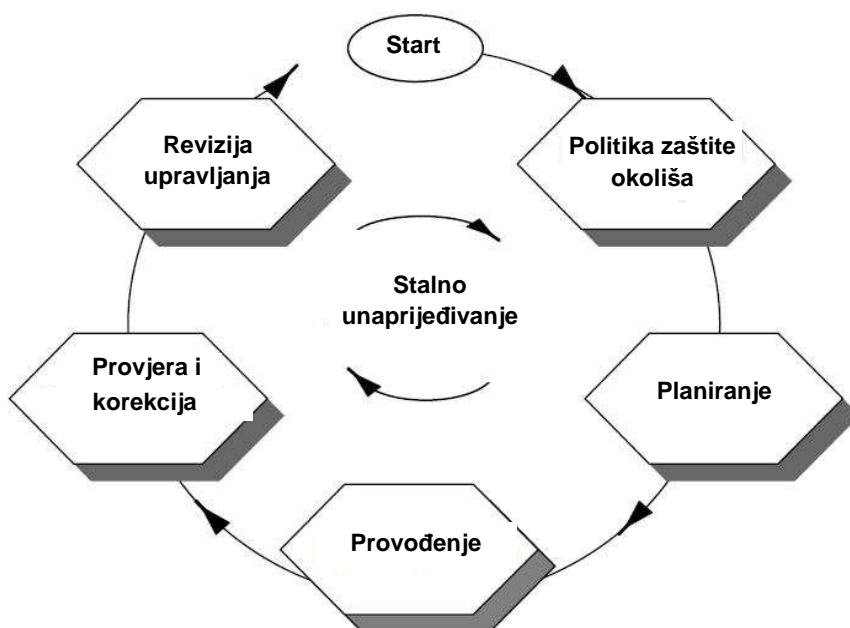
Danas svaka velika organizacija poput HEP d.d. ima jasno definiranu politiku zaštite okoliša. Politika zaštite okoliša ili politika upravljanja okolišem (*Environmental Policy*) usvaja se na najvišoj razini uprave organizacije, a podrazumijeva ukupne namjere i smjernice organizacije u pogledu njenog upravljanja aspektima okoliša odnosno utjecajima na okoliš. Prema ISO 14050, "aspekt okoliša" (*environmental aspect*) je svaki aspekt djelatnosti, proizvoda ili usluga neke organizacije koji može uzajamno djelovati s okolišem i time pozitivno ili negativno utjecati na okoliš. Politika zaštite okoliša osigurava okvir planiranja i djelovanja te okvir za postavljanje općih i pojedinačnih ciljeva zaštite okoliša. Glavni ciljevi politike zaštite okoliša neke organizacije trebaju biti: ispunjavanje uvjeta postojećih zakonskih propisa iz područja zaštite okoliša i kontinuirano povećavanje učinkovitosti organizacije u minimaliziranju nepovoljnih utjecaja na okoliš koji su posljedica njene djelatnosti (Sobota, 2014).

U HEP Proizvodnji d.o.o. se politika zaštite okoliša provodi u svim segmentima i poduzimaju se propisane mjere kontrole utjecaja na okoliš. Kako bi se utjecaji na okoliš dodatno smanjili, HEP ulaže sredstva za smanjenje tih utjecaja – od emisija iz termoelektrana preko kontrole buke do zbrinjavanja svih vrsta otpada (HEP Proizvodnja d.o.o., 2015.c). HEP se drži određenih načela poslovne politike u zaštiti okoliša (HEP, 2015; HEP Proizvodnja d.o.o., 2013.a):

- Uključivati problematiku zaštite okoliša u razvojne planove i strategiju HEP-a, a kriterije zaštite okoliša u postupke planiranja i donošenja odluka;
- Racionalno koristiti resurse;
- Poticati uporabu obnovljivih izvora energije i kogeneracijskih jedinica;
- Spriječiti i/ili smanjivati emisije u zrak, vode i tlo, te količinu i štetnost proizvedenog otpada;
- Razvijati i istraživati primjenu čistijih i djelotvornijih tehnoloških rješenja u proizvodnji i distribuciji električne energije;
- Čuvati biološko-ekološke i druge prirodne vrijednosti u okolišu objekata HEP-a provodeći mjere zaštite flore i faune te prirodne i kulturno-povijesne baštine;
- Ugrađivati i održavati trajne sustave redovitog nadzora zaštite okoliša na svakoj lokaciji gdje se nalaze HEP-ovi objekti te objavljivati dobivene rezultate;

- Obrazovati i osposobljavati radnike HEP-a za zaštitu okoliša;
- Suradivati s tijelima državne uprave i lokalne samouprave te s institucijama i udrugama građana koje brinu o zaštiti okoliša;
- Zagovarati racionalnu uporabu i štednju energije kod svojih potrošača te na državnoj razini;
- Zahtijevati od isporučitelja opreme, konzultantskih i projektantskih te ostalih suradničkih tvrtki i poslovnih partnera HEP-a da razvijaju politiku zaštite okoliša na temelju gore navedenih načela;
- Usklađenost sa zakonskim zahtjevima i zahtjevima HEP-a.

Uspostavljanje učinkovitog sustava upravljanja okolišem (SUO) osigurava ostvarivanje ciljeva politike i programa zaštite okoliša definiranih od strane uprave organizacije (Sobota, 2014.). SUO se može implementirati na različite načine, ovisno o vrsti djelatnosti i potrebama koje definira uprava organizacije. Na primjer, TE Plomin je SUO implementirao u skladu sa zahtjevima međunarodne norme ISO 14001. Glavni elementi svakog SUO su isti a mogu se prikazati tzv. *Deming*-ovim ciklusom (slika 4-9.).



Slika 4-9. Ciklus neprekidnog poboljšavanja (tzv. PDCA ili *Deming*-ov ciklus) (Sobota, 2014.)

*Deming*-ov ciklus se sastoji od (Sobota, 2014.):

- planiranja onoga što će se raditi (definiranje politike te općih i pojedinačnih ciljeva zaštite okoliša),
- provođenja onog što je planirano (implementacija odgovarajućeg SUO),
- provjere da li se radi to što je planirano (monitoring i vrednovanje djelatnosti organizacije prije svega s obzirom na utjecaje na okoliš i ispunjavanje zahtjeva važeće zakonske regulative iz područja zaštite okoliša),  
djelovanja s ciljem stalnog unapređivanja (korekcija grešaka utvrđenih auditom i revizijom).

Tvrtki HEP Proizvodnja d.o.o. je 27.01.2014. godine u Plominu su uručeni certifikati za sustav upravljanja okolišem prema zahtjevima već spomenute norme ISO 14001:2004 i za sustav upravljanja kvalitetom prema zahtjevima norme ISO 9001:2008 za pogone TEP 1 i TEP 2. Certificiranje prema ISO 14001:2004 jako je važno za HEP Proizvodnju, jer se ona s posebnom pozornošću mora pridržavati strogih standarda zaštite okoliša, zbog čega je stalno pod povećalom javnosti (Tomić i Bobalić, 2013.). Certifikatom se potvrđuje da su uspostavljeni funkcionalni sustavi za upravljanje okolišem, koji sadržavaju točno definirane postupke, uz nadgledanje i provođenje za to posebno obučeni stručnjaci. Negativni utjecaji svih poslovnih djelatnosti, koje mogu utjecati na okoliš, smanjuju se na najmanju moguću razinu. Certifikati obvezuju na stalno pridržavanje dostignutih standarda, što se provjerava svake godine, a nakon tri godine certifikat se obnavlja (HEP Proizvodnja d.o.o., 2015.b).

Razlozi za uvođenje SUO prema ISO 14001 jesu (HEP Proizvodnja d.o.o., 2015.b):

- briga tvrtke o okolišu (negativni utjecaji svih poslovnih djelatnosti, koje mogu utjecati na okoliš, smanjuju se na najmanju moguću razinu),
- usklađenost sa zakonskim propisima,
- pritisak zainteresiranim strana,
- marketinške mogućnosti,
- zahtjevi banaka i osiguravateljskih društava,
- smanjenje troškova,
- pristup europskim poslovnim integracijama.

Kada bi se saželi utjecaji TE Plomin na okoliš, oni se mogu mogu podijeliti na tri skupine i to na emisije u zrak kao posljedica proizvodnje električne energije iz ugljena, emisije u prirodne vode kao posljedica ispuštanja tehnoloških otpadnih voda i otjecanja oborinskih voda, te potencijalne emisije u okoliš zbog skladištenja opasnih tvari i otpada (HEP Proizvodnja d.o.o., 2013.a). Kako bi se ti utjecaji sveli na minimum, u skladu s prethodno navedenim načelima, tvarka se zalaže za (HEP Proizvodnja d.o.o., 2013.a):

- Kontinuirano praćenje i unaprjeđivanje ključnih pokazatelja procesa;
- Korištenje najboljih dostupnih tehnologija za smanjenje emisija u okoliš;
- Stalno osposobljavanje, uvježbanost i informiranje radnika i vanjskih izvođača radova u normalnim radnim uvjetima kao i potencijalno izvanrednim situacijama;
- Usmjerenost na održavanje visoke pogonske spremnosti;
- Skladištenje i odlaganje otpada u skladu sa zakonskim zahtjevima;
- Kontinuirano unaprjeđivanje sustava upravljanja kvalitetom i okolišem u skladu sa zahtjevima međunarodnih normi ISO 9001 i ISO 14001;
- Praćenje, mjerenje i izvještavanje javnosti o rezultatima upravljanja zaštitom okoliša.

#### 4.3. IZVORI ONEČIŠĆENJA I POSTOJEĆE MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA

Tablica 4-2. služi kao kratak pregled glavnih izvora onečišćenja okoliša na lokaciji TE Plomin, te osnovnih pokazatelja onečišćenja odnosno onečišćujućih tvari koje se emitiraju iz tih izvora. Navedene onečišćujuće tvari imaju određen utjecaj na zrak, tlo i vodu. U nastavku su kratko opisani glavni izvori emisija, njihovi osnovni utjecaji na okoliš i postojeće mjere zaštite od tih utjecaja.

Tablica 4-2. Pregled glavnih izvora onečišćenja okoliša i emitiranih onečišćujućih tvari na lokaciji TE Plomin (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c)

SASTAVNICA OKOLIŠA	IZVORI EMISIJA	ONEČIŠĆUJUĆE TVARI
ZRAK	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kotao TEP2</li> <li>• kotao TEP1</li> <li>• pomoćni kotao PK2 (snage 19,3 MW)</li> <li>• pomoćni kotao PK1 (snage 0,89 MW)</li> <li>• deponij ugljena</li> <li>• odlagalište pepela i šljake</li> <li>• transport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SO<sub>x</sub></li> <li>• NO<sub>x</sub></li> <li>• CO<sub>2</sub></li> <li>• CO</li> <li>• Krute čestice</li> <li>• Teški metali</li> <li>• HCL</li> <li>• HF</li> <li>• Živa</li> </ul>
VODA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• oborinska otpadna voda</li> <li>• tehnološka otpadna voda</li> <li>• sanitarna otpadna voda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biokemijska potrošnja kisika</li> <li>• Kemijska potrošnja kisika</li> <li>• Mineralna ulja</li> <li>• Suspendirana tvar</li> <li>• Krom i spojevi</li> <li>• Olovo i spojevi</li> <li>• Bakar i spojevi</li> <li>• Cink i spojevi</li> <li>• Nikal i spojevi</li> <li>• Željezo</li> <li>• Dušik</li> <li>• Masti i ulja</li> <li>• Detergenti</li> </ul>
TLO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odlagalište pepela i šljake*, gipsa i filtarskog kolača</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Čvrste čestice</li> <li>• Sumpor</li> <li>• Radionuklidi</li> <li>• Teški metali</li> </ul>

\* Vrsta i koncentracije onečišćujućih tvari u pepelu i šljaki uvelike ovise o značajkama ulazne sirovine koja se koristi termoelektrani.

#### 4.3.1. ONEČIŠĆENJE ZRAKA I MJERE ZA SMANJENJE ŠTETNIH EMISIJA

Glavne onečišćujuće tvari koje se kroz zajednički dimnjak TEP 1 i TEP 2 emitiraju u zrak su plinovi SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> koji utječu na stvaranje "kiselih kiša", te CO<sub>2</sub> čije emisije doprinose "efektu staklenika". Kao što je već spomenuto "kisele kiše" štetno djeluju na vodene ekosustave, vegetaciju, građevine, materijale i ljudsko zdravlje. Izgaranje ugljena također

je glavni izvor emisija krutih čestica. Potencijalni izvori emisija krutih čestica u zrak su transport, otvoreni deponij ugljena (slika 2-5) te odlagalište pepela, šljake i gipsa u sklopu TE Plomin. Krute čestice utječu na ljudsko zdravlje (dišne organe) ali i na biljke i vegetaciju (problem ako se u blizini nalaze poljoprivredna zemljišta).

Izvori emisija onečišćenja zraka iz TE Plomin jesu:

- kotao TE Plomin 2,
- kotao TE Plomin 1,
- pomoćni kotao PK 2 (snage 19,3 MW),
- pomoćni kotao PK 1 (snage 0,89 MW),
- deponij ugljena,
- odlagalište pepela i šljake.

Osim gore spomenutih onečišćujućih tvari, kotlovi TEP 1 i TEP 2 ispuštaju u atmosferu i CO, teške metale, HCL (klorovodična kiselina), HF (fluorovodična kiselina) i živu. Sve te onečišćujuće tvari ispuštaju i pomoćni kotlovi PK 1 i PK 2, međutim oni se ne razmatraju jer je njihova ulazna snaga manja od 50 MW a primjena *IED*-a se ne odnosi na takve uređaje, odnosno, NRT se ne razmatra za srednje uređaje za loženje. Mjerenje emisija teških metala, žive, HCl i HF prema važećoj zakonskoj regulativi nije obvezno. Fugitivna emisija čestica reda veličine  $< 25 \mu\text{m}$  svoj izvor nalazi na deponiju ugljena te odlagalištu šljake i pepela (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Mjere za spriječavanje (smanjenje) emisija u atmosferu iz gore navedenih izvora uključuju sljedeće (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.b; APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c):

- Primjenu plamenika s niskom emisijom  $\text{NO}_x$  (tzv. *low NO<sub>x</sub>* plamenici) u TEP 2, čija je učinkovitost 50 %;
- Primjenu elektrostatičkog taložnika (EST, eng. *ESP*) u TEP 2, koji služi za smanjenje emisije krutih čestica. Za referentne uvjete (najnepovoljniji ugljen za rad elektrostatičkog taložnika) proizvođač garantira stupanj uklanjanja čestica od 99,5 %. Osim smanjenja emisije krutih čestica elektrostatički taložnici smanjuju emisiju teških metala i žive u zrak, koji su sadržani u lebdećem pepelu;
- Primjenu uređaja za odsumporavanje (mokri kolektor ili tzv. "mokri skraber") u TEP 2. Učinkovitost odsumporavanja uređaja (izdvajanja  $\text{SO}_x$  iz dimnog plina) je

od 93 % do 97 %. Osim smanjenja emisije SO<sub>x</sub>, njime se smanjuju emisije HCL, HF, krutih čestica, prašine, teških metala i žive;

- Primjenu elektrostatičkog taložnika u TEP 1; Za referentne uvjete (najnepovoljniji ugljen) proizvođač također garantira stupanj uklanjanja čestica od 99,5 %.
- Prskanje otvorenog odlagališta ugljena, čime se smanjuje emisija čestica s odlagališta;
- Vlaženje pri transportu, prskanje aktivnog dijela odlagališta te naposljetku prekrivanje i zatvaranje neaktivnog dijela odlagališta šljake i pepela, čime se smanjuje emisija čestica sa odlagališta.

TE Plomin 1 ima ugrađen elektrostatički taložnik koji je rekonstruiran 1999. godine kada je termoelektrana prešla na uvozni ugljen. S time je postignuto smanjenje emisije krutih čestica, teških metala i žive u zrak (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.b). TE Plomin 2 također ugrađen pločasti elektrostatički taložnik (slika 4-10.).

NRT kojima je moguće postići razine emisija lebdećih čestica ispod propisanih graničnih vrijednosti (GVE) smatra se elektrostatički taložnik, kojeg posjeduju TEP 1 i TEP 2 te vrećasti filter, pogotovo u kombinaciji s nekim od mokrih postupaka odsumporavanja koji iz otpadnih plinova osim plinova uklanjaju i krute čestice. Pri tome je primarni zadatak elektrostatičkih taložnika i vrećastih filtara uklanjanje krutih čestica sitnijih od 10 μm. Za uklanjanje krupnijih čestica kao uređaji za prethodno čišćenje mogu se primjeniti aerocikloni ili gravitacijski taložnici (iako se oni sami ne smatraju NRT-om). Kombinacija elektrostatičkog taložnika i uređaja za mokro odsumporavanje dimnih plinova (mokrog kolektora) primjenjuje se u TEP 2.

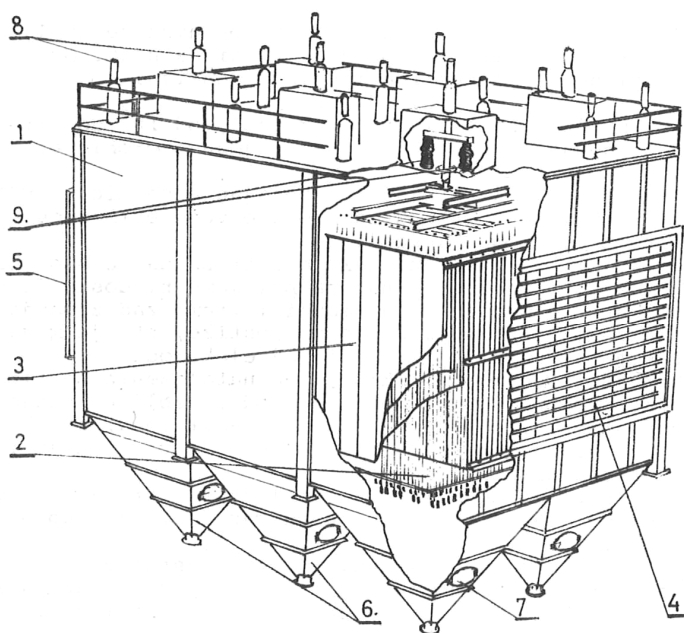
Elektrostatički taložnici koriste električna svojstva čestica za njihovo izdvajanje iz zračne struje ili otpadnog plina. Čestice koje se nalaze u onečišćenoj zračnoj struji (otpadnom plinu) moraju poprimiti električni naboj, a da bi se to postiglo, plin mora proći kroz električno polje koje nastaje između dvije elektrode. Elektrostatički taložnik može imati jednu ili više komora. Kroz svaku komoru otpadni plinovi struje duž više paralelnih ploča (kolektorskih elektroda) između kojih su smještene ionizacijske (aktivne) elektrode. Pod djelovanjem električnog polja visokog napona (višeg od 30 kV) dolazi do izbijanja elektrona iz ionizacijske elektrode (pojave korone). Izbijeni elektroni sudaraju se s

molekulama plina i ioniziraju ih, a ionizirane molekule gibaju se prema pozitivno nabijenoj kolektorskoj elektrodi i na tom putu negativno nabijaju čestice prašine (lebdećeg pepela). Negativno nabijene čestice privučene su prema kolektorskoj elektrodi gdje se talože. Ionizacijska elektroda obično ima negativni naboj, a kolektorska elektroda uvijek ima suprotan naboj od ionizacijske. Kolektorska elektroda je uzemljena jer je uređaj visokonaponski pa to sprječava iskrenje između elektroda i ostalih vodiča koji okružuju uređaj (uzemljenje štiti uređaj i ljude u blizini). Nataložena prašina se periodički otesa s kolektorskih elektroda pomoću elektromagnetskog ili mehaničkog uređaja za potresanje te pada u bunkere (skupljače) na dnu uređaja, od kuda se transportira u silos (Bedeković, 2010.; Sobota, 2012).

Kod otesanja s kolektorske elektrode najsitnije čestice prašine ne padaju na dno uređaja već bivaju odnesene strujom otpanih plinova. Stoga klasični elektrostatički taložnik može ukloniti tek 99 % čestica veličine između 1  $\mu\text{m}$  i 10  $\mu\text{m}$ , dok je uobičajena veličina krutih čestica između 0,01  $\mu\text{m}$  i 100  $\mu\text{m}$ . Mehanizam nabijanja čestica manjih od 0,1  $\mu\text{m}$  je pretežito difuzni (ionska difuzija), dok se čestice veće od 1,0  $\mu\text{m}$  električki nabijaju pretežito sudaranjem s ionima plinova. Oba mehanizma nabijanja su ograničenih mogućnosti za čestice veličina 0,1  $\mu\text{m}$  do 1,0  $\mu\text{m}$  te je efikasnost u ovom slučaju niska. Reemisija malih čestica kod otesanja kolektorskih elektroda i niska efikasnost u nabijanju čestica prašine veličine između 0,1  $\mu\text{m}$  i 1,0  $\mu\text{m}$ , razlog su zašto proizvođači elektrostatičkih taložnika kod najnepovoljnijih uvjeta mogu garantirati stupanj uklanjanja prašine u iznosu od približno 99,5 % do 99,6 % (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.b).

TEP 2 za smanjenje emisija  $\text{NO}_x$  koristi niskoemisijske (*low NO<sub>x</sub>*) plamenike. Ti plamenici se svrstavaju u primarne mjere najbolje raspoloživih tehnologija te u kombinaciji sa sekundarnim mjerama poput postupka selektivne katalitičke redukcije (*SCR* ili tzv. *DeNO<sub>x</sub>*) je NRT kojima je kod moguće postići smanjenje emisije do propisanih GVE za velika termoenergetska postrojenja poput TE Plomin. Radi se o plamenicima koji imaju veće otpore strujanja nego klasični plamenici. Zbog većih otpora ponekad je nužna izgradnja novih ventilatora zraka. *Low NO<sub>x</sub>* plamenici složeniji su u radu ali i za održavanje te može doći do pojačane korozije ekranskih cijevi i pojačanog zašljakivanja. Prednost mu je, osim smanjenja emisije  $\text{NO}_x$ , povećanje učinkovitosti energije (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.a).





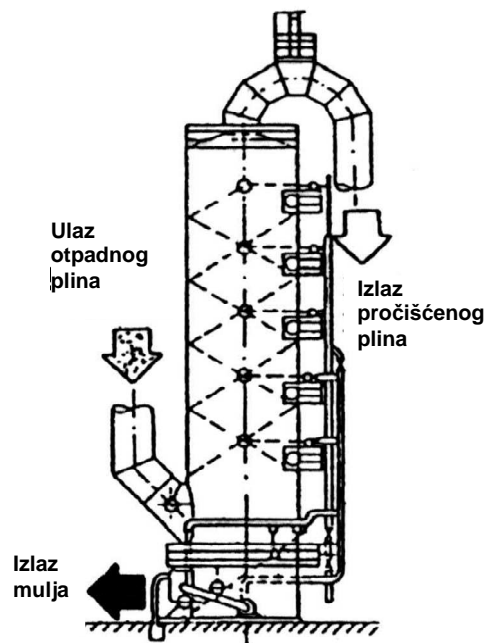
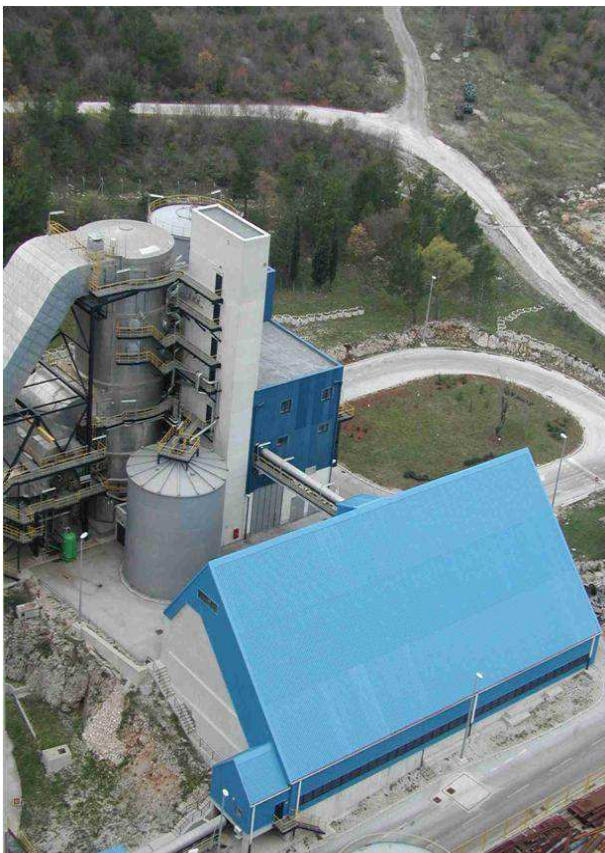
- 1 – komora
- 2 – ionizacijske, aktivne elektrode (žice)
- 3 – kolektorske, pasivne elektrode (ploče)
- 4 – otvor za dovod otpadnog (dimnog) plina s rešetkom za usmjeravanje
- 5 – otvor za odvod pročišćenog zraka
- 6 – skupljač izdvojenih čestica
- 7 – kontrolna vrata
- 8 – uređaj za potresanje

Slika 4-10. Pločasti elektrostatički taložnik: (a) glavni dijelovi i (b) unutrašnjost elektrostatičkog filtra TEP 2 (u prvom planu uređaj za mehaničko otresanje kolektorskih elektroda) (HEP Proizvodnja d.o.o., 2011)

Što se tiče emisije  $SO_x$  u zrak, općenito za velika termoenergetska postrojenja, smatra se da je najpovoljnija mjera odnosno NRT za smanjenje  $SO_2$  korištenje goriva s niskim sadržajem sumpora kao primarna mjera i/ili odsumporavanje dimnog plina (eng. *Flue Gas Desulphurization - FGD*, tzv.  $DeSO_x$ ) kao sekundarna mjera. Osim što se u TE Plomin koristi ugljen sa niskim sadržajem sumpora, kao sekundarna mjera za smanjenje emisija  $SO_2$  koristi se uređaj za odsumporavanje otpadnih plinova prikazan na slici 4-11. Nakon što se onečišćeni dimni plinovi pročiste u elektrostatičkom taložniku odlaze na daljnje pročišćavanje u postrojenje za odsumporavanje. To je jedini takav uređaj u Hrvatskoj. Primjenjuje se mokri postupak *IFO (Insitu Forced Oxidation)*, te uz maksimalni kapacitet u postupku odsumporavanja proizvodnja gipsa iznosi 6,9 t/h a potrošnja vaprenca 4 t/h. Učinkovitost odsumporavanja uređaja je od 93 % do 97 % (Vukelić, 2013.).

U postrojenju za odsumporavanje dimnih plinova odvija se sljedeći proces: Struja dimnih plinova ulazi u apsorber, diže se i pere u protustruji kapljica finoraspršene suspenzije

vapnenca, koja se u apsorber ušpricava s više razina.  $\text{SO}_2$  koji se pomoću suspenzije vapnenca apsorbira iz dimnog plina (pri 100 % zahvaćanju dimnih plinova), reagira u apsorberu s kalcij karbonatom suspenzije u kalcijev sulfat ( $\text{CaSO}_3$ ) a zatim oksidacijom uz dodavanje zraka (pomoću jednog ventilatora) u kalcijev sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ). Pri tome se iz dimnog plina izdvajaju i druge popratne tvari kao što su pepeo,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{HCl}$  i  $\text{HF}$ , uz istovremeno stvaranje gisa kao glavnog nusproizvoda ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Pročišćeni dimni plin struji kroz dva horizontalno postavljena eliminatora (odjeljivača) kapljica u gornjem dijelu uređaja, a zatim pri temperaturi od  $90\text{ }^\circ\text{C}$  ulazi u dimnjak i odlazi u atmosferu. Učinkovitost odsumporavanja je viša od 95 %. Djelotvoran kontakt plina i tekućine postiže se raspršivanjem suspenzije pomoću više prskajućih sapnica na četiri razine, postavljene jedna iznad druge. Svaka razina prskanja suspenzije povezana je s posebnom crpkom koja suspenziju potiskuje nagore u apsorber. Broj crpki ovisi o sadržaju  $\text{SO}_x$  u dimnim plinovima koji pak ovisi o opterećenju kotla i o sadržaju sumpora u ugljenu. Nakon što se suspenzija vapnenca u apsorberu pretvorila u gips, crpi se pomoću odvodne crpke ka stanici za odvodnjavanje (AE&E, n.g.).



Slika 4-11. Postrojenje za odsumporavanje dimnih plinova (DeSO<sub>x</sub>) TEP 2 (Vukelić, 2013.)

Gips se kao finalni proizvod odvozi u Holcim gdje se koristi kao sekundarna sirovina pri proizvodnji cementa. U slučaju da Holcim ne može preuzeti sav gips koji je proizvede u TE Plomin, gips se zbrinjava na predviđenom odlagalištu na lokaciji termoelektrane (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 20120.a).

#### 4.3.2. ONEČIŠĆENJE POVRŠINSKIH VODA I OBRADA OTPADNIH VODA

Plominski zaljev je mjesto u koje se ispuštaju onečišćene vode zbog rada TE Plomin. Otpadne vode iz TE Plomin se ispuštaju u vodotok Čepić kanal odnosno Boljunčicu koja se uljeva u Plominski zaljev, zatim u vodotok Bišac koji se također uljeva u more te dio otpadnih voda koje se ispuštaju izravno u more Plominskog zaljeva. Direktno u obalno more plominskog zaljeva ispuštaju se oborinske vode s pristaništa brodova i platoa (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Onečišćene vode iz TE Plomin mogu se podijeliti u tri kategorije:

- oborinske otpadne vode,
- tehnološke otpadne vode,
- sanitarne otpadne vode.

Oborinske otpadne vode nastaju prikupljanjem oborina s ceste i parkirališta, krova ispred strojarnice, krova strojarnice, područja kotla, područja istakališta goriva i dimnjaka, s površina oko glavnih transformatora i dizel agregata. Otpadne vode mogu biti zauljene te se takve oslobađaju od zauljenosti u prikladnom separatoru. Nakon što su takve vode obrađene gravitacijski se odvede u kanal Čepić. Oborinske vode s deponija ugljena i odlagališta pepela i šljake prikupljaju se u taložniku iz kojeg se voda nakon taloženja ispušta u vodotok Bišac i dalje u obalno more (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Tehnološke vode nastaju u toku regeneracije ionskih filtera i odvede se na obradu u odgovarajući neutralizacijski bazen. Također, i ove se otpadne vode nakon obrade ispuštaju u kanal Čepić. Poseban tip tehnoloških otpadnih voda čine otpadne rashladne vode. Ovaj sustav čine dva odvojena podsustava tehnološke vode i rashladne morske vode. Kotlovske vode čine tehnološke otpadne vode pomoćnog kotla, otpadne vode od pranja regenerativnih zagrijača zraka, od vlaženja mlinova, kondenzat s područja kotla, iz jame bunkerskog trakta, i dr. Ove otpadne vode vrlo su neujednačene po kakvoći i količini

(ovisno o vrsti ugljena mogu biti kisele ili lužnate) te se skupljaju u bazenu volumena 1200 m<sup>3</sup> (godišnja količina sakupljene vode iznosi otprilike 240 000 m<sup>3</sup>) koji služi za izjednačavanje otpadnih voda tako da proces pročišćivanja bude uniformiran (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Utjecaj otpadnih rashladnih voda na okoliš se prvenstveno u povišenju prirodne temperature vodenog ekosustava (u ovom slučaju Plominskog zaljeva) uslijed miješanja ispuštene, u kondenzatoru zagrijane, rashladne vode s vodom osnovnog toka mora. Prekomjerno toplinsko opterećenje može, uslijed pogoršanja kvalitete mora (u prvom redu zbog smanjenja sadržaja otopljenog kisika), bitno izmjeniti vodenu životnu sredinu. Temperature više od uobičajenih, osobito tijekom ljetnih mjeseci, ubrzavaju sve životne funkcije vodenih organizama, mogu uzrokovati povećanu osjetljivost organizama na bolesti, trovanja, smanjenu sposobnost razmnožavanja, opstanka i sl. Takva promjena može dovesti do eliminacije neke vrste u prehrambenom lancu čime se mijenja ekološka ravnoteža. Tri su osnovna pokazatelja eventualnog pogoršanja kvalitete vode uslijed toplinskog opterećenja: temperatura vode, sadržaj otopljenog kisika i biološka potreba za kisikom. Prekomjerno ispuštanje raznih spojeva, kemikalija, ulja i slično djeluje otrovno na život u moru te može doći do promjene flore i faune izvornog morskog krajolika (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Tehnološke otpadne vode također nastaju pri procesu odsumporavanja dimnih plinova gdje nastaju kao optočna voda pogona za odsumporavanje dimnih plinova. Ove otpadne vode se ne miješaju sa ostalim otpadnim vodama već se zasebno odvođe od mjesta nastajanja preko obrade do ispuštanja. Ove otpadne vode opterećene su ostacima gipsa i vapna koji su teško topivi i brzo taloživi. Proces pročišćavanja obuhvaća prvo neutralizaciju, nakon čega otpadna voda odlazi u spremnik za podešavanje pH i doziranje sredstva za izdvajanje žive, a zatim u spremnik za flokulaciju gdje se dodavanjem flokulanta (polimeri) postiže aglomeracija sitnih čestica što omogućava njihovo brže taloženje. Iz spremnika za flokulaciju, voda odlazi u taložnik (zgušnjivač) u kojem pahulje (flokule) krutih čestica pod djelovanjem gravitacije padaju prema dnu gdje se skupljaju u obliku zgusnutog mulja. Zgusnuti mulj se putem pumpe i cjevovoda odvodi u spremnik za mulj, a pročišćena voda u obliku preljeva taložnika preko preljevnog žlijeba u spremnik za regulaciju pH vrijednosti. Nakon regulacije pH, voda se filtrira kroz pješčani filter i ispušta u Čepić kanal (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Prema tome, oborinske otpadne vode prije ispuštanja u površinske vode prolaze kroz separator masti i ulja, tehnološke otpadne vode tretiraju se neutralizacijom, koagulacijom, flokulacijom i filtracijom, dok sanitarne otpadna vode prolaze kroz biološko pročišćavanje. Drenažne otpadne vode sa parkirališnih i travnatih površina nisu podvrgnute nikakvom tretmanu, a odvođe se povremeno u Čepić kanal (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

U tablici 4-3 prikazani su tipični pokazatelji onečišćenja (onečišćujuće tvari) ovisno o kategoriji otpadnih voda.

Tablica 4-3. Pokazatelji onečišćenja otpadnih voda (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c)

Otpadne vode	Pokazatelj/ Onečišćujuća tvar
Oborinske	<ul style="list-style-type: none"> <li>• biokemijska potrošnja kisika</li> <li>• kemijska potrošnja kisika</li> <li>• mineralna ulja</li> <li>• suspendirane tvari</li> </ul>
Tehnološke	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH-vrijednost</li> <li>• temperatura</li> <li>• biokemijska potrošnja kisika</li> <li>• kemijska potrošnja kisika</li> <li>• mineralna ulja</li> <li>• lakohlapljivi aromatski ugljikovodici</li> <li>• fenoli</li> <li>• suspendirane tvari</li> <li>• krom i spojevi</li> <li>• olovo i spojevi</li> <li>• bakar i spojevi</li> <li>• cink i spojevi</li> <li>• nikal i spojevi</li> <li>• željezo</li> <li>• arsen, kadmij, živa, fluoridi i dr.</li> </ul>
Sanitarne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• biokemijska potrošnja kisika</li> <li>• kemijska potrošnja kisika</li> <li>• suspendirana tvar</li> <li>• masti i ulja</li> <li>• dušik</li> <li>• detergentski</li> </ul>

*Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda* (NN br. 80/2013, 43/2014, 27/2015) propisane su granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u tehnološkim otpadnim vodama prije njihovog ispuštanja u površinske vode, sustav javne odvodnje, septičke ili sabirne jame, kriteriji i uvjeti prikupljanja, pročišćavanja i ispuštanja otpadnih voda, metodologija uzorkovanja i ispitivanja sastava otpadnih voda, učestalost uzorkovanja i ispitivanja, i dr. Istim *Pravilnikom* posebno su propisane GVE onečišćujućih tvari u otpadnim vodama iz termoenergetskih postrojenja u kojima se koriste konvencionalna goriva (ugljen, biomasa, tekuća i plinska goriva).

Prema *Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda*, prilikom ispuštanja otpadnih voda iz objekata i postrojenja za proizvodnju toplinske i električne energije potrebno je provoditi slijedeće mjere zaštite voda:

- sve tehnološke otpadne vode (od kemijske pripreme vode, mokrih postupaka odsumporavanja, kemijskog čišćenja i pranja, kotlovske vode i dr.) potrebno je pročititi jednim od raspoloživih fizikalno-kemijskih postupaka pročišćavanja (sedimentacija, neutralizacija, flokulacija, filtriranje, ionska izmjena i dr.),
- najboljim raspoloživim tehnologijama (NRT) potrebno je rashladne otpadne vode (s kontinuiranim i diskontinuiranim ispuštanjem) dovesti u stanje koje osigurava da se ne prekorače propisane granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari i/ili topline prijemnika,
- sve opasne i štetne tvari te opasne otpadne tvari, koje se skladište na lokaciji, potrebno je skladištiti na izoliranim vodonepropusnim površinama (po mogućnosti natkrivenim) sa zasebnim sustavom odvodnje i pročišćavanja onečišćenih oborinskih voda,
- sve spremnike tekućih goriva, koji nisu osigurani prihvatnim tankvanama s pripadajućim odvodnim sustavom i uređajima za pročišćavanje otpadnih voda, potrebno je opremiti sustavom automatske dojava procurivanja,
- način zahvaćanja voda izvesti tako da se spriječi povlačenje vodenih organizama,
- ispušt rashladnih voda kod protočnog hlađenja konstruirati na način da je isti postavljen jedan metar ispod najniže izmjerene razine vode vodotoka,
- kod odabira rashladne opreme primjenjivati materijal otporniji na koroziju,
- kod obrade rashladne vode primjeniti alternativne, a ne kemijske načine obrade rashladnih voda,
- koristiti aditive za rashladnu vodu koji imaju manji utjecaj na okoliš te pratiti primjenu

- (doziranje) aditiva za rashladnu vodu,
- ostale posebne mjere sukladne najboljim raspoloživim tehnologijama.

U Prilogu 16. *Pravilnika o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda* (NN br. 80/2013, 43/2014, 27/2015) propisane su GVE pojedinih onečišćujućih tvari koje se u okoliš unose putem procjednih voda iz odlagališta neopasnog otpada.

#### 4.3.3. ODLAGALIŠTE PEPELA, ŠLJAKE I GIPSA

Većina krutih ostataka nakon izgaranja ugljena, odnosno obrade otpadnih voda koriste se u tvornici cementa kao mineralni dodaci (sekundarna sirovina) u procesu proizvodnje miješanih portland cemenata različite kakvoće, tako da u redovitom radu termoelektrane nema deponiranja u tlo. TEP 1 i TEP 2 imaju zajednički sustav zbrinjavanja pepela i šljake, gipsa iz postrojenja za odsumporavanje dimnih plinova i filtarskog kolača iz postrojenja za obradu otpadnih voda (tzv. "ARA kolač") te se ti nusproizvodi odvoze u tvornicu cementa Holcim (Hrvatska) d.o.o. u Koromačnom, koja je ovlaštena za gospodarenje neopasnim otpadom. Šljaka se dodaje osnovnoj sirovini na ulazu u drobilicu te naknadno u peći ugrađuje u cementni klinker, a umjetni otpadni gips i leteći pepeo dodaju se klinkeru na ulazu u mlin, pri čemu umjetni gips koristi kao 100 %-tna zamjena za prirodni sirovi gips. Pepeo, šljaka, gips i ARA kolač odlažu se samo u slučaju kada obrađivač otpada ne može prihvatiti kompletnu količinu za ugrađivanje u cementni klinker kao sekundarne sirovine (obično kod godišnjeg remonta cementare). Dakle, bez obzira na legalnu mogućnost deponiranja, većina ostalih materijala prodaju se u građevinskoj industriji (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.a, 2012.c).

Odlagalište pepela, šljake, gipsa i filtarskog kolača TE Plomin spada u kategoriju odlagališta neopasnog otpada, odnosno na odlagalištu se odlaže isključivo otpad koji prema analizi spada u neopasni tehnološki otpad. Postojeće odlagalište je u potpunosti sanirano što znači da su već deponirane količine pepela osigurane od procjednih oborinskih voda nepropusnom folijom, a dotok oborinskih voda s okolnih padina spriječen je izgrađenim odvodnim kanalima po obodu odlagališta. Odlagalište je zatravljeno, odnosno prekrivo slojem humusa na kojem je posijana trava (slika 4-12.) (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Novi dio odlagališta je uređena ploha na slobodnom prostoru između zaštitnog nasipa s južne strane, saniranog postojećeg odlagališta i istočnog bloka usjeka. Na pripremljenu i uvaljanu podlogu postavljen je bentonitni tepih koji je položena geomreža, a preko koje je položen zemljani materijal debljine od 40 cm do 60 cm na dnu odlagališta (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Uslijed gospodarskih okolnosti i poremećaja na tržištu građevinskih materijala pojavljuje se diskontinuitet otpreme proizvodnog otpada od izgaranja ugljena te se od 2009. godine povećava udio neopasnog otpada koji završava na odlagalištu umjesto u građevinskoj industriji iako je predviđeno da se 30 % neopasnog otpada odlaže, a 70 % plasira u industriju građevinskog materijala (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

TE Plomin je 2013. godine unaprijedio sustav odlaganja pepela na lokaciji TE Plomina te takav poboljšani sustav odlaganja pepela onemogućava emisiju prašine. Novim sustavom pepeo se prethodno miješa s vodom, pri čemu nastaje gusta pasta (sa sadržajem vode 20 % do 25 %) i takva pastozna mješavina pepela i vode se, pomoću hidraulične klipne crpke i transportnog cjevovoda, odvodi do mjesta odlaganja. Osim što se sprječava emisiju prašine, za takav način odlaganja potrebna je značajno manja radna površina odlagališta, budući da za naguravanje pepela više nisu potrebni građevinski strojevi, a za trećinu se smanjuje i volumen pepela koji se odlaže. Upotrebom nove "mokre" tehnologije, vlaga se u pepelu zadržava približno sedam dana, a odlaganjem pepela u slojevima svakodnevno ili svakih nekoliko dana, osigurava se da gornja površina deponiranog pepela bude stalno kompaktna i da se ne može stvarati prašina. Ako bi iz bilo kojeg razloga nastao dulji zastoj odlaganja mokrim načinom, provodi se dodatno vlaženje površine. U slučaju potrebe, slobodna površina odloženog pepela mokrim načinom može se pokriti i tzv. geopokrivačima, koji sprječavaju površinsku eroziju. Pri završnoj visini odlaganja, pepeo se pokriva završnim slojem zemlje, na kojem se sije trava (Afirev, 2014.).

Gips se u Plominu privremeno skladišti u natkrivenom spremištu kapaciteta 3150 m<sup>3</sup> (slika 4-13.), dovoljnom za prihvatanje dvadesetodnevnog proizvodnje (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.b).

Tijekom rada TEP 1 i TEP 2 nije zabilježen i ne očekuje se negativan utjecaj na kvalitetu tla na lokaciji elektrane i oko nje (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).





Slika 4-12. Sanirano odlagalište pepela, šljake i gipsa (Vukelić, 2013.)



Slika 4-13. Skladište gipsa TE Plomin (Vukelić, 2013.)

#### 4.3.4. BUKA, VIBRACIJA I IONIZIRAJUĆE ZRAČENJE

U TE Plomin također postoje određeni izvori emisije buke, vibracija i ionizirajućeg zračenja. Izvori buke u TE Plomin se mogu podijeliti na površinske i linijske.

Površinski izvor buke iz TE Plomin čine:

- kotao TEP 1 i kotao TEP 2,
- postrojenje za odsumporavanje,
- strojarnica i bunkerski prostor TEP 1 i TEP 2,
- kotlovnica Plomin 1 i Plomin 2,
- elektrostatički taložnici,
- rasklopno postrojenje 220 kV,
- rasklopno postrojenje 110 kV.

Linijski izvori buke iz TE Plomin:

- transportna traka pristaništa u luci,
- transportna traka deponija,
- transportne trake TEP 1 i TEP2.

Mjerenje razine buke na lokaciji TE Plomin provedeno je 2007. godine. Buka je mjerena na 14 mjernih točaka od čega je 10 bilo duž granice industrijske zone, te 4 ispred bukom najugroženijih stambenih objekata (tablica 4-4.). Mjerenja buke provedena su noću i to (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c):

- pri radu oba bloka termoelektrane (radni uvjeti UV 1),
- prilikom transporta s broda do deponija, pri čemu su nesmetano radili oba bloka termoelektrane (radni uvjeti UV 2).

TE Plomin se nalazi unutar područja gospodarske namjene (prema Prostornom planu općine Kršan). Sa sjeverne, zapadne i južne strane od elektrane nalaze se površine koje su namjenjene poljoprivrednim aktivnostima. Razina buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave smještena su u zoni mješovite, pretežito stambene namjene za koju najviše dopuštene razine buke iznose 55 dB(A) danju odnosno 45 dB(A) noću (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Tablica 4-4. Izmjerene razine buke u promatranim područjima (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c)

Broj lokacije	Lokacija mjerenja	Noću (UV1)		Noću (UV2)	
		Najviša dopuštena vrijednost dB	Izmjerena vrijednost dB	Najviša dopuštena vrijednost dB	Izmjerena vrijednost dB
1	Sjeverno od transportera ugljena za TE, u neposrednoj blizini stambenog objekta Plomin Luka 42.	45	<b>50,7</b>	45	<b>53,0</b>
2	Na 4 m udaljenosti ispred sjeverne fasade stambenog objekta Plomin Luka 42, smještenog južno od transportera ugljena za TE.	45	<b>49,1</b>	45	<b>56,4</b>
3	Uz sjeverni rub ceste prema pristanu, u neposrednoj blizini stambenog objekta Plomin Luka 46.	45	<b>50,8</b>	45	<b>55,2</b>
4	Oko 5 m udaljenosti ispred zapadne fasade stambenog objekta Plomin Luka 49.	45	<b>50,5</b>	45	<b>57,9</b>
5	Na mostu nad odvodnim kanalom rashladne vode.	45	<b>56,6</b>	-	-
6	Na raskršću ceste prema Plomin Luci i ceste prema naselju Klavar.	45	<b>50,6</b>	-	-
7	Na zapadnom rubu lokalne ceste prema Plomin Luci, istočno od rasklopišta TE.	45	<b>52,5</b>	-	-
8	Jugozapadno uz raskršće lokalnih cesta prema Plomin Luci i Malini (mjestu gdje dominira buka postrojenja).	45	<b>54,3</b>	-	-
9	Uz južni rub ceste duž sjeverne granice posjeda termoelektrane, nasuprot rasklopišta.	45	<b>55,2</b>	-	-
10	Na krajnjoj sjevernoj granici posjeda TE Plomin 1 (mjestu gdje dominira buka postrojenja).	45	<b>53,8</b>	-	-
A	Na pješačkoj stazi južno ispred stambenog objekta Plomin Luka 30 (naselje Plomin Luka).	45	<b>46,1</b>	45	<b>49,2</b>
B	4 m jugozapadno od stambenog objekta Plomin Luka 76 (naselje Malini).	45	<b>50,0</b>	45	<b>54,2</b>
C	4 m ispred južne fasade stambenog objekta Plomin Luka 101 (naselje Ivanići).	45	<b>49,8</b>	45	<b>53,5</b>
D	4 m ispred zapadne fasade stambenog objekta Plomin 26 smještenog na jugozapadnom rubu starog grada Plomina, iznad Plominskog zaljeva.	45	<b>44,0</b>	45	<b>47,2</b>

Emisije koje se odnose na vibracije pri radu strojeva na lokaciji TE Plomin se ne mjere. Prisutnost vibracija uzrokovana je velikim rotacijskim strojevima ali te se vibracije na prenose na okoliš pa shodno tome nema potrebe za mjerenjem vibracija na lokaciji (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Ugljen može biti izvor radioaktivnosti zbog toga što svi ugljeni sadrže prirodnu radioaktivnost. Izgranjem ugljena u termoelektrani prirodna radioaktivnost prisutna u ugljenu koncentrira se u čvrstim ostacima izgaranja, pepelu i šljaki (više od 90 %), a manjim dijelom izlazi kroz dimnjak (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Za proizvodnju električne energije termoelektrana je do početka devedesetih godina koristila domaći ugljem s visokim postotkom sumpora (do 10 %) i povišenom prirodnom radioaktivnosti. Budući da su domaći ugljenokopi zatvoreni, posljednih se godina za rad termoelektrane rabe samo ugljeni iz izvoza, s malim udjelom sumpora (oko 1 %) i niskom prirodnom radioaktivnosti. U razdoblju uporabe domaćih ugljena sav se otpad nakon izgaranja odlagao na odlagalište. Neposredno uz samu termoelektranu, na površini od približno 120 000 m<sup>2</sup> akumulirano oko milijun tona šljake i pepela. Odlagani je materijal sadržavao relativno visoku aktivnost prirodnih radionuklida. U to se vrijeme pepeo i šljaka nisu rabili u građevinarstvu, budući da koncentracije prirodnih radionuklida nisu zadovoljavale zakonske uvjete za građevinske materijale, pa se sve odvozilo na odlagalište (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

Veliki problem na odlagalištu bio je utjecaj vjetra i posljedično rasipanje i raspršivanje pepela i šljake te njihovo raznošenje oborinama. Sredinom 1980-ih počelo je prekrivanje dijelova odlagališta zemljom (oko 60 cm zemlje i više) i ti se dijelovi odlagališta više nisu nasipavali pepelom. Krajem 1990-ih počela je stručna sanacija nakon koje je uočen pad koncentracije radionuklida što upućuje na učinkovitost sanacije, odnosno upućuje na to da je utjecaj tehnološki povišene prirodne radioaktivnosti na odlagalištu sveden na vrijednost prirodne radioaktivnosti u tlima. Zbog povoljnog odnosa i koncentracije prirodnih radionuklida u ugljenima koji se danas rabe u termoelektrani, sav je otpad prikladan za uporabu u graditeljstvu, u cementnoj industriji, budući da izmjerene koncentracije prirodnih radionuklida zadovoljavaju zakonske odredbe (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c).

#### 4.4. PROGRAM PRAĆENJA EMISIJA I STANJA OKOLIŠA

Svaka elektrana ima svoj sustav mjerenja emisija u zrak. Oprema za kontinuirano mjerenje emisija TEP 1 ugrađena je na kanalu dimnih plinova, neposredno prije ulaska u glavni dimnjak, točnije nakon spajanja lijevog i desnog dimovodnog kanala elektrofiltera (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c). U dimovodnom kanalu TEP 1 i TEP 2 kontinuirano se mjere (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c):

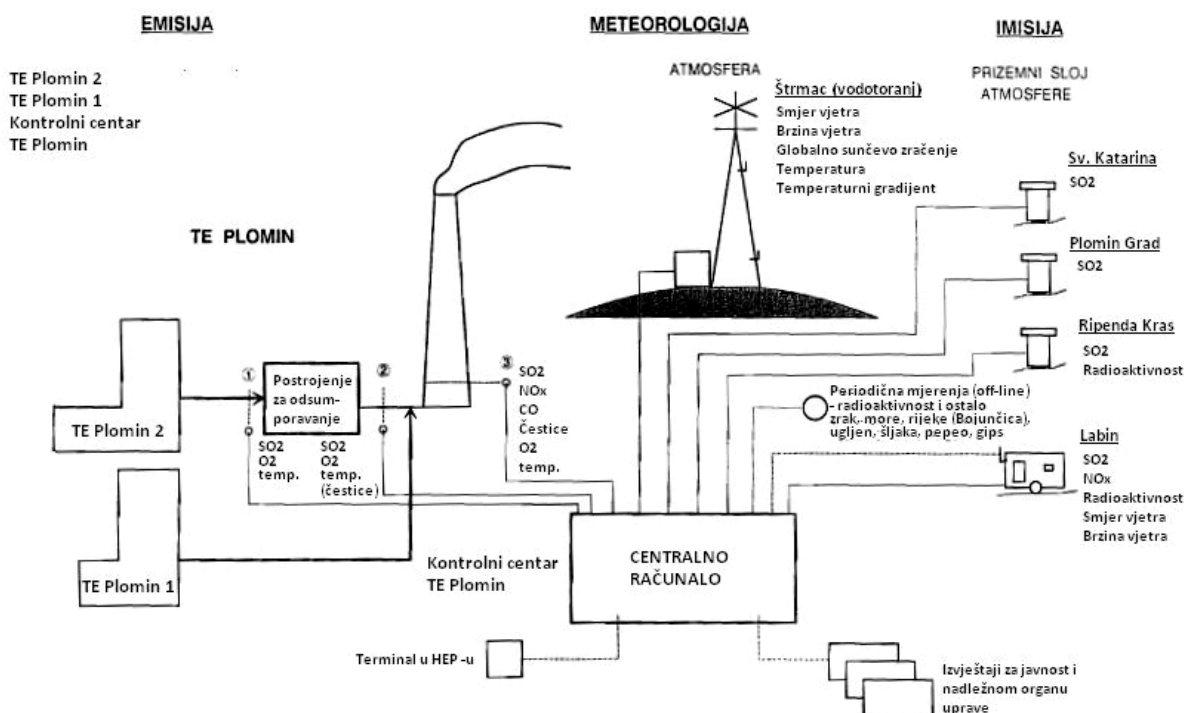
- krute čestice,
- ugljikov monoksid (CO),
- volumni udio kisika (O<sub>2</sub>),
- oksidi dušika izraženi kao NO<sub>2</sub>,
- oksidi sumpora izraženi kao SO<sub>2</sub>,
- protok dimnih plinova i
- temperatura dimnih plinova.

Mjerenje teških metala obavlja se povremeno, odnosno jednom godišnje do jednom u tri godine (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c). Krute čestice se mjere pomoću optičkog instrumenta koji radi na principu prolaska zrake svjetlosti kroz dimne plinove gdje se djelomično rasprši i apsorbira na česticama prašine. Za mjerenje plinovitih onečišćujućih tvari (CO, NO<sub>x</sub> i SO<sub>2</sub>) instalirani su također optički instrumenti koji mjere smanjenje inteziteta svjetlosti na različitim valnim duljinama. Za O<sub>2</sub> koristi se elektrolitska sonda sa cirkonij-dioksidom. Zr-sonda, zagrijana na temperaturu veću od 650 °C inducira istosmjerni napon proporcionalan koncentraciji O<sub>2</sub>. Za mjerenje protoka dimnih plinova koristi se ultrazvučna metoda, bazirana na mjerenju vremena potrebnog da ultrazvuk prijeđe poznati put. Ultrazvuk se emitira pod određenim kutom obzirom na smjer strujanja dimnih plinova. Ovisno o kutu postavljanja i brzini strujanja dimnih plinova razlikovati će se brzina ultrazvuka koji se širi u smjeru strujanja i obrnuto od smjera strujanja dimnih plinova (HEP-Proizvodnja d.o.o., 2013.b).

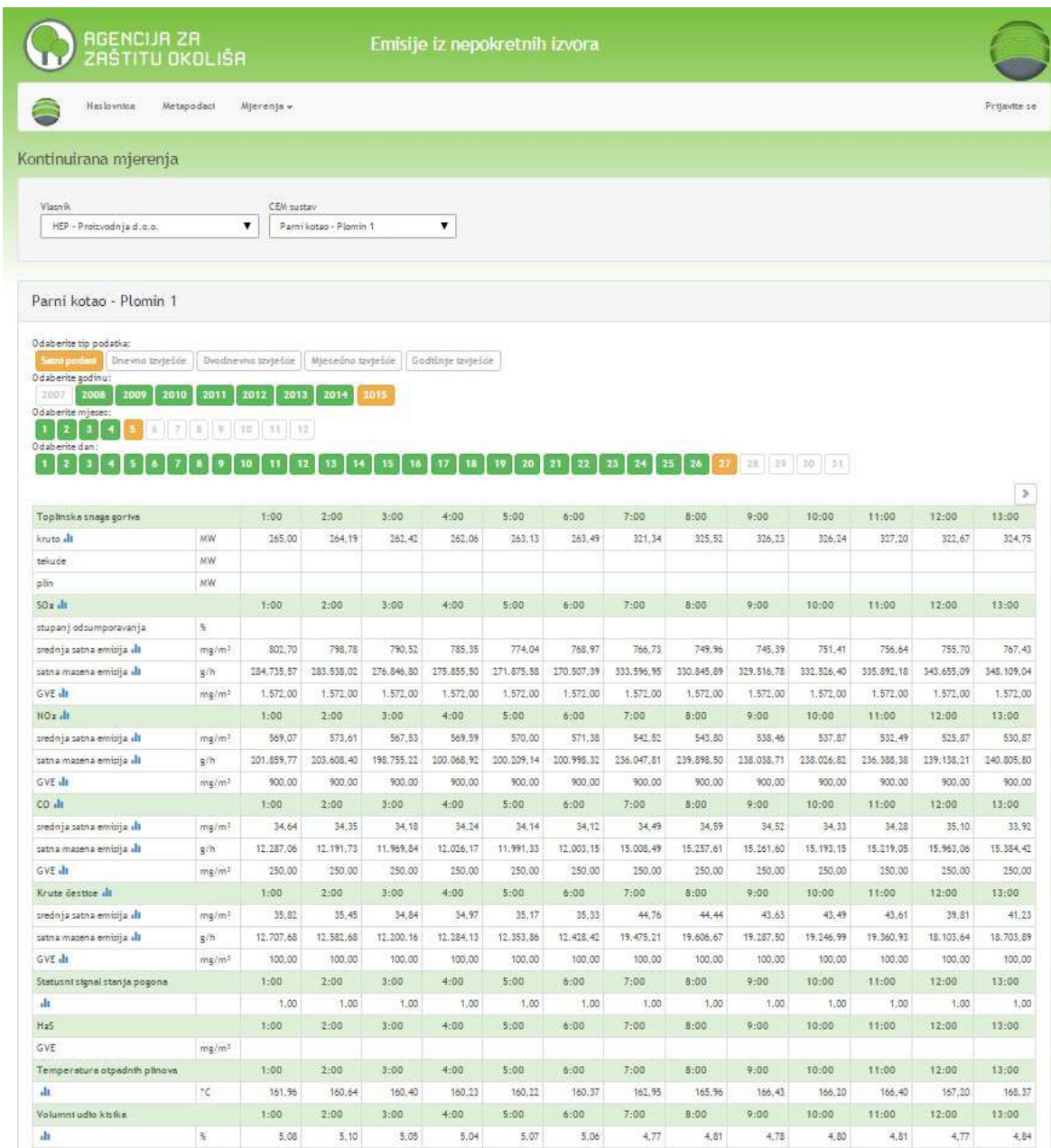
Svi mjerni instrumenti za kontinuirano mjerenje su preko tzv. emisijske stanice spojeni s centralnim računalom, odnosno informatičkim jedinicama u samoj termoelektrani. Kao što se vidi iz shematskog prikaza na Slici 4-13. cjelokupni sustav je u potpunosti automatiziran, što znači da je u svakom trenutku moguće dobiti informaciju o mjerenim

parametrima u elektrani i okolini (EKONERG d.o.o., 1997.). Dodatno zaštitne mjere i uređaji za monitoring omogućuju pravovremeno reagiranje kako bi se u slučaju nezgode ili nesreće spriječilo širenje onečišćenja i nastanak velike nesreće. Redovito se provode i preventivne (organizacijske) mjere provjere rada spremnika, prateće armature i pomoćnih sustava (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.a). U svrhu nadzora stanja okoliša na području oko TE montirane su mjerne stranice. Rezultati su svima dostupni, a posebno su kontrolirani od mjerodavnih stručnjaka i ustanova. Na slici 4-14. također se vide emisijske stanice (Klavar, Ripendam Plomin, Sv. Katarina i Štrmac) koje mjere kvalitetu zraka u blizini elektrane. Mjerni uređaji smješteni su u samostalne kontejnere i prate sljedeće parametre: koncentraciju ozona, čestica, NO<sub>x</sub> i SO<sub>2</sub> u zraku, taloženje, brzinu i smjer vjetra, temperaturu zraka i globalno sunčevo zračenje (HEP Proizvodnja d.o.o., 2013.b).

Prema *Zakonu o zaštiti zraka* (NN 130/11, 47/14) i *Pravilniku o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora* (NN 129/12) vlasnici nepokretnih izvora u koje spada i TE Plomin, koji imaju uspostavljeno kontinuirano mjerenje emisija, dužni su osigurati kontinuirani prijenos podataka o izmjenjenim emisijskim veličinama računalnom mrežom u *Agenciju za zaštitu okoliša* (slika 4-15.).



Slika 4-14. Sustav monitoringa u TE Plomin (EKONERG d.o.o., 1997.)



Slika 4-15. Satni rezultati kontinuiranih mjerenja za TEP 1 (AZO, 2015.)

Unutar baze nalaze se dvije logičke cjeline podataka (AZO, 2015.):

1. mjerni podaci:

- pojedinačne polusatne/satne mjerne vrijednosti dobivene kontinuiranim mjerenjem emisija,
- "meta" podaci koji se tiču vlasnika/korisnika nepokretnog izvora (pravni subjekt, djelatnost, matični broj subjekta, kontakt informacije i dr.),
- podaci o nepokretnom izvoru (naziv, lokacija, postrojenje, pogon/kotao, snaga, gorivo, podaci o tehničkim značajkama izvora onečišćivanja, namjeni i vrsti

mjerenja, emisijskim veličinama koje se mjere, mjernim mjestima, mjestu uzoraka i mjerenja).

2. izvješća: dnevno, mjesečno i godišnje izvješće o provedenom kontinuiranom mjerenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora na području Republike Hrvatske.

Na ovaj način praćenje emisija u TE Plomin je transparentno i u potpunosti dostupno javnosti te se podaci lako mogu preuzeti upravo sa web stranice *Agencije za zaštitu okoliša* koja daje jednostavan pregled podataka na satnoj, dnevnoj, dvodnevnoj, mjesečnoj ili godišnjoj bazi.

Osim *on-line* pregleda emisija TE Plomin ima propisan postupak komunikacije sa javnosti. Eksterna komunikacija TE Plomin uključuje (Laković, 2014.):

- obavijesti o okolišu uključujući odgovore na upite i pritužbe građana i drugih zainteresiranih strana,
- vanjske promotivne aktivnosti u vezi politike, ciljeva i programa upravljanja okolišem,
- komunikaciju u slučaju ekoloških incidenata prema nadležnim tijelima i jedinicama lokalne samouprave (Grad Labin, Općina Kršan),
- obavještavanje vanjskih izvođača o politici, postupcima i kriterijima zaštite okoliša;
- godišnja javna izvješća o pokazateljima utjecaja na okoliš.

TE Plomin se drži politike i opredjeljenja da su aktivnosti i rezultati u upravljanju aspektima okoliša potpuno otvoreni za javnost i svim zainteresiranim stranama, Direktor TE Plomin se obvezuje da će putem pismene forme odgovoriti na upit ili pritužbu. Ako je upit ili pritužba van domene odlučivanja pogona Direktor TE Plomin se obvezuje da će putem *Službe za odnose sa javnošću* HEP-a odgovoriti na svaki upit ili pritužbu (Laković, 2014.).

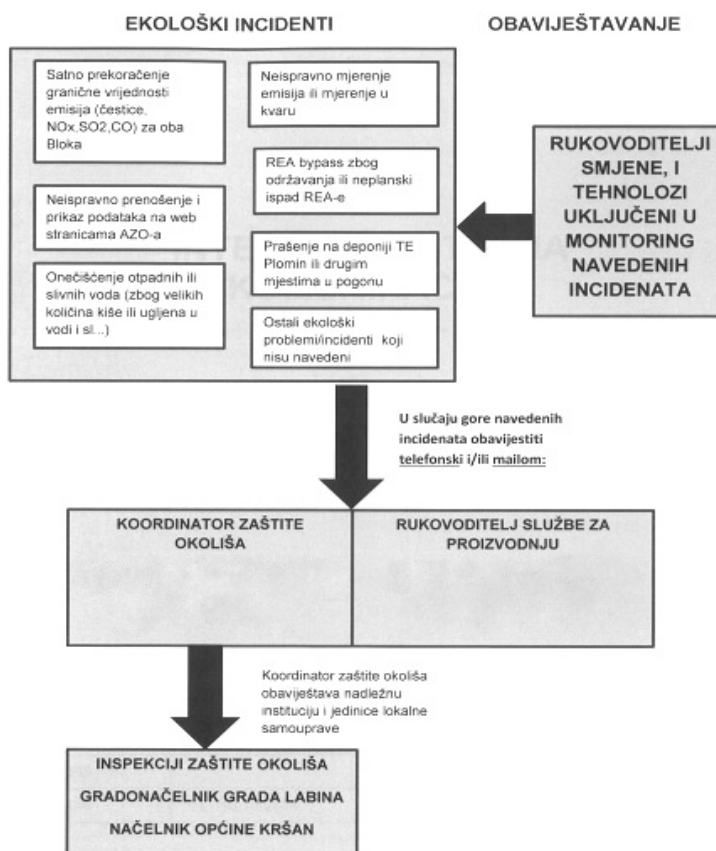
Ako se dogodi ekološki incident obavještava se rukovoditelja službe za proizvodnju i koordinatora zaštite okoliša odnosno predstavnika uprave za okoliš telefonom i/ili mailom. Obvezu obavještavanja imaju rukovoditelj smjene i tehnolozi koji su uključeni u monitoring incidenata. Koordinator zaštite okoliša obavještava nadležnu instituciju i



jedinice lokalne samouprave, odnosno Inspekciju zaštite okoliša, gradonačelnika Grada Labina i načelnika Općine Kršan (Laković, 2014.). Postupak obavještanja i komunikacija prema nadležnim tijelima shematski je prikazana na Slici 4-16.

Ekološki incidenti koji se mogu dogoditi u TE Plomin plomin jesu (Laković, 2014.):

- satno prekoračenje GVE za oba bloka (granične vrijednosti emisija za NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO i čestice);
- neispravno prenošenje i prikaz podataka na web stranicama AZO-a;
- neispravno mjerenje emisija ili mjerenje u kvaru;
- prekid rada uređaja za odsumporavanje dimnih plinova (*DeSO<sub>x</sub>*) zbog održavanja ili njegov neplanski ispad;
- emisije prašine na odlagalištima (deponiji) TE Plomin ili drugim mjestima u pogonu;
- onečišćenje otpadnih ili slivnih voda (zbog velike količine kiše, ugljena u vodi i sl.) ostali ekološki incidenti.



Slika 4-16. Postupak obavještanja i komunikacija prema nadležnim tijelima (Laković, 2014.)

## **5. USKLAĐENOST POSTROJENJA TE PLOMIN SA ZAHTJEVIMA DIREKTIVE O INDUSTRIJSKIM EMISIJAMA**

Za termoenergetska postrojenja HEP-Proizvodnje d.o.o. toplinske snage goriva iznad 50 MW, u koja se ubraja i TE Plomin, treba prema *IED*-u odnosno prema Uredbi o okolišnoj dozvoli (NN 8/2014) utvrditi usklađenost postrojenja s rasponima vrijednosti emisija dostižnih primjenom NRT-a (NRT-GVE) određenih u Referentnom dokumentu o NRT za velike termoenergetske uređaje. Ishođenje okolišne dozvole za postrojenje zasniva se na zadovoljenju tih vrijednosti. *IED* u određenim slučajevima za velike termoenergetske uređaje omogućava propisivanje i manje strožih graničnih vrijednosti emisija od relevantnih NRT-GVE-a, ali koje nikako ne smiju biti veće od minimalnih obvezujućih GVE propisanih *IED*-om odnosno Uredbom o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 117/2012). U tablici 5-1. prikazane su granične vrijednosti emisija (GVE) za glavne onečišćujuće tvari propisane direktivom *IED* odnosno Uredbom, rasponi vrijednosti emisija (NRT-GVE) prema Referentnom dokumentu za velike termoenergetske uređaje ložene ugljenom, te NRT koje omogućuju postizanje GVE odnosno NRT-GVE.

Sukladno tzv. kumulacijskom pravilu *IED*-a ako se otpadni plinovi dva ili više termoenergetskih uređaja ispuštaju kroz zajednički dimnjak, ti uređaji se smatraju jednim termoenergetskim uređajem. Nazivna toplinska snaga goriva ovakvog termoenergetskog uređaja računa se zbrajanjem nazivnih toplinskih snaga goriva pojedinih uređaja čija je snaga jednaka ili veća od 15 MW. Uređaj spada u velike termoenergetske uređaje koji podliježu odredbama poglavlja III *IED*-a ako mu je na prethodni način određena nazivna toplinska snaga goriva jednaka ili veća od 50 MW (Direktiva 2010/75/EU). U skladu s kumulacijskim pravilom, TEP 1 i TEP 2 čine jedan veliki termoenergetski uređaj nazivne toplinske snage goriva 882 MW (nazivna snaga goriva TEP 1 je 338 MW, a TEP 2 544 MW) jer otpadne plinove ispuštaju kroz zajednički dimnjak.

Tablica 5-1. Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u zrak za velike termoenergetske uređaje ložene ugljenom (Direktiva 2010/75/EU i RDNRT za velike termoenergetske uređaje)

Toplinska snaga (MW)	Onečišćujuća tvar	GVE (mg/m <sup>3</sup> )		NRT-GVE (mg/m <sup>3</sup> )		NRT
		Nova postrojenja	Postojeća postrojenja	Nova postrojenja	Postojeća postrojenja	
50 do 100	SO <sub>2</sub>	400	400	200 - 400 150 - 400*	200 - 400 150 - 400*	PM FGD
	NO <sub>x</sub>	300 400**	300 450**	90 - 300 200 - 300* 200 - 450**	90 - 300 200 - 300* 200 - 450**	PM SCR ili SNCR
	CO	-	-	30 - 50 < 100*	30 - 50 < 100*	PI
	krute čestice	20	30	5 - 20	5 - 30	ESP ili FF
100 do 300	SO <sub>2</sub>	200	250	100 - 200	100 - 250	PM FGD
	NO <sub>x</sub>	200	200	90 - 200 100 - 200* 100 - 200**	90 - 200 100 - 200* 100 - 200**	PM SCR ili SNCR
	CO	-	-	30 - 50 < 100*	30 - 50 < 100*	PI
	krute čestice	20	25	5 - 20	5 - 25	ESP ili FF ESP/FF-FGD
> 300	SO <sub>2</sub>	150 200*	200	20 - 150 100 - 200*	20 - 200 100 - 200*	PM FGD
	NO <sub>x</sub>	150 200**	200	90 - 150 50 - 150* 50 - 200**	90 - 200 50 - 200* 50 - 200**	PM SCR ili SNCR
	CO	-	-	30 - 50 < 100*	30 - 50 < 100*	PI
	krute čestice	10	20	5 - 10	5 - 20	ESP ili FF ESP/FF-FGD

\* Izgaranje u fluidiziranom sloju

\*\* Izgaranje lignita u prahu

GVE – granične vrijednosti emisija propisane direktivom *IED odnosno Uredbom o GVE onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora*

NRT-GVE – rasponi vrijednosti emisija prema RDNRT za velike termoenergetske uređaje

ESP – elektrostatički taložnik (*electrostatic precipitator*)

FF – tkaninski filtar (*fabric filter*)

FGD – odsumporavanje dimnih plinova (*flue-gas desulphurisation*)

PM – primarne mjere za smanjenje SO<sub>x</sub> ili NO<sub>x</sub> (gorivo s niskim sadržajem S, plamenici s niskom emisijom NO<sub>x</sub>, stupnjevani dovod goriva i zraka, i dr.)

PI – potpuno izgaranje (postiže se raznim mjerama koje uključuju dobru konstrukciju, regulaciju kontrolu učinkovitosti i održavanje sustava izgaranja)

U Tablici 5-2. su uspoređene emisije u zrak iz 340 metara visokog dimnjaka TEP 1 i TEP 2 za 2012., 2013. i 2014. godinu s minimalnim obvezujućim GVE-ima prema *IED*-u. Vrijednosti GVE se odnose na "stare" (postojeće) termoenergetske uređaje, s obzirom da su prema *IED*-u "stari" veliki termoenergetski uređaji oni čija je (okolišna) dozvola odobrena prije 7. siječnja 2013. godine ili za koje je zahtjev za dozvolu podnesen prije tog datuma te ako je uređaj u pogonu najkasnije do 7. siječnja 2014. "Novi" veliki termoenergetski uređaji su oni za koje je dozvola odobrena nakon 7. siječnja 2013. ili koji su u pogon pušteni nakon 7. siječnja 2014 (Direktiva 2010/75/EU).

Na temelju usporedbe može se zaključiti da su emisije  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  i krutih čestica iz zajedničkog dimnjaka TEP 1 i TEP 2 te emisije  $\text{NO}_x$  iz TEP 2 veće od minimalnih obvezujućih GVE koje su propisane *IED*-om. Promatrajući postrojenja zasebno, emisije krutih čestica iz TEP 1 u 2013. su niže, a u 2012. i 2014. godini više od propisanih GVE. Emisije krutih čestica i  $\text{SO}_2$  iz TEP 2 niže su od GVE za sve tri promatrane godine. Emisije  $\text{SO}_2$  iz TEP 1, kao i emisije  $\text{NO}_x$  iz obje termoelektrane, premašuju GVE za sve tri promatrane godine. Dakle, uzevši u obzir kumulacijsko pravilo *IED*-a prema kojem su TEP 1 i TEP 2 jedan veliki termoenergetski uređaj, TE Plomin ne zadovoljava uvjete propisane *IED*-om. Razlog tomu je visoka emisija  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  i krutih čestica iz TEP 1, te povišena emisija  $\text{NO}_x$  iz TEP 2. Prema tome, ove emisije treba primjenom najboljih raspoloživih tehnologija uskladiti s GVE propisanim *IED*-om, odnosno s rasponima emisija (NRT-GVE) propisanim RDNRT-om za velike termoenergetske uređaje na koji se *IED* poziva.

Osim propisanih raspona emisija u zrak (NRT-GVE), u zaključcima o najboljim raspoloživim tehnologijama u RDNRT za velike termoenergetske uređaje navedene su također mjere i tehnologije kojima se mogu postići te emisije. Usklađivanje emisija u zrak iz nekog postrojenja sa zahtjevima *IED*-a, odnosno RDNRT-a, nije lako rješiv problem jer je odabir NRT-a i ugradnja u postojeće postrojenje tehnički složen i neizvjestan zahvat. Stoga su u sljedećem poglavlju izložene samo glavne smjernice za izbor NRT-a čijom je primjenom moguće postići propisane GVE, odnosno NRT-GVE. Bez dodatnih mjerenja i analiza nije moguće odgovoriti koja je kombinacija NRT-a za uklanjanje  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  i krutih čestica iz otpadnih plinova optimalan izbor za neko postrojenje HEP-a.

Tablica 5-2. Usporedba emisija u zrak iz TE Plomin s GVE prema IED-u (EKONERG d.o.o. 2013.a-b, 2014.a-b, 2015.a-b)

TE PLOMIN	GORIVO I TOPLINSKA SNAGA	ONEČIŠĆUJUĆA TVAR	EMISIJE U ZRAK									IED
			2012.god.			2013.god.			2014.god.			
			TEP1 mg/m <sup>3</sup>	TEP2 mg/m <sup>3</sup>	TEP1 i TEP2 mg/m <sup>3</sup>	TEP1 mg/m <sup>3</sup>	TEP2 mg/m <sup>3</sup>	TEP1 i TEP2 mg/m <sup>3</sup>	TEP1 mg/m <sup>3</sup>	TEP2 mg/m <sup>3</sup>	TEP1 i TEP2 mg/m <sup>3</sup>	GVE mg/m <sup>3</sup>
Zajednički ispuštanje TEP1 i TEP2 <b>Dimnjak</b> <b>visine 340 m</b>	Ugljen 882 MW <sub>ig</sub>	CO	31,30	15,59	23,445	38,89	7,11	23,59	37,76	7,43	22,59	-
		SO <sub>2</sub>	1360,45	128,72	744,585	1379,46	105,45	742,45	909,20	75,22	492,21	200
		NO <sub>2</sub>	647,07	276,17	641,62	683,67	317,75	500,71	649,83	296,41	473,32	200
		Krute čestice	27,76	5,38	16,57	19,85	3,13	11,49	37,76	7,73	22,74	20

Emisija iz postrojenja TEP 1 ne zadovoljava GVEE

Emisija iz postrojenja TEP 2 ne zadovoljava GVE

Emisija iz TEP 1 i TEP 2 kao velikog termoenergetskog postrojenja ne zadovoljava GVE

## 6. PRIJEDLOG MJERA ZA ISPUNJAVANJE ZAHTJEVA DIREKTIVE I ISHOĐENJE OKOLIŠNE DOZVOLE

Pošto TE Plomin ne zadovoljava zahtjeve Direktive o industrijskim emisijama za GVE, potrebno je poduzeti odgovarajuće mjere kako bi se postigla usklađenost sa tim zahtjevima. HEP Proizvodnja je pristupanjem Hrvatske Europskoj Uniji dobila prijelazni rok do 1. siječnja 2018. godine za usklađivanje rada termoenergetskih postrojenja sa GVE koje propisuje IED odnosno hrvatska Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora u koju su implementirani zahtjevi IED-a. Prema tome, usklađivanje s tim zahtjevima je uvjet koji treba ispuniti kako bi postrojenje moglo nakon prijelaznog roka nastaviti sa radom odnosno ishoditi okolišnu dozvolu.

Potpuna usklađenost emisija u zrak s propisanim GVE postići će se izgradnjom zamjenskog bloka TE Plomin C (TEP C) i ugradnjom uređaja za uklanjanje NO<sub>x</sub> iz dimnih plinova (DeNO<sub>x</sub> uređaj) u TE Plomin 2. Dakle, plan usklađenja postrojenja sa zahtjevima za GVE i NRT ne predviđa investicije u sustave zaštite okoliša pogona TE Plomin I, nego se planira izgraditi zamjenski blok TE Plomin C. Gradnja novog bloka veće nazivne snage (500 MW) planira se zbog starosti TEP 1 i njegovog stanja, odnosno jer bi modernizacija TEP 1, u cilju usklađivanja sa EU propisima, iziskivala iznimno visoka ulaganja s upitnim dugoročnim učinkom.

### 6.1. SMANJIVANJE EMISIJA IZ POSTROJENJA TE PLOMIN 2

S obzirom da TEP 2 već koristi uređaj za odsumporavanje dimnih pinova i elektrostatički taložnik (opisani u 4. poglavlju) te da su emisije SO<sub>x</sub> i lebdećih čestica iz TEP 2 kao zasebnog postrojenja znatno ispod propisanih GVE (vidi tablicu 5-2.), izgradnjom TEP C zamjenske termoelektrane za TEP 1, riješiti će se problem emisija SO<sub>x</sub> i lebdećih čestica.

Sukladno zaključcima RDNRT za velike uređaje za loženje (European Comission, 2006), NRT kojima je moguće postići smanjenje emisije NO<sub>x</sub> na vrijednosti niže od propisanih GVE odnosno NRT-GVE, svode se na primarne i sekundarne mjere. Za smanjenje emisija NO<sub>x</sub> iz uređaja loženih ugljenom mogu se primjeniti sljedeće primarne mjere:

- primjena plamenika s niskom emisijom NO<sub>x</sub> (eng. *Low NO<sub>x</sub> Burners*) – moguće smanjenje emisija NO<sub>x</sub> za 25 % do 60 % (ovisno o izvedbi plamenika, izvedbi

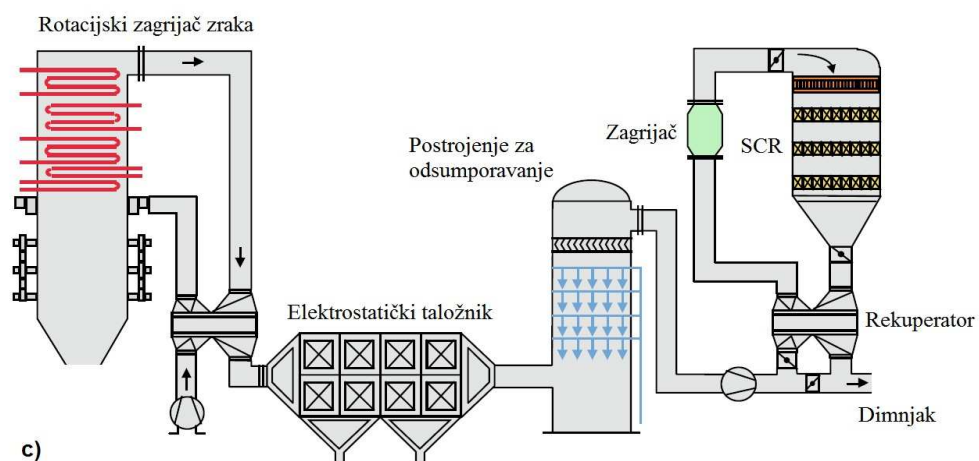
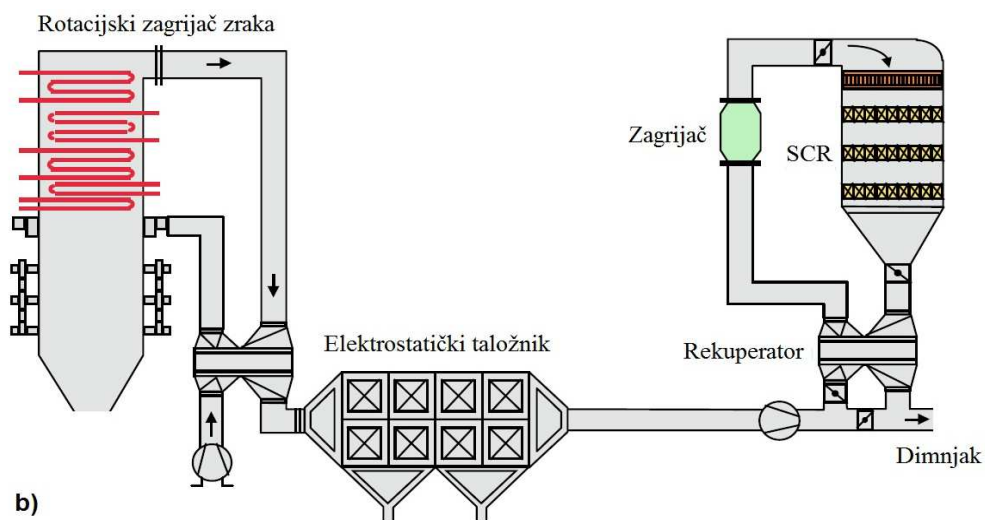
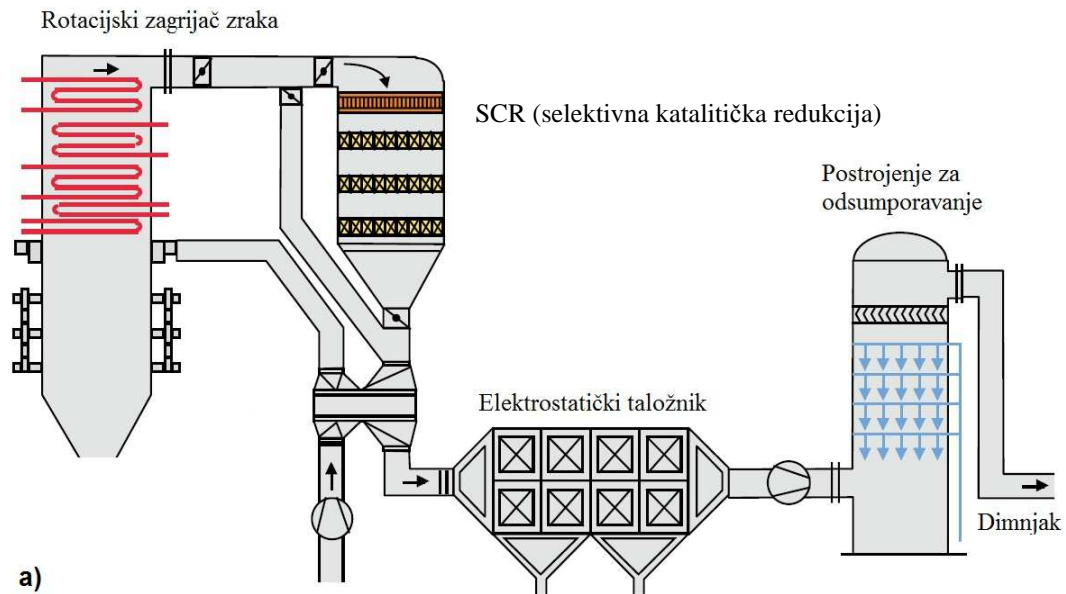
ložišta, kvaliteti goriva, i dr.),

- smanjenje viška zraka (eng. *Low Access Air*) – moguće smanjenje emisija NO<sub>x</sub> za 10 % do 44 %,
- stupnjevano dovođenje zraka u ložište (eng. *Air Staging*) – moguće smanjenje emisija NO<sub>x</sub> za 10 % do 40 % (za uređaje ložene ugljenom),
- stupnjevani dovod goriva (eng. *Fuel Staging*) – moguće smanjenje emisija NO<sub>x</sub> do za 50 % do 60 %,
- recirkulacija dimnih plinova u ložištu (eng. *Flue Gas Recirculation*) – moguće smanjenje emisija NO<sub>x</sub> do 20 % (za uređaje ložene ugljenom), i dr.

Od sekundarnih mjera za smanjenje emisija NO<sub>x</sub> iz TEP 2, planira se ugradnja uređaja za redukciju NO<sub>x</sub> (tzv. DeNO<sub>x</sub> tehnologija) kako bi se povećana emisija NO<sub>x</sub> iz postrojenja smanjila ispod propisanih GVE. Prema tome, ugradnja DeNO<sub>x</sub>-a će omogućiti rad TEP 2 i nakon 1. siječnja 2018., kad počinju vrijediti GVE dane u tablici 5-2. (TE Plomin d.o.o., n.g.). DeNO<sub>x</sub> tehnologija uključuje *SNCR* postupak (selektivnu nekatalitičku redukciju, engl. *Selective NonCatalytic Reduction*) ili *SCR* postupak (selektivnu katalitičku redukciju engl. *Selective Catalytic Reduction*).

Kod *SNCR* postupka u ložište kotla se ubrizgava amonijak (NH<sub>3</sub>), vodena otopina amonijaka NH<sub>3</sub> + xH<sub>2</sub>O ili vodena otopina uree (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO + xH<sub>2</sub>O. Postupak se zasniva na kemijskim procesima u kojima je amonijak aktivna tvar. Redukcija dušikovih oksida prema tim kemijskim reakcijama moguća je tek pri temperaturama višima od 800 °C. Optimalni raspon temperature *SNCR* postupka je između 900 °C i 1100 °C (TE Plomin d.o.o., n.g.).

Kod *SCR* postupka koristi se katalizator (tvar koja ubrzava kemijsku reakciju) koji omogućava odvijanje kemijskih reakcija pri znatno nižim temperaturama, od 225 °C na više. Za ulaznu koncentraciju od 400 mg/m<sup>3</sup> *SCR* uređaji redovno postižu emisiju NO<sub>x</sub> manju od 80 mg/m<sup>3</sup> ali su im troškovi ulaganja i do deset puta veći od troškova ulaganja *SNCR* uređaja. Tijekom rada *SCR* sustava dolazi do onečišćenja katalizatora pepelom i sumpornim dioksidom, te se radi održavanja zadanog stupnja uklanjanja NO<sub>x</sub> moraju umetati dodatna saća s katalizatorom. Nakon približno 4 do 5 godina rada trebati zamijeniti zasićena saća. Mogući položaj *SCR* uređaja prikazan je na slici 6-1. (TE Plomin d.o.o., n.g.).



Slika 6-1. Mogući položaji SCR uređaja kod uređaja za loženje (APO d.o.o. i EKONERG d.o.o., 2012.c)



Prema slici mogući položaji uređaja za loženje jesu:

- a) prije rotacijskog grijača zraka,
- b) iza elektrostatičkog taložnika,
- c) prije dimnjaka.

Ako se *SCR* uređaj smjesti prije rotacijskog zagrijača zraka katalizator bi bio izložen visokoj koncentraciji prašine i  $\text{SO}_2$ . Investicijski najjeftinije rješenje je upravo ovakav položaj *SCR*-a. Glavni nedostatak smještanja *SCR* uređaja iza elektrostatičkog taložnika je niska temperatura dimnih plinova iza elektrostatičkog taložnika. Stoga bi dimne plinove prije ulaska u *SCR* trebalo zagrijati na barem  $225\text{ }^\circ\text{C}$ . Ugradnja dodatnog zagrijača i rekuperatora prikazanih na slici 6-1. znatno poskupljuje investiciju, pogonske troškove i troškove održavanja, a morali bi koristiti i znatno skuplji katalizator. Smještaj *SCR* ispred dimnjaka je kod naknadne ugradnje tehnički najjednostavnije rješenje. Međutim, temperatura dimnih plinova je niža nego kod smještanja *SCR*-a iza elektrostatičkog taložnika te bi morali koristiti znatno skuplji katalizator s plemenitim metalom koji uz to ima relativno nizak stupanj uklanjanja  $\text{NO}_x$ . Troškovi ulaganja, pogonski troškovi i troškovi održavanja su veći nego kod smještanja *SCR* iza elektrostatičkog taložnika (TE Plomin d.o.o., n.g.). *SCR* postupkom moguće je postići smanjenje emisija  $\text{NO}_x$  za 80 % do 95 %, a *SNCR* postupkom za 30 % do 50 % (RDNRT za velike uređaje za loženje, European Commission, 2006).

Konačni odabir i dimenzioniranje katalizatora *SCR* uređaja treba prepustiti izvođaču koji odabir vrši na temelju sastava, temperature i količine dimnih plinova u kanalu. Bez obzira radi li se o *SNCR* ili *SCR* uređaju, za investitora je posebno važan odabir reagensa, koji može biti: amonijak, vodena otopina amonijaka (amonijačna voda), uree i vodena otopina uree (TE Plomin d.o.o., n.g.).

## 6.2. IZGRADNJA TE PLOMIN C

Zamjenski objekt TEP C, s infrastrukturom koja mu pripada, smješten je na postojećoj građevnoj parceli TE Plomin. Lokacija se većim dijelom nalazi u općini Kršan, a manjim dijelom (obalni rub Plominskog zaljeva) na području grada Labina (HEP d.d., n.g.).

Svrha realizacije projekta TE Plomin C (TEP C) je izgradnja dugoročno sigurnog i stabilnog izvora električne energije koji će prvenstveno supstituirati proizvodnju postojećeg bloka TEP 1 i dijela termoenergetskih blokova koji će do 2020. godine prestati s radom (u Hrvatskoj je na kraju životnog vijeka oko 1000 MW). TEP C će proizvoditi 3600 GWh električne energije uz potrošnju 1 000 000 tona goriva godišnje, što znači da će proizvoditi električnu energiju uz 25 % manju potrošnju goriva po proizvedenim kWh od TEP 1. Za dopremu ugljena koristiti će se već postojeći zatvoren sustav dopreme ugljena putem transportne trake i postojeći sustav skladištenja ugljena (HEP d.d., n.g.).

TEP C predviđen je po konceptu suvremenih termoelektrana s primjenom čiste tehnologije izgaranja ugljena s ciljem da se minimaliziraju nepovoljni utjecaji na okoliš. Postrojenje snage 500 MW koristiti će kao gorivo uvozni niskosumporni kameni ugljen (isto kao i TEP 1 i TEP 2). Primjenom suvremene tehnologije nadkritičnih parametara pare, novi blok TE Plomin će postići stupanj korisnog djelovanja veći od 45 %, što je znatno više od današnjih klasičnih elektrana (čiji se stupanj korisnog djelovanja kreće u rasponu od 32 % do 37 %). TEP C je koncipiran potpuno u skladu s načelima i preporukama koje proizlaze iz odredbi EU propisa odnosno *IED*-a o primjeni NRT-a za velika ložišta i u skladu s propisanim GVE (HEP d.d., n.g.).

Učinkovitim uređajima i sustavima, emisija onečišćujućih tvari u zrak iz TEP C svesti će se na vrlo male iznose (HEP d.d., n.g.):

- Smanjenje emisije NO<sub>x</sub> za više od 95 % postiže se primarnim mjerama u konstrukciji sustava izgaranja (niskoemisijski plamenici) i ugradnjom postrojenja u kojem se odvija postupak selektivne katalitičke redukcije (SCR).
- Smanjenje emisija čestica osigurati će se pročišćavanjem dimnih plinova u elektrostatičkom taložniku, s time da će se dodatno uklanjanje čestica postići u slijedećoj fazi pročišćavanja tj. postrojenju za odsumporavanje. Ovakvi postupci smanjuju emisiju čestica u zrak za 99,9 %.
- Smanjenje emisije SO<sub>2</sub> za više od 95 % postiže se primjenom mokrog postupka odsumporavanja korištenjem otopine vapnenca (DeSO<sub>x</sub> postupak).
- Smanjenje emisije CO<sub>2</sub> po proizvedenom kWh za 22 % u odnosu na postojeći blok TEP 1 i za 15 % u odnosu na TEP 2 postiže se boljom iskoristivošću goriva (učinkovitošću izgaranja). Na lokaciji TE Plomin rezerviran je i prostor za smještaj

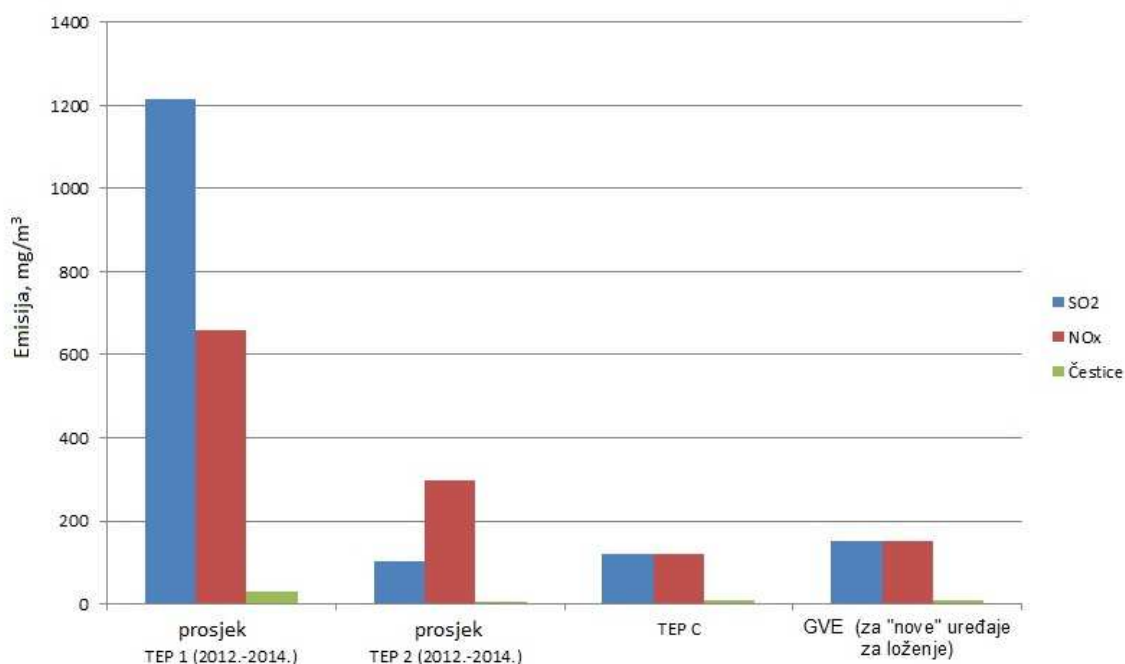
postrojenja za hvatanje CO<sub>2</sub> koje se planira izgraditi u budućnosti kada se za to ostvare tehnički, ekonomski i normativni uvjeti.

Zahvaljujući visokoučinskim tehničkim rješenjima koje će se primjeniti u TEP C da bi TE Plomin kao veliko termoenergetsko postrojenje bio u skladu sa propisanim GVE, znatno će se smanjiti emisije onečišćujućih tvari u zrak u odnosu na današnje stanje (TEP C + TEP 2 u odnosu na TEP 1 + TEP 2) a time i utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi. S obzirom na očekivane iznose emisija iz TEP C, procjenjuje se smanjenje godišnje emisija SO<sub>2</sub> za više od 6 puta, a emisija NO<sub>x</sub> i emisija čestica za više od 2 puta (slika 6-2.). Prosječne godišnje emisije bloka TEP C biti će znatno manje od GVE koje propisuje IED za "nove" velike termoenergetske uređaje puštene u pogon nakon 7. 1. 2014.

TE Plomin C možemo smatrati proširenjem (nadogradnjom). Kada je termoenergetki uređaj proširen (nadograđen), na prošireni dio uređaja treba u odnosu na ukupnu toplinsku snagu proširenog i starog dijela uređaja primjeniti strože GVE za "nove" termoenergetske uređaje određene u 2. dijelu Priloga V IED-a. TEP C će koristiti postojeći dimnjak visine 340 metara.

U tablici 6-1. prikazana je usporedba očekivanih emisija glavnih onečišćujućih tvari u zrak iz zajedničkog dimnjaka TE Plomin 2 i TE Plomin C te zasebno iz TE Plomin C s GVE prema IED-u i s NRT-GVE prema RDNRT-u za velike termoenergetske uređaje. Iako će izgradnja novog bloka TEP C znatno popraviti situaciju u pogledu emisija u zrak, bez poduzimanja dodatnih mjera, emisija NO<sub>x</sub> iz zajedničkog dimnjaka ipak bi (kao što se može vidjeti iz prikazanih podataka) povremeno prekoračivala propisane GVE. Uzrok tome je povremeno povišena emisija NO<sub>x</sub> iz TEP 2. Sam za sebe, prošireni dio uređaja (TEP C) će zadovoljiti strože GVE za "nove" velike termoenergetske uređaje.

Kako bi i emisija NO<sub>x</sub> iz zajedničkog dimnjaka TEP 2 i TEP C zadovoljila propisane GVE planira se, kao što je spomenuto u prethodnom poglavlju, ugradnja sustava za uklanjanje NO<sub>x</sub> iz dimnih plinova (SCR) u TEP 2.



Slika 6-2. Usporedba emisija NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> i krutih čestica iz TEP 1, TEP 2 i TEP C (EKONERG d.o.o., 2013.a-b, 2014.a-b, 2015.a-b; HEP Proizvodnja d.o.o., 2011.)

Tablica 6-1. Usporedba očekivanih emisija glavnih onečišćujućih tvari u zrak iz TE Plomin 2 i TE Plomin C s propisanim GVE (HEP Proizvodnja d.o.o., 2011; Direktiva 2010/75/EU; RDNRT za velike termoenergetske uređaje)

TE Plomin	Gorivo i toplinska snaga	Onečišćujuća tvar	Emisije u zrak (mg/m <sup>3</sup> )	GVE (mg/m <sup>3</sup> )	NRT-GVE (mg/m <sup>3</sup> )
TEP 2 i TEP C (zajednički ispust: dimnjak, 340 m)	Ugljen 1588 MW	CO	25 - 43	-	30 - 50
		SO <sub>2</sub>	30 - 155	200	20 - 200
		NO <sub>x</sub>	85 - 220	200	90 - 200
		krute čestice	3 - 14	20	5 - 20
TEP C (proširenje TEP2)	Ugljen 1044 MW	CO	30 - 50	-	30 - 50
		SO <sub>2</sub>	30 - 150	150	20 - 150
		NO <sub>x</sub>	50 - 150	150	90 - 150
		krute čestice	5 - 10	10	5 - 10

Da bi se spriječila emisija krutih čestica umjesto otvorenog odlagališta ugljena izgraditi će se zatvoreno skladište ugljena. Također, neće biti dodatnog utjecaja i opterećenja prostora zbog odlaganja šljake i pepela jer se planira izgradnja novog pristaništa za otpremu nusproizvoda (šljake, pepela i gipsa) sa lokacije pomorskim putem bez dodatnog opterećenja cestovnog prometa. Šljaka, pepeo i gips iz obje TE (Plomin 2 i Plomin C) će se i dalje koristiti u građevinskoj industriji i industriji cementa (HEP d.d., n.g.).

Rashladni sustav će se izvesti s minimalnim krajobraznim utjecajem jer se će rashladna voda transportirati podmorskim cjevovodom od sredine zaljeva (dubina najmanje 35 metara) tunelskom cijevi do postrojenja. Izvedbom takvog povratnog tunela oslobađa se ušće zaljeva toplinskog opterećenja od TEP 1. Projektom je predviđena izgradnja novog visokoučinkovitog postrojenja za obradu otpadnih voda. S ciljem smanjenja utjecaja buke na okoliš, predviđen je odabir opreme s nižom razinom zvučne snage i ograđivanje postrojenja (HEP d.d., n.g.).

U tijeku probnog pogona na postrojenju će se provoditi rigorozna detaljna mjerenja emisije u zrak, vode, utjecaj buke te provjera učinkovitosti propisanih uređaja za zaštitu okoliša. Pri svakoj isporuci ugljena ovlaštenu laboratorij će kao i danas ispitivati sastav i karakteristike goriva te također sastav pepela, šljake i gipsa. Kontinuirano će se mjeriti emisije SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, čestica i CO. Određivati će se i emisije CO<sub>2</sub> i drugih stakleničkih plinova. U okolici zahvata nastaviti će se kontinuirana mjerenja kakvoće zraka na četiri postaje uz dodavanje jedne mobilne postaje. Podaci će se i dalje objavljivati na web stranicama *Agencije za zaštitu okoliša*. Periodički će se provoditi mjerenja buke, kakvoće vode, metala u zraku, taložnoj tvari, tlu te radioaktivnost (HEP d.d., n.g.).

Projekt izgradnje TEP C je zadovoljio upravni postupak procjene utjecaja zahvata na okoliš, a paralelno i postupak utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (ishođenja okolišne dozvole). Primjenom niza modernizirajućih rješenja smanjuje se utjecaj na okoliš u odnosu na današnje stanje. U okolici TE Plomin je znatno manji rizik po zdravlje uslijed izloženosti onečišćenju ljudi nego u velikim gradovima. Zrak u okolini TE Plomin i ubuduće će biti prve kategorije kvalitete (čist zrak; prema *Zakonu o zaštiti zraka*, NN br 130/2011) s obzirom da će emisije iz TEP C i TEP 2 biti daleko manje od emisija iz TEP 1 i TEP 2 (HEP d.d., n.g.).

Osim prethodno opisanih prednosti u pogledu zaštite okoliša, projekt donosi i niz drugih koristi (HEP d.d., n.g.):

- zahvat pridonosi ostvarenju infrastrukturnih pretpostavki za gospodarski razvoj na lokalnoj, regionalnoj i državnoj razini,
- ukupna vrijednost investicije je blizu jedne milijarde eura, a potencijalni udio domaćih tvrtki u investiciji je oko 30 %,
- predviđena jednokratna uplata lokalnoj zajednici na ime komunalnih doprinosa u iznosu od 20 milijuna eura,
- godišnja uplata jedinicama lokalne uprave u iznosu od 30 milijuna kuna nakon puštanja TEP C u rad na ime naknade za korištenje prostora,
- povećanje uplata koncesijskih naknada zbog većeg prometa ugljena i nusproizvoda kroz Plominsku luku,
- prihodi lokalnim iznajmljivačima i zajednici od boravka prosječno oko 800 ljudi tijekom pet godina izgradnje,
- povećanje angažmana lokalnih tvrtki za poslove održavanja, prijevoza, opskrbe, čišćenja, fizičke zaštite i dr.,
- zadržavanje postojećih radnih mjesta i otvaranje novih.

## 7. ZAKLJUČAK

Svaka termoelektrana, pa tako i TE Plomin ima znatan utjecaj na okoliš. Jedan od glavnih ciljeva organizacije koja upravlja takvim postrojenjem je postići razinu zaštite okoliša koja poslovanje podiže na razinu prepoznatljivu i konkurentnu na domaćem i na međunarodnom tržištu. Cjelovito upravljanje zaštitom okoliša omogućava da okoliš zadrži svoju kvalitetu te da se očuvaju ukupni resursi za buduće generacije (održivi razvoj). Primjena učinkovitog sustava upravljanja okolišem osigurava ostvarivanje glavnih ciljeva politike zaštite okoliša organizacije: ispunjavanje zahtjeva važeće zakonske regulative iz područja zaštite okoliša i stalno unapređivanje učinkovitosti organizacije u smanjenju nepovoljnih utjecaja na okoliš (npr. emisija), potrošnje prirodnih resursa i troškova organizacije.

Kroz diplomski rad je objašnjeno da je prvi korak u ostvarivanju učinkovite zaštite okoliša donošenje zakonske regulative čija primjena ostvaruje racionalno i kvalitetno korištenje okoliša. HEP Proizvodnja d.o.o. kao vlasnik TE Plomin uz obveze koje ju vežu zakonom ima definiranu svoju politiku zaštite okoliša i implementiran sustav upravljanja okolišem u skladu s normom ISO 14001. Dokaz (potvrda) o kvalitetnom upravljanju zaštitom okoliša je međunarodni certifikat ISO 14001 dodijeljen TE Plomin.

Europska Direktiva o industrijskim emisijama (2010/75/EU) određuje smjernice kojih se postrojenja, kao što je TE Plomin, u svom radu moraju pridržavati da bi dobilo dozvolu za rad (okolišnu dozvolu). Propisuje korištenje najbolje raspoloživih tehnologija i drugih preventivnih mjera s ciljem smanjenja emisija onečišćujućih tvari ili energije u okoliš, te smanjenja nastajanja otpada.

U ovom diplomskom radu su promatrane vrijednosti emisija termoelektrana Plomin 1 (TEP 1) i Plomin 2 (TEP 1) u odnosu na granične vrijednosti emisija (GVE) za velika termoenergetska postrojenja propisane Direktivom 2010/75/EU odnosno hrvatskom Uredbom o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN br. 117/2012) koja je usklađena s tom direktivom. Napravljena je usporedba emisija SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> i krutih čestica za tri uzastopne godine s propisanim GVE. Pošto se TEP 1 i TEP 2 vode kao jedan veliki termoenergetski uređaj, na temelju usporedbe može se zaključiti da TE Plomin ne zadovoljava propisane uvjete prema Direktivi 2010/75/EU.

Rezultati su takvi zbog visokih emisija NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> i krutih čestica iz TEP 1 te zbog povišene emisije NO<sub>x</sub> iz TEP 2.

S ciljem postizanja usklađenosti sa zahtjevima važećih propisa (Direktivom i Uredbom) do 1. siječnja 2018., HEP Proizvodnja d.o.o. mora provesti određene rekonstrukcije (izmjene) svojih postrojenja. Na modernizaciji TEP 1 se neće raditi jer bi to predstavljalo veliki financijski trošak a zbog starosti elektrane ne bi bilo isplativo, te TEP 1 krajem 2017. godine prestaje sa radom. Kao zamjena za TEP 1, planira se izgradnja zamjenskog bloka (TE Plomin C) koji bi zajedno sa ugradnjom uređaja za uklanjanje NO<sub>x</sub> (DeNO<sub>x</sub>) u TEP 2 osigurao usklađenost s propisanim GVE.



## 8. LITERATURA

AE&E (Austrian Energy & Environment) (n.g.): Elektrana – Plomin 2, Postrojenje za odsumporavanje dimnih plinova, Pogonski priručnik.

Afirev, D. (2014.): TE Plomin: odlagalište pepela bez prašine. "Plomin se ima čime pohvaliti". HEP Vjesnik (Broj 273/313), str. 3.

APO d.o.o. i EKONERG d.o.o. (2012.a): Tehničko–tehnološko rješenje usklađenja postojećeg postrojenja TE Plomin 2 – Prilog Zahtjevu za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša. HEP d.d., Zagreb. APO br. dokumenta: 25-12-732/44. EKONERG br. dokumenta: I-02-0499.

APO d.o.o. i EKONERG d.o.o. (2012.b): Zahtjev za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša za postojeće postrojenje TE Plomin 1. HEP d.d., Zagreb. APO br. dokumenta: 25-12-729/44. EKONERG br. dokumenta: I-02-0499.

APO d.o.o. i EKONERG d.o.o. (2012.c): Zahtjev za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša za postojeće postrojenje TE Plomin 2. HEP d.d., Zagreb. APO br. dokumenta: 25-12-731/44. EKONERG br. dokumenta: I-02-0499.

APO d.o.o. i EKONERG d.o.o. (2012.d): Tehničko – tehnološko rješenje usklađenja postojećeg postrojenja TE Plomin 1 – Prilog Zahtjevu za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša. HEP d.d., Zagreb. APO br. dokumenta: 25-12-730/44. EKONERG br. dokumenta: I-02-0499.

AZO (2015.): Emisije iz nepokretnih izvora. URL: <http://iszz.azo.hr/stacion/>

Babačić, M. (2013.): Blokovi K i L u TE-TO Zagreb zadovoljavaju zahtjeve EU direktiva. HEP Vjesnik, broj 269/309, str. 6-7.

Babačić, M., Tarnik, T. (2015.): Rješenja o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša (okolišne dozvole) za termoenergetska postrojenja HEP-a. "Bliži se kraj postupaka." HEP Vjesnik, broj 281/321, str. 16-17.

Babačić, M., Begović, M. (2013.): Utjecaj Direkrive o industrijskim emisijama na rad postrojenja TE-TO Zagreb. Referat. 101. savjetovanje HRO CIGRE, Cavtat (10.-13. studeni 2013.).

Bačun, D., Matešić, M., Jelić Muck, V., Pavić-Rogošić, L., Varlec, D. (2014.): Okolišna dozvola – kratki vodič za javnost. 2. dopunjeno izdanje, ODRAZ i HR PSOR, Zagreb, 46. str.

Baričević, M., Kukavčić, M., Nogolica, I. (2014.): Utjecaj termoelekrane na okoliš i mjere zaštite. Seminarski rad iz predmeta Zaštita okoliša u rudarstvu. Rudarsko–geološko– naftni fakultet, Zagreb.

Bedeković, G. (2014.): Zaštita zraka. Interna skripta. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Bogdan, Ž., Živković, S. A., Dokmanović, V., Merić, J. (2009): Obećavajuće tehnologije s nultom emisijom CO<sub>2</sub>. *Gospodarstvo i okoliš*, br. 96/2009, str. 22-24.

EKONERG d.o.o. (2011.): Netehnički sažetak Studije o utjecaju na okoliš rekonstrukcije TE Plomin – zamjene postojeće TE Plomin 1 u cilju modernizacije i povećanje kapaciteta. HEP d.d., Zagreb.

EKONERG d.o.o. (1997.): Novelacija studije utjecaja na okoliš TE Plomin. Hrvatska Elektroprivreda, Zagreb.

EKONERG d.o.o. (2013.a): Verificirane godišnje emisije za Parni kotao Plomin 1 za 2012. godinu. HEP-Proizvodnja d.o.o., Zagreb.

EKONERG d.o.o. (2013.b): Verificirane godišnje emisije za Parni kotao Plomin 2 za 2012. godinu. TE Plomin d.o.o., Plomin.

EKONERG d.o.o. (2014.a): Verificirane godišnje emisije za Parni kotao Plomin 1 za 2013. godinu. HEP-Proizvodnja d.o.o., Zagreb.

EKONERG d.o.o. (2014.b): Verificirane godišnje emisije za Parni kotao Plomin 2 za 2013. godinu. TE Plomin d.o.o., Plomin.

EKONERG d.o.o. (2015.a): Verificirane godišnje emisije za Parni kotao Plomin 1 za 2014. godinu. HEP-Proizvodnja d.o.o., Zagreb.

EKONERG d.o.o. (2015.b): Verificirane godišnje emisije za Parni kotao Plomin 2 za 2014. godinu. TE Plomin d.o.o., Plomin.

European Commission (2006): Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. URL: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/lcp\\_bref\\_0706.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/lcp_bref_0706.pdf) (12.06.2015.).

Gates, D. M. (1985.): Energy and Ecology. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.

Ghana Youth Environmental Movement (2013.): How to Win the Argument Against Coal-Fired Power Plants. URL: <https://gyemgh.wordpress.com/2013/07/17/how-to-win-the-argument-against-coal-fired-power-plants/> (12.06.2015.).

Goić, R. (2006): Opća energetika. Prezentacija. Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split. URL: <http://marjan.fesb.hr/~rgoic/oe/p1.pdf>

HEP (2015): Načela poslovne politike u zaštiti okoliša. URL: <http://www.hep.hr/hep/okolis/nacela.aspx> (12.06.2015.).

HEP d.d. (n.g.): "Projekt T Plomin C", brošura tvrtke TE Plomin d.d.

HEP Proizvodnja d.o.o. (2011): Tehnička dokumentacija tvrtke.

HEP Proizvodnja d.o.o. (2013.a): Politika upravljanja kvalitetom i oklišem. URL: [http://www.hep.hr/proizvodnja/osnovni/termoelektrane/Politika\\_Plomin.pdf](http://www.hep.hr/proizvodnja/osnovni/termoelektrane/Politika_Plomin.pdf) (12.06.2015.).

HEP Proizvodnja d.o.o. (2013.b): Opis tehnologije u zaštiti okoliša. Dokumentacija tvrtke.

HEP Proizvodnja d.o.o. (2015.a): TE Plomin.

URL: [http://www.hep.hr/proizvodnja/osnovni/termoelektrane/ISO\\_certifikati\\_Plomin.pdf](http://www.hep.hr/proizvodnja/osnovni/termoelektrane/ISO_certifikati_Plomin.pdf) (12.06.2015.).

HEP Proizvodnja d.o.o. (2015.b): Zaštita okoliša – Termoelektrane.

URL: <http://www.hep.hr/proizvodnja/onama/ISO14001.pdf> (12.06.2015.).

ISO (2015): ISO 14000 - Environmental management.

URL: <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm>

Laković, I. (2013.): Interna i eksterna komunikacija. HEP-Proizvodnja d.o.o., Sektor za termoelektrane, Pogon TE Plomin. Dokumentacija tvrtke. Br. Dokumenta: 230003-ZO-PR-02/3.

Lukić, B. (2012.): Mogućnost pročišćavanja dimnih plinova kotlovnice TŽV Gredelj d.o.o. Diplomski rad. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Raković, A. R. (1981): Zagađivanje i prečišćavanje vazduha. Građevinska knjiga, Beograd.

Roksa, I., Babačić, M. (2012.): Utjecaj Direktive 2010/75/EU o industrijskim emisijama na rad postojećih termoenergetskih objekata HEP Proizvodnje d.o.o. Prezentacija, 10. međunarodno znanstveno stručno savjetovanje "Energetska i procesna postrojenja", Rovinj, 24.-26.10.2012.

Saftić, B. (2012.): Ugljen kao sirovina i gorivo. Prezentacija iz predmeta Geologija fosilnih goriva. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

URL: [http://rudar.rgn.hr/~bsaft/nids\\_brunosaftic/gfg\\_pu1\\_ugljen\\_kao\\_sirovina\\_2012.pdf](http://rudar.rgn.hr/~bsaft/nids_brunosaftic/gfg_pu1_ugljen_kao_sirovina_2012.pdf) (12.06.2015.).

Salopek, B., Krasić, D., Mikulić, A. (1994): Novi postupci čišćenja plinova termoelektrana loženih ugljenom. Zbornik radova simpozija "Energija i okoliš", Opatija, 26.-28.10.2014, str. 209-216.

Službeni list Europske unije, L334, Vol. 53 (2010): Direktiva 2010/75/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 24. studenog 2010. o industrijskim emisijama (integrirano sprečavanje i kontrola onečišćenja). URL:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex:32010L0075> (12.06.2015.).

Sobota, I. (2012.): Zaštita okoliša u rudarstvu. Pisana predavanja. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Sobota, I. (2014): Upravljanje okolišem. Pisana predavanja. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Tarnik, T., Babačić, M. (2006): Upravljanje okolišem u HEP-u. Sustavna briga o zaštiti okoliša. HEP Vjesnik, broj 181 (221), str. 8-9.

Tarnik, T., Lovrić, D. (2011): Uvjet rada velikih termoenergetskih postrojenja. HEP Vjesnik, broj 242 (282), str. 4-5.

Tomić, I., Bobalić Lj. (2013.): Sve termoelektrane prema ISO normama za kvalitetu i okoliš. HEP Vjesnik, broj 272/312, str. 6-9.

TE Plomin d.o.o. (n.g.): Službena brošura TE Plomin d.o.o.

Udovičić, B. (1989): Energija, društvo i okolina - Energija i okolina. Knjiga IV. IRO "Građevinska knjiga", Beograd.

Vukelić, I. (2013.): TE Plomin 2 – 15 godina izgradnje, 12 godina eksploatacije. Prezentacija. URL:

[www.hkis.hr/Upload/Documents/SSU/Predavanja/VukeliC\\_TE%20Plomin%202-15%20godina%20izgradnje.pptx](http://www.hkis.hr/Upload/Documents/SSU/Predavanja/VukeliC_TE%20Plomin%202-15%20godina%20izgradnje.pptx) (12.06.2015.).

World Coal Association (2014): Coal Statistics. September 2014.

URL: [http://www.worldcoal.org/resources/coal-statistics/#cookie\\_accept](http://www.worldcoal.org/resources/coal-statistics/#cookie_accept)