

# Cement

## Sadržaj

UVOD .....	4
1. OSNOVNE INFORMACIJE O SMJERNICAMA .....	4
2. SEKTOR PROIZVODNJE CEMENTA.....	6
2.1 Glavne značajke sektora .....	6
2.1.1 Sirovine .....	6
2.1.2 Energija .....	6
2.1.3 Rizik od nezgoda .....	6
2.1.4 Buka i vibracije .....	7
2.1.5 Emisije.....	7
2.1.6 Praćenje (monitoring).....	7
2.1.7 Kruti otpad .....	7
2.2 Opis postupka proizvodnje cementa.....	7
2.2.1 Sljedeći se postupci ne koriste u Republici Hrvatskoj ali se spominju u RDNRT	9
2.2.2 Suhi postupak.....	9
2.2.3 Ciklonski (ili osovinski) predgrijači .....	10
2.2.4 Predkalcinatori.....	11
2.2.5 Hlađenje klinkera .....	11
2.2.6 Mljevenje cementa .....	11
2.2.7 Rukovanje proizvodom i skladištenje .....	12
2.2.8 Proizvodnja kompozitnog cementa .....	12
2.3 Utjecaj proizvodnog postupka na emisije.....	12
2.3.1 Prašina iz peći, alkali i sustav <i>bypass-a</i> na peći .....	13
2.3.2 Kruženje ostalih tvari .....	13
2.4 Sirovine i kamenolomi .....	13
2.5 Tvari koje se ispuštaju iz peći za proizvodnju cementa .....	14
2.5.1 Sumporni oksidi .....	15
2.5.2 Čestice .....	17
2.5.3 Ostale emisije.....	18
2.5.4 Ostala pitanja koja utječu na okoliš .....	20
2.6 Suspaljivanje otpada .....	20
2.6.1 Fizikalna svojstva goriva .....	21
2.6.2 Sastav goriva.....	21
2.6.3 Zahtjevi NRT-a .....	22
2.7 Energetski zahtjevi specifični za sektor .....	22
2.8 Čestice.....	23
2.9 Oksidi dušika .....	24
2.9.1 Primarne mjere za smanjenje emisija NO <sub>x</sub> .....	24
2.9.2 Sekundarne mjere za smanjenje emisija NO <sub>x</sub> .....	26
2.10 Sumporni dioksid.....	27
2.10.1 Primarne mjere za smanjenje emisija SO <sub>2</sub> .....	27

2.10.2	Sekundarne mjere za smanjenje emisija SO <sub>2</sub> .....	28
2.11	Ostale emisije .....	29
2.11.1	Ugljični oksidi (CO <sub>2</sub> , CO) .....	29
2.11.2	Dioksini i furani .....	29
2.11.3	Metali .....	30
2.11.4	Kontrola fugitivnih emisija u zrak .....	30
2.11.5	Posebni zahtjevi za postrojenja koja suspaljuju otpad .....	30
2.11.6	Upravljanje procesom .....	31
<b>3.</b>	<b>EMISIJE NAVEDENE U REFERENTNOM DOKUMENTU O NRT .....</b>	<b>34</b>
3.1	Postojeći Referentni dokument o najboljim raspoloživim tehnikama (eng. BREF) .....	34
3.2	Prijedlog izmjena Referentnog dokumenta o NRT .....	34
3.2.1	Opće primarne mjere/tehnike .....	34
3.2.2	Odabir procesa .....	35
3.2.3	Potrošnja energije .....	35
3.2.4	Korištenje otpada .....	36
3.2.5	Emisije prašine .....	37
3.2.6	Plinoviti spojevi .....	38
3.2.7	Procesni gubici/otpad .....	42
3.2.8	Buka .....	42
<b>4.</b>	<b>GLOSAR .....</b>	<b>43</b>
4.1.1	Opće primarne mjere/tehnike .....	46
4.1.2	Odabir procesa .....	46
4.1.3	Potrošnja energije .....	46
4.1.4	Korištenje otpada .....	47
4.1.5	Emisije prašine .....	48
4.1.6	Plinoviti spojevi .....	49
4.1.7	Procesni gubici/otpad .....	54
4.1.8	Buka .....	54

# UVOD

## 1. OSNOVNE INFORMACIJE O SMJERNICAMA

Ključna značajka IPPC direktive je zahtjev da se dozvole temelje na korištenju najboljih raspoloživih tehnika (u daljnjem tekstu: NRT; engl. BAT). Značenje izraza najbolje raspoložive tehnike definirano je u Zakonu o zaštiti okoliša. Ukratko NRT znači sve tehnike, uključujući tehnologiju, planiranje, izgradnju, održavanje, rad i stavljanje izvan pogona koje se mogu primijeniti u praksi pod prihvatljivim tehničkim i ekonomskim uvjetima i koje su najučinkovitije u provedbi visoke razine zaštite okoliša kao cjeline. Od listopada 2007. godine, sva postrojenja trebala bi dobiti objedinjenu dozvolu kojom se određuju granične vrijednosti emisija na temelju NRT. Ovaj niz smjernica pripremljen je kako bi pomogao pri određivanju NRT.

Ovo je jedan u nizu dokumenata koji opisuju zaključke o najboljim raspoloživim tehnikama (NRT) za industrijske sektore. Svi dokumenti imaju za cilj postaviti snažan okvir za dosljedno i transparentno uređenje procesa i postrojenja. Pripremljeno je također i nekoliko Priručnika koji govore o horizontalnim pitanjima. Priručnik za cement je dokument broj xxxxxxxx koji je potrebno koristiti prilikom određivanja uvjeta dozvole.

- Pri određivanju NRT za novo postrojenje, potrebno je koristiti zaključke o NRT u referentnim dokumentima o najboljim raspoloživim tehnikama (u daljnjem tekstu RDNRT; eng. BREF) ili, prema potrebi, naprednije tehnike. Pri određivanju graničnih vrijednosti emisija na lokalnoj razini ne bi se trebale prekoračiti razine emisija povezane s primjenom NRT i trebala bi se primjenjivati niža vrijednost od navedenih raspona vrijednosti.
- Pri određivanju NRT za postojeće postrojenje moguće je odlučiti o odstupanju koje će uzeti u obzir troškove i koristi za okoliš i postaviti nešto manje stroge granične vrijednosti na lokalnoj razini. Niz čimbenika može se uzeti u obzir pri odlučivanju o najprikladnijoj tehnici koja će najbolje zaštititi okoliš kao cjelinu. Cilj je odrediti uvjete dozvole kako bi se postrojenje približilo što je više moguće standardima koji će biti postavljeni za novo postrojenja, ali uzimajući u obzir ekonomičnost, potrebno vrijeme i praktičnost uvođenja promjena u postojeće postrojenje. U Dodatku IV IPPC direktive navodi se što je sve potrebno uzeti u obzir pri određivanju NRT na lokalnoj razini.
- Pri ocjenjivanju primjenjivosti NRT ili uz njih vezanih razina emisija za postojeće postrojenje, moguće je navesti opravdane razloge za odstupanja ili izuzeća koja su stroža ili manje stroga od NRT kako je opisano u RDNRT. Najprikladnija tehnika ovisi o lokalnim čimbenicima te će možda biti potrebna lokalna procjena troškova i koristi dostupnih opcija radi utvrđivanja najbolje opcije. Razlozi odstupanja od zaključaka RDNRT moraju biti jaki i moraju se evidentirati.
- Odstupanja se mogu opravdati s obrazloženjem troškova i koristi za okoliš i lokalnih uvjeta kao što su tehničke karakteristike odnosnog postrojenja, njegov zemljopisni položaj i lokalni uvjeti okoliša, ali ne i s obrazloženjem ostvarivanja profita određene tvrke.
- Svi procesi podliježu NRT. Općenito govoreći, ono što je NRT za jedan proces u određenom sektoru je vjerojatno NRT za usporediv proces, ali u svakom slučaju u praksi je regulator (podložno žalbi) taj koji će odlučiti što je NRT za pojedini proces i

regulator bi trebao uzeti u obzir varijabilne faktore (kao što je konfiguracija, veličina i ostale pojedinačne karakteristike procesa) i mjesto (kao npr. blizinu posebno osjetljivih receptora). Konačno, ono što tehniku čini NRT specifično je za lokaciju, a ovaj dokument obuhvaća smjernice za većinu procesa u sektoru i treba mu se posvetiti posebna pozornost kako bi se maksimalno povećala dosljednost dozvola.

- Ove smjernice namijenjene su:
  - regulatorima: koji moraju uzeti u obzir ove smjernice pri odlučivanju o zahtjevu i izmjenama i dopunama postojećih ovlaštenja i dozvola,
  - operaterima: kojima se također savjetuje uzeti u obzir ove smjernice prilikom pripreme zahtjeva i u budućem radu koristeći taj proces,
  - javnosti: koju će možda zanimati što se smatra odgovarajućim uvjetima za kontroliranje emisija za većinu procesa u određenom industrijskom sektoru
  
- Smjernice se temelje na trenutnom (u vrijeme pisanja) znanju i spoznajama o:
  - procesima proizvodnje cementa,
  - RDNRT i predloženim izmjenama RDNRT,
  - važnosti definiranja utjecaja ovoga sektora na okoliš i
  - tome kako ovaj dokument čini sastavni dio NRT te kako potpada pod ciljeve IPPC direktive.
  
- Pored RDNRT korištene su i smjernice koje su objavile druge države te i one također mogu dati dodatne informacije.
  
- Smjernice se povremeno mogu dopunjavati kako bi se pratio razvoj NRT, što uključuje poboljšanje tehnika i nove spoznaje o utjecajima na okoliš i opasnostima. Te izmjene mogu se izdati u obliku jednog revidiranog dokumenta ili pojedinačnih dopunskih smjernica koje obrađuju specifična pitanja.
  
- Radi sveobuhvatnog razumijavanja pitanja o kojima se govori potrebno je također pročitati sljedeće priručnike sa smjernicama za Republiku Hrvatsku:
  - Procjena NRT
  - Energetska učinkovitost
  - Tehnike praćenja
  - Buka
  - Stavljanje izvan pogona
  - Smanjenje stvaranja otpada
  - Sustavi upravljanja okolišem
  - Procjena onečišćenja tla
  - Fugitivne emisije
  - Obrada otpadne vode/otpadnog plina

## 2. SEKTOR PROIZVODNJE CEMENTA

Cementna postrojenja uključena su u Prilogu 1. IPPC direktive s pragom kapaciteta:

*Postrojenja za proizvodnju cementnog klinkera u rotacijskim pećima s kapacitetom proizvodnje iznad 500 tona dnevno*

Postrojenja koje podliježe ishođenju dozvole sukladno IPPC direktivi uključuje gore navedene osnovne aktivnosti te može uključivati i druge izravno povezane aktivnosti koje su u tehničkoj svezi s osnovnim aktivnostima koje se obavljaju na toj lokaciji i koje mogu utjecati na emisije i onečišćenje. Po potrebi, mogu uključivati sljedeće:

- kamenolome (samo okolišna pitanja);
- skladištenje i pripremu sirovina;
- skladištenje i pripremu goriva;
- obradu u rotacijskoj peći;
- mljevenje i skladištenje cementa;
- rukovanje proizvodom i skladištenje;
- skladištenje i otpremu gotovih proizvoda;
- sustave kontrole i smanjenja onečišćenja emisija u sve medije.

### 2.1 Glavne značajke sektora

Proizvodnju cementa prati veliki utrošak sirovine i energije uz potencijal znatnih emisija u zrak, posebice NO<sub>x</sub>.

#### 2.1.1 Sirovine

Proizvodnja cementa je obiman postupak i sukladno tome zahtijeva odgovarajuće količine sirovina koje se uglavnom eksploatiraju lokalno. Cementna industrija ima znatan potencijal za korištenje otpadnih tvari kao zamjenskih sirovina poput letećeg pepela (PFA). Industrija cementa je također i potencijalni korisnik nekih otpadnih tvari koje imaju znatnu kaloričnu vrijednost te se mogu koristiti kao sekundarno gorivo. Stoga industrija cementa može dati svoj doprinos Strategiji gospodarenja otpadom Republike Hrvatske.

#### 2.1.2 Energija

Industrija cementa je velik potrošač energije. Na potrošnju energije utječu dostupne sirovine i tehnologija rotacijskih peći. Kako bi se smanjili primarni troškovi goriva, tvrtke koje se bave proizvodnjom cementa aktivno razvijaju uporabu alternativnih goriva dobivenih iz otpadnih tvari/materijala što potencijalno može dati znatan doprinos recikliranju otpadnih guma, ambalažnog otpada i smanjenja CO<sub>2</sub>. Mogućnosti korištenja goriva iz otpadnih tvari u sektoru proizvodnje vapna uglavnom su ograničene zbog ograničenja kojima se uvjetuje kvaliteta proizvoda.

#### 2.1.3 Rizik od nezgoda

Objekti za skladištenje materijala poput ukapljenog naftnog plina (LPG) i zamjenskih tekućih goriva (SLF) na lokaciji postrojenja mogli bi se regulirati u skladu sa SEVESO direktivom.

#### **2.1.4 Buka i vibracije**

Aktivnosti koje uzrokuju buku i vibracije su sljedeće:

- aktivnosti u kamenolomu;
- teška mehanizacija;
- buka i vibracije uzrokovane protokom zraka;
- transportni sustavi.

#### **2.1.5 Emisije**

Prioritet nadzora predstavljaju emisije iz dimnjaka i fugitivne emisije.

#### **2.1.6 Praćenje (monitoring)**

Potrebno je razmotriti potrebu redovitog praćenja (monitoringa) i uzimanje reprezentativnih uzoraka za neke tvari. Uporaba alternativnih goriva podrazumijeva primjenu WID Direktive 2000/76/EZ (Direktiva o spaljivanju otpada) kada se koriste navedena goriva. WID podrazumijeva određene mjere nadzora i određivanja granične vrijednosti emisije (ELV).

#### **2.1.7 Kruti otpad**

Proizvodni otpad, npr. prašina iz cementne peći, mogao bi predstavljati problem i postoji mogućnost ponovne uporabe tih vrsta otpada.

### **2.2 Opis postupka proizvodnje cementa**

Postoje tri šire kategorije cementnih proizvoda: portland cement, portland cement s dodatkom letećeg pepela (PFA) ili troske te specijalne vrste cementa. Sve vrste cementa, izuzev određenih specijalnih vrsta cementa, proizvode se korištenjem istog proizvodnog postupka koji je prikazan u ovoj napomeni. Portland cement definira se kao aktivno hidraulično vezivo na osnovi mljevenog klinkera koje se izrađuje iz prethodno utvrđene homogene smjese materijala koja sadrži vapno (CaO), silicijev dioksid (SiO<sub>2</sub>) i mali udio aluminata (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) i uglavnom željeznog oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Temeljna razlika u postupcima proizvodnje cementa sastoji se u tome je li postupak u rotacijskoj peći suh ili mokar. Međutim, svim postupcima zajedničke su sljedeće faze:

- nabava sirovina (iz kamenoloma na licu mjesta ili iz uvoza);
- priprema sirovina (usitnjavanje i miješanje kako bi se postigla zadana homogena specifikacija kemijskog sastava);
- rukovanje gorivom i priprema (mljevenje goriva ako se koriste kruta goriva);
- postupak u rotacijskoj peći (gdje dolazi do kemijske reakcije sirovina primjenom topline u sustavu rotacijske peći u svrhu proizvodnje klinkera);
- mljevenje cementa (mljevenje cementnog klinkera zajedno s dodanim materijalima); i

- pakiranje i otprema cementa.

Podroban opis aktivnosti proizvodnje cementa može se pronaći u ovom odjeljku i u referentnom dokumentu EU-a o najboljim raspoloživim tehnikama (RDNRT) (može se pronaći na web stranici Ureda EU za IPPC na <http://eippcb.jrc.es>).

Glavne emisije iz postupka su one iz sustava rotacijske peći u zrak. Međutim, značajne emisije čestica mogu nastati i iz svih ostalih dijelova postupka. Emisije u vodu su uglavnom zanemarive prirode.

Primarne sirovine koje se koriste u proizvodnji cementa su vapnenac/kreda, lapor i glina/škrljac. Navedeni materijali sadrže esencijalne okside kalcij karbonata, silicija, aluminija i željeza koji pri pečenju proizvode cementni klinker koji uglavnom sadržava silikate kalcija, aluminate i ferite. Osnovne faze klinkera u portland cementu su sljedeće:

Trikalcijev silikat	$3 \text{ CaO} \times \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	Alit
Dikalcijski silikat	$2\text{CaO} \times \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	Belit
Kalcijev aluminat	$3 \text{ CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	Aluminat
Kalcijev ferit	$4 \text{ CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	Ferit

Sirovine sadrže različite omjere traženih komponenti kao i prljavštinu i razine vlažnosti tipične za lokaciju iskopa. Stoga se sirovine pažljivo miješaju u omjerima koji odgovaraju danoj lokaciji proizvodnje cementa kako bi se proizveo cement željenih svojstava.

Bez obzira na to je li proizvodni postupak mokar ili suh, zagrijavanje sirovina slijedi određene faze:

- **sušenje i predzagrijavanje** (20 - 900°C): emisija slobodne i kemijski vezane vode;
- **kalcinacija** (600 - 900°C): početne reakcije uz stvaranje materijala klinkera i međufaze uz emisiju ugljikovog dioksida;
- **sinteriranje** (1250 -1450°C): u tekućem stanju, kad slobodno vapno stupa u reakciju s ostalim komponentama kako bi stvorilo kalcijeve silikate, aluminate i alumino-ferite (osnovne sastojke portland cementa). Ovaj sinterirani proizvod poznat je pod nazivom cementni klinker, ova faza postupka naziva se i „pečenje“ ili „klinkeriranje“; i
- **hlađenje**: pri kojem se temperatura tekućine smanjuje s 1450 na 1100°C kako bi se stvorili stabilni kristali unutar peći nakon čega slijedi hlađenje na oko 250°C u hladnjaku.

Manja količina mineralnih sastojaka u cementnom klinkeru uključuje slobodne kalcijeve okside (slobodno vapno) i magnezijev oksid kao i alkalne sulfate. Ostali kemijski elementi prisutni u sirovinama poput mangana, fosfora, titana ili teških metala uglavnom su dio mineralne strukture glavnih faza klinkera.



Neki elementi u sirovinama kao što su alkali, sumpor i kloridi hlape na visokim temperaturama u sustavu rotacijske peći što rezultira stalnim unutarnjim ciklusom isparavanja i kondenzacije. Velik udio navedenih elemenata ostaje u sustavu rotacijske peći i izlazi zajedno s klinkerom. Manji dio izlazi s dimnim plinovima rotacijske peći i uglavnom se taloži na česticama u sustavu otprašivanja.

U slučaju značajnog viška hlapljivih elemenata moguća je potreba instaliranja „bypassa“ na predgrijaču, na mjestima gdje se iz sustava rotacijske peći izvlače dimni plinovi s velikom koncentracijom prašine. Prašina odstranjena iz sustava za smanjenje onečišćenja i prašina iz sustava bypassa može se u potpunosti ili djelomično reciklirati u postupku proizvodnje cementa.

Tipičan dijagram postupka predzagrijavanja u rotacijskoj peći dan je na Slici 2. *Tipičan sustav procesa predzagrijavanja u peći* te prikazuje značajne varijacije u kemijskom sastavu i temperaturi ovisno o vremenu i položaju u sustavu peći. Sudbina materijala poput sumpora i metala u tragovima nije prikazana.

Dehidratacija i kalcinacija su endotermni procesi, a klinkeriranje je egzotermni proces. Međutim, proizvodnja cementa je energetski intenzivan postupak i odabir goriva utječe kako na emisije u okoliš tako i na ekonomičnost postupka. Ukupni utrošak energije može predstavljati 65-75% varijabilnih troškova i 35-40% ukupnih troškova postupka.

U svrhu kontrole brzine vezanja konačnog cementnog proizvoda, 3-8% gipsa (kalcij sulfat) i drugih aditiva melje se zajedno s cementnim klinkerom kako bi se dobio portland cement.

Gotovi cement skladišti se u silosu i može se prodavati u rastresitom stanju ili pakiran u vreće. Gotovi se cement uglavnom ne skladišti na mjestu proizvodnje više od nekoliko dana, no klinker se može skladištiti u silosu ili natkrivenim objektima ukoliko je potrebno skladištenje na dulje vrijeme.

U proizvodnji cementa za fazu sinteriranja uglavnom se koristi rotacijska peć. Postoji velik broj sustava za sušenje i kalcinaciju, i svi su integralni dio peći. Osnovne vrste su sljedeće:

### 2.2.1 Sljedeći se postupci ne koriste u Republici Hrvatskoj ali se spominju u RDNRT

- **Polumokri postupak** u kojem se voda iz cementne kaše odstranjuje u filternim prešama i dobivena filtrirana smjesa se ili:
  - istiskuje u obliku kuglica i puni u pomični roštiljni sustav za zagrijavanje ili;
  - puni izravno u sušilo smjese za proizvodnju (suhog) sirovinskog brašna prije postupka u predgrijaču/predkalcinatoru.
- **polusuhi postupak** u kojem se osušena mljevena smjesa (sirovinsko brašno) nodulira s vodom, zatim se suši i djelomično kalcinira u roštiljnom predgrijaču ili, u nekim slučajevima, u dugoj peći opremljenoj unutarnjim predgrijačima;
- **mokri postupak** u kojem se cementna kaša suši i kalcinira unutar peći (konvencionalni mokri postupak); ili u sušilu za cementnu kašu prije postupka u predgrijaču/predkalcinatoru (suvremeni mokri postupak);

### 2.2.2 Suhi postupak

Sirovinsko se brašno zagrijava u nizu ciklona (četiri ili pet stupnjeva), po mogućnosti uključujući fazu predkalcinacije u kojoj dolazi do izgaranja dijela goriva, ili, u nekim slučajevima, u dugoj suhoj peći s unutarnjim lančanim predgrijačem;

U svim sustavima punjenje u peći kreće se u protustruji vrućega zraka. Režim protustruje zraka na traci utječe na emisiju onečišćujućih tvari o čemu se raspravlja u dijelu koji slijedi.

Na odabir postupka proizvodnje mogu utjecati dva čimbenika: troškovi energije i priroda dostupnih sirovinskih materijala. Specifični energetske zahtjevi različitih sustava peći uglavnom se značajno smanjuju od mokrog prema suhom postupku (tipične brojke prikazane su u Tablici 3.) kao i specifična količina većine emitiranih onečišćujućih tvari.

#### *Tipični utrošak energije u različitim sustavima peći*

Sustav peći	Specifična potrošnja goriva (MJ/toni klinkera)
Mokri (konvencionalni)	6000 do 6500
Suhi postupak u dugoj peći	do 5000
Suvremeni mokri i polu-mokri postupak (predgrijač i predkalcinator)	4000 do 4800
Polu-mokri (roštiljni predgrijač)	3700
Polu-suhi (roštiljni predgrijač)	3300
Suhi (predgrijač)	3500 do 4000
Suhi (predgrijač i predkalcinator)	2900 do 3300
Teorijska toplina reakcije	1700 do 1800

Potrošnja električne energije iznosi oko 90-130 kWh po toni cementa.

### **2.2.3 Ciklonski (ili osovinski) predgrijači**

U svrhu povećanja učinkovitosti procesa izmjene topline između vrućih plinova i sirovinskog brašna, razvijeni su sustavi ciklonskih predgrijača koji vrše postupak zagrijavanja izvan rotacijske peći.

Predgrijač se može sastojati od elevatora i do šest stupnjeva ciklonskih predgrijača. Nakon predgrijača, vruće sirovinsko brašno ulazi u rotacijsku peć u kojoj slijede faze kalcinacije i pečenja.

Načelo ciklonskih predgrijača je jednako: sirovinsko brašno se ubacuje i pomiče suprotno struji vrućih plinova koji se kreću prema gore napuštajući peć. Plinska struja nosi sirovinsko brašno koje se separira u ciklonima i nastavlja u sljedećem stupnju gdje se postupak ponavlja dok sirovinska brašno ne prođe sve stupnjeve, i dok mu pritom temperatura rapidno raste.

Prijenos topline unutar ciklona vrlo je učinkovit u odnosu na peć. Područje doticaja s fino podijeljenim sirovinskim brašnom mnogo je veće nego u slučaju sloja materijala koji leži u peći s ograničenim površinskim područjem doticaja koje je izloženo vrućim plinovima. Primjerice, ciklonski predgrijač sa četiri stupnja podići će temperaturu sirovinskog brašna na više od 800°C u 25 sekundi, a toplina plina će pasti s 950-1000°C na izlazu iz peći na 370-380°C na izlazu iz prvog ili najvišeg stupnja ciklona. Materijal koji ulazi u peć kalciniran je do 30%.

#### 2.2.4 Predkalcinatori

Sljedeći je korak odraditi većinu faze kalcinacije izvan rotacijske peći u odvojenoj komori za kalcinaciju. Komora je smještena između posljednjeg stupnja ciklonskog predgrijača i rotacijske peći na način da prihvaća ono što izlazi iz predgrijača. U ovoj se fazi dodaje 60% ukupno potrebnog goriva, osiguravajući time 80-90% kalcinacije sirovinskog brašna. Stoga, kad brašno uđe u rotacijsku peć, potrebna je samo završna kalcinacija i sinteriranje.

Predkalcinator uzima zrak za izgaranje uglavnom iz hladnjaka klinkera s vrućeg kraja peći. Taj vrući zrak može se dovesti i kroz samu peć, ili, što je uobičajenije, putem tercijarnog dovoda zraka paralelnog s peći.

Vrući zrak iz roštiljnog hladnjaka stiže u predkalcinator na otprilike 800°C, izlazni dimni plinovi iz peći ulaze na temperaturi od oko 1000°C, a do kalcinacije dolazi na temperaturi od 850 to 900°C.

Sustavi rotacionih peći s 5 do 6 stupnjeva ciklonskih predgrijača i predkalcinatora smatraju se standardnom tehnologijom za nova postrojenja, budući da dodatni stupnjevi ciklona povećavaju toplinsku učinkovitost.

#### 2.2.5 Hlađenje klinkera

Hlađenje klinkera odvija se nakon postupka u rotacijskoj peći kako bi se klinker ohladio na odgovarajuću razinu pogodnu za daljnju obradu i kako bi se dio topline vratio u postupak. Pored toga, brzo hlađenje sprječava nepoželjne kemijske reakcije u klinkeru, koje bi mogle imati negativan utjecaj na kvalitetu i mogućnost mljevenja klinkera. Svi hladnjaci rade na principu protoka zraka kroz klinker i postoje tri osnovne vrste:

- roštiljni hladnjaci;
- planetarni hladnjaci; i
- rotacijski hladnjaci.

**Roštiljni hladnjaci** preporučuju se za uporabu u suvremenim postrojenjima rotacijskih peći. Hlađenje se postiže poprečnim strujanjem zraka koji se upuhuje kroz sloj klinkera koji polagano putuje na klipnom roštilju koji se sastoji od perforiranih ploča. Zrak prolazi kroz perforacije, hladi klinker i sam se zagrijava prije no što prijeđe u rotacijsku peć kao sekundarni plin za izgaranje ili se koristi za kruto gorivo i/ili za sušenje sirovinskog materijala ili prelazi u predkalcinator kao tercijarni zrak za izgaranje.

**Planetarni (ili satelitski) hladnjaci** sastoje se od niza od 10 do 12 cijevi velikoga promjera pričvršćenih na oklop peći koje se rotiraju zajedno s njom. Klinker upada u cijevi i zbog nagnutosti peći prolazi kroz hladnjake preko ulazećeg toka zraka koji u peć uvlači ventilator. Planetarni hladnjaci nisu pogodni za predkalcinatore budući da se ispušni zrak ne može koristiti za izgaranje u sekundarnom paljenju.

**Rotacijski hladnjak** je rotirajući cilindar, uglavnom montiran ispod peći i opremljen podizačima i pločama za prevrtanje. Protok zraka jednak je protoku u planetarnom hladnjaku. Ova vrsta hladnja rijetko se koristi u cementnoj industriji.

#### 2.2.6 Mljevenje cementa

Klinker se prenosi u natkrivena skladišta ili silose za klinker gdje se čuva prije mljevenja. Iz skladišta se vadi i ubacuje u cementni mlin korištenjem međumješalice uz dodavanje 3 do 8% gipsa i drugih aditiva. Konačni proizvod je cement koji se zatim odvodi u cementne silose. Gips se dodaje u svrhu kontrole brzine vezanja fino mljevenog klinkera.

Mljevenje cementa uglavnom se vrši u valjčanim (kugličnim) mlinovima no korištenje valjčanih preša može doprinijeti uštedi energije. Valjčani mlinovi rade u otvorenom ili zatvorenom kružnom sustavu s klasifikatorima ili separatorima zraka kako bi se povećala učinkovitost. Mljevenje proizvodi značajnu toplinu te je potrebno unutarnje hlađenje zraka uz unutarnje ili vanjsko prskanje vodom. Mljevenje cementa također proizvodi mlazove dima s visokom koncentracijom prašine koji zahtijevaju smanjenje onečišćenja.

### **2.2.7 Rukovanje proizvodom i skladištenje**

Cement se iz silosa prenosi ili izravno u kamione ili vagone za prijevoz rasutog tereta, ili u postaju za pakiranje u vreće. Potencijalne emisije čestica iz ovog dijela proizvodnog postupka su značajne.

### **2.2.8 Proizvodnja kompozitnog cementa**

U proizvodnji kompozitnog cementa dodaju se granulirana troska, leteći pepeo, pucolan i/ili dodaci te se melju zajedno s klinkerom i gipsom ili se melju odvojeno i miješaju s cementom nakon faze mljevenja.

## **2.3 Utjecaj proizvodnog postupka na emisije**

Proizvodnju cementnog klinkera u sustavima rotacijskih peći karakterizira kruženje komponenti poput prašine, klorida, sumpornih spojeva i alkala. Ovi su ciklusi ili dio sustava ili su djelomično izazvani recikliranjem cementne prašine natrag u sustav iz opreme za smanjenje onečišćenja. Ovi ciklusi imaju velik utjecaj na inherentne emisije iz bilo kojeg sustava peći za proizvodnju cementa. Ciklusi nastaju uslijed varijacije sposobnosti materijala unutar sustava peći da apsorbira ili emitira tvari. Sposobnost apsorpcije materijala varira s njegovim fizikalnim i kemijskim stanjem, koje nasuprot tome ovisi o njegovom položaju unutar sustava rotacijske peći. Primjerice, materijal koji napušta fazu kalcinacije u postupku proizvodnje u rotacijskoj peći ima visok sadržaj slobodnog vapna i stoga ima visoku sposobnost apsorpcije kiselih spojeva poput  $\text{SO}_2$ . Međutim, kad isti materijal prijeđe u fazu sinteriranja dio apsorbiranoga sumpora emitira se natrag u plinovito stanje. Ova varijacija, u kombinaciji s protustrujanjem zraka i krutih tvari kroz sustav rezultira time da se mnoge onečišćujuće tvari vežu za klinker, a koje bi se inače potencijalno emitirale u zrak.

Vrsta proizvodnog postupka u peći također ima značajan utjecaj na količinu emisija u zrak. Dio za predgrijavanje u peći u kojoj se primjenjuje suhi postupak proizvodnje cementa vrlo učinkovito upija nepostojane ili kisele spojeve poput sumpornih oksida. Do toga dolazi uslijed visoke razine doticaja plinova i krute tvari sa sirovinskim brašnom unutar ciklona, što djeluje kao suhi sustav otprašivanja.

Mokri dio (stražnji dio) peći u kojoj se primjenjuje mokri postupak proizvodnje cementa također upija onečišćujuće tvari, ali nije tako učinkovit kao predgrijač. Peći za mokri postupak proizvodnje cementa također emitiraju veću masu nekih onečišćujućih tvari po toni proizvedenog klinkera u usporedbi sa suhim pećima zbog činjenice da zahtijevaju veću potrošnju goriva i jača strujanja plinova.

### 2.3.1 Prašina iz peći, alkali i sustav *bypass-a* na peći

U cementnoj se industriji kontroliraju razine alkala, sumpora i klorida (hlapljive komponente) u proizvodnji klinkera kako bi se postigla tražena kvaliteta cementnog proizvoda. Hlapljive komponente mogu predstavljati problem u sustavu peći budući da visoke razine mogu uzrokovati blokade u ciklonskim predgrijačima ili stvoriti prstenove u ulaznoj zoni rotacijske peći.

Cementnoj industriji je na raspolaganju nekoliko mogućnosti kontrole alkalnog sadržaja u klinkeru. Pomna kontrola alkalnog sadržaja u sirovinama je moguća no njezina izvedivost ovisi o raspoloživosti sirovina s niskim udjelom alkala.

U pećima u kojima se primjenjuje morki postupak za proizvodnju cementa dio hlapljivih komponenti isparava u dijelu za sinteriranje, ali se kondenziraju u zoni za sušenje na finim česticama. Stoga, ako se za hvatanje koriste elektrostatski taložnici (EPs), udio prašine iz cementne peći (CKD) koji sadrži najveće koncentracije hlapljivih komponenti može se odstraniti dok se ostatak prašine reciklira (odabirom odgovarajućih polja na elektrostatskim taložnicima). Recikliranje se može postići uvođenjem prašine iz cementne peći u rotacijsku peć korištenjem posebno izrađenih crpki/lopatice u cilindričnim zidovima peći, ili češće, ubrizgavanjem prašine iz cementne peći u zonu gorenja peći. U pećima za suhi postupak, prašina iz cementne peći često se miješa sa sirovom masom radi ponovnog uvođenja ili se dio direktno ubacuje u cementni mlin. Elektrostatski taložnici obično prikupljaju količinu koja odgovara količini od 10% proizvedenog klinkera.

Inherentna sposobnost apsorpcije predgrijača suhih peći može uzrokovati probleme s blokadom u ciklonskim sustavima uglavnom zbog nakupina hlapljivih komponenti. Jedna od mogućnosti obuzdavanja razine hlapljivih komponenti je korištenje „bypassa“ kako bi se dio struje plina opterećenog česticama odveo iz stražnjeg kraja peći i izvan ciklonskoga sustava i kako bi se hlapljive komponente kondenzirale hlađenjem. Ponekad je potreban „bypass“ za do 100% plinova iz peći iako je to možda ekstremna razina i 30% bi bilo uobičajeno. Navedeni mlaz u bypassu može sadržavati visoku razinu onečišćujućih tvari (čestice i sumporni oksidi) i mora se tretirati odvojeno (vidi dolje). Čestice odstranjene iz mlaza u bypassu sadrže visoku razinu hlapljivih komponenti.

Prašina iz cementne peći kao i prašina iz *bypassa* može se u potpunosti vratiti u postupak pod uvjetom da se kontrolira razina lužina. U industriji proizvodnje vapna, materijal prikupljen u opremi za smanjenje onečišćujućih tvari na peći sadrži visoke razine  $\text{CaCO}_3$ , ali sadrži i pepeo (ovisno o vrsti goriva) i živo vapno. Sastav i fina (praškasta) priroda ovoga materijala čini ga nepodobnim za izravno recikliranje

### 2.3.2 Kruženje ostalih tvari

O kruženju ostalih tvari i tvari koje se iz peći emitiraju u zrak govori se u Odjeljku 2.3.

### 2.4 Sirovine i kamenolomi

Primarne sirovine uglavnom se eksploatiraju u kamenolomima koji se nalaze u blizini postrojenja za proizvodnju cementa ili vapna i uglavnom su dio postrojenja ako su povezani i nastavljaju se kao dio proizvodnoga postupka na određenoj lokaciji. Pored toga, kamenolomi koji su povezani u proizvodni postupak često se koriste i za odlaganje krutog otpada, posebice otpadne prašine, bilo iz postrojenja za smanjenje onečišćenja ili iz drugih dijelova postupka. Operateru se savjetuje razmotriti opseg postrojenja s tijelom nadležnim za donošenje propisa.

Sirovine poput vapnenca eksploatiraju se korištenjem tehnike eksploatairanja čvrstih stijena. Emisija čestica može se pojaviti u bilo kojoj fazi postupka u kamenolomu; kontrola mlinova i transportnih traka smatra se najboljom raspoloživom tehnikom. Postupak obično uključuje bušenje i miniranje kamena nakon čega slijedi lomljenje i drobljenje. Peći za proizvodnju vapna uglavnom koriste grublju i čišću sirovinu vapnenca od postupka za proizvodnju cementa. Uobičajeno je da se postupak finog mljevenja vrši u postrojenju za proizvodnju cementa, a ne u samom kamenolomu.

Materijali poput krede i gline eksploatiraju se u mokrom stanju te je stoga mogućnost emisije prašine mnogo manja nego pri iskapanju čvrstih stijena.

U proizvodnji cementa moguća je potreba i drugih sirovinskih materijala kako bi se prilagodio kemijski sastav sirovinskog brašna uključujući prijesak, željezni oksid i boksit. Skladištenje i rukovanje ovim materijalima može rezultirati emisijom prašine. Sekundarne sirovine kao što su filterska prašina, troska i drugi otpadni materijali koji nastaju u postupku proizvodnje mogu djelomično zamijeniti primarne sirovine i aditive ovisno o njihovoj kemijskoj podobnosti i emisijama u okoliš koje su vezane uz njihovu uporabu.

Sustavi miješanja sirovinskih materijala i analize na licu mjesta dokazuju poboljšanu kvalitetu proizvoda i smanjuju emisije kako pri skladištenju tako i pri postupku proizvodnje u peći.

Zaključci NRT-a

1. Za nova postrojenja i zamjenu peći u postojećim postrojenjima najboljom raspoloživom tehnikom u proizvodnji cementnog klinkera smata se suhi postupak s više stupnjeva predgrijača i predkalcinacijom. Toplinska bilanca vezana uz primjenu NRT iznosi 2900-3300 MJ/toni klinkera.
2. Operateri bi mogli opravdati odstupanja od gore navedenoga na temelju raspoloživih sirovina poput krede.
3. korištenje zamjenskih agregata uzimajući u obzir općeniti utjecaj na okoliš.
4. Postojeća bi postrojenja mogla unaprijediti operativni sustav proizvodnoga postupka korištenjem suvremenog nadzora proizvodnog postupka.

## 2.5 Tvari koje se ispuštaju iz peći za proizvodnju cementa

Osnovne emisije iz postupka proizvodnje cementa su emisije u zrak iz dimnih plinova peći, hladnjaka klinkera i mogućih obilaznih (bypass) plinova. Postoji mogućnost i značajne emisije prašine iz cementne peći u tlo ovisno o alkalnom sadržaju korištenih sirovina. Onečišćavajuće emisije su rezultat određenog kemijskog sastava sirovina i goriva koji se koriste. Slične emisije mogu nastati i u proizvodnji vapna.

Operater je dužan izvijestiti o emisiji  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , čestica i o ostalim emisijama.

Oksidi dušika

Postoje dva osnovna mehanizma koji djeluju u bilo kojem procesu izgaranja na stvaranje  $\text{NO}_x$ : oksidacija molekularnoga dušika u zraku za izgaranje (poznat pod nazivom termički  $\text{NO}_x$ ) i oksidacija dušikovih spojeva u gorivu ( $\text{NO}_x$  u gorivu).

U proizvodnji cementa i vapna, termički  $\text{NO}_x$  je bitan put nastajanja  $\text{NO}_x$ .

Stvaranje termičkog  $\text{NO}_x$  bitno ovisi o temperaturi izgaranja s primjetnim povećanjem nastanka iznad  $1400^\circ\text{C}$ .

U proizvodnji cementa, budući da je temperatura plamena u peći oko  $2000^\circ\text{C}$ , najveća količina termičkog  $\text{NO}_x$  stvara se u zoni sinteriranja. U fazi kalcinacije temperature su od  $800\text{--}900^\circ\text{C}$  što nije dovoljno visoka temperatura za stvaranje značajnije količine  $\text{NO}_x$  u usporedbi s  $\text{NO}_x$  u gorivu. Budući da u predkalcinatorima u fazi kalcinacije izgori do 60% goriva, količina proizvedenoga  $\text{NO}_x$  je manja od one u pećima za mokri postupak gdje svo gorivo izgara u fazi sinteriranja. Međutim, neke studije su pokazale da se pri usporedbi suhih peći s predgrijačem i predkalcinatorom smanjenje stvaranja termičkog  $\text{NO}_x$  može poništiti povećanom proizvodnjom  $\text{NO}_x$  u gorivu u predkalcinatorima.

U pećima za proizvodnju vapna temperatura plamena može biti niža nego pri proizvodnji cementa te stoga i udio termičkog  $\text{NO}_x$  može biti manji.

Stvaranje  $\text{NO}_x$  ovisi također i o količini viška zraka koja je prisutna u plamenu, s većom mogućnošću stvaranja spojeva s kisikom.

Različita svojstva sirovine mogu utjecati na količinu proizvedenog  $\text{NO}_x$ . Primjerice, neki vapnenac zahtijeva daleko manje pečenja od drugih da bi se proizveo cementni klinker i kao rezultat toga proizvodi se manje termičkog  $\text{NO}_x$  i  $\text{NO}_x$  u gorivu po toni proizvedenog klinkera. U proizvodnji pečenog dolomita potrebne su više temperature u peći te se stoga proizvode veće razine  $\text{NO}_x$ .

Pored toga, neke sirovine sadrže kemijski vezani nitrogen koji pri temperaturama od  $300\text{--}800^\circ\text{C}$  prelazi u  $\text{NO}_x$ . Međutim, ovaj izvor  $\text{NO}_x$  je uglavnom beznačajan u postupcima proizvodnje cementa i vapna.

### **2.5.1 Sumporni oksidi**

Emisija sumpornih oksida iz postupka proizvodnje cementa i vapna nastaje iz dimnih plinova peći. Emisija je uglavnom u obliku  $\text{SO}_2$  (99%) iako se proizvodi i nešto  $\text{SO}_3$ , a u manjim uvjetima može nastati  $\text{H}_2\text{S}$ .

Sumporni oksidi nastaju uslijed sumpornog sadržaja goriva i sirovina. Sirovine poput vapnenca mogu sadržavati sumpor u obliku sulfata (npr. kalcij sulfat), sulfida (npr. pirit) i organskih spojeva.

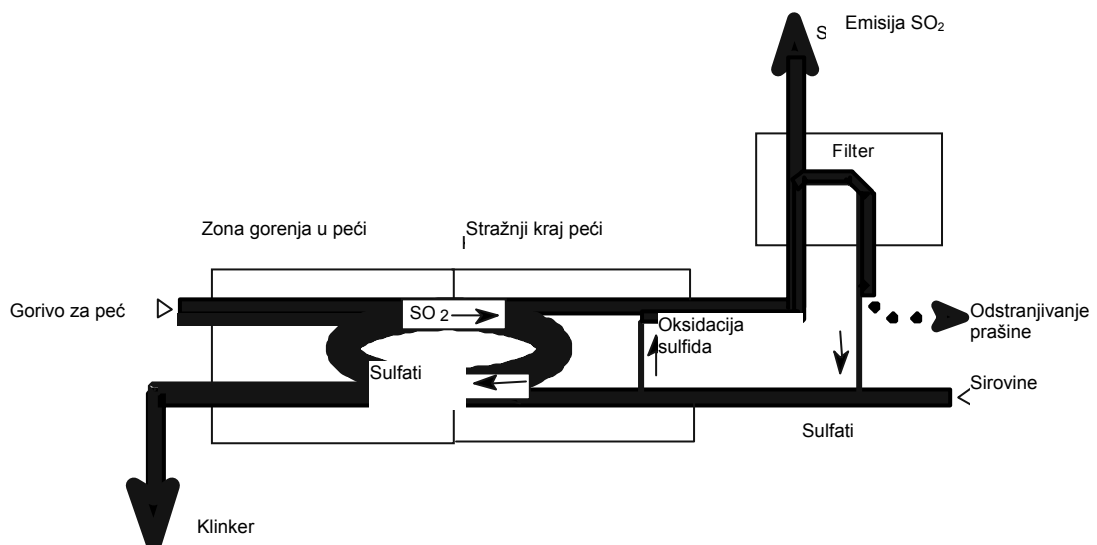
Udio sumpora emitiranog iz peći za proizvodnju cementa ovisi o ravnoteži između apsorpcije i emisije  $\text{SO}_2$  na raznim stupnjevima proizvodnoga postupka. Mehanizmi emisije sumpora još uvijek nisu sasvim poznati i podaci navedeni u raspravi koja slijedi su indikativni za neke peći, ali postoje iznimke. Primjerice, iako je uglavnom prihvaćeno da peći za suhi postupak bolje apsorbiraju  $\text{SO}_2$  od peći za mokri postupak, neke peći za mokri postupak su vrlo dobre u apsorpciji i zadržavaju više od 90% sumpora. Kapacitet apsorpcije peći varira u odnosu na ravnotežu kemijskog sastava, alkala, sulfata i klorida, temperaturom, udio kisika i izvedbu peći.

Kemijske reakcije sa  $\text{SO}_2$

$\text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_4$
$\text{K}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{K}_2\text{SO}_4$
$\text{CaO} + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3$
$\text{CaCO}_3 + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2$
$\text{CaSO}_3 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CaSO}_4$

Slika gore prikazuje kruženje sumpora u sustavu peći za mokri postupak. Od 30 do 80% sulfata koji ulaze u zonu sinteriranja u peći mogu se rastaviti i stvoriti  $\text{SO}_2$ , točna količina ovisi o sirovinama i uvjetima izgaranja u peći. Do apsorpcije  $\text{SO}_2$  u tom slučaju može doći u oblaku prašine unutar peći i vlažnim uvjetima apsorpcije u zoni koja se nalazi na stražnjem kraju peći dok dimni plinovi iz peći prolaze kroz zonu kalcinacije i sušenja. Međutim, uslijed općenito manje učinkovitog doticaja između plinova u peći i sirovine, u usporedbi s peći s predgrijačima, veća količina ukupnog sumpora može iscuriti iz zone apsorpcije. Emisije  $\text{SO}_2$  nastaju i iz sulfidnog sadržaja sirovina (kao i organskih sumpornih spojeva) koji se peče u zoni za sušenje/grijanje, na temperaturama između 400-600°C. Na navedenim temperaturama nema dovoljno kalcij oksida za reakciju s  $\text{SO}_2$ . Procjena je da do 30% ukupnog sumpora koji ulazi u peć za mokri postupak može biti emitirano u obliku  $\text{SO}_2$  u dimnim plinovima peći dok je ostatak apsorbiran u klinkeru i cementnoj prašini iz peći. Od navedenih emisija, do 50% može biti uzrokovano sumpornim sadržajem u gorivu pod pretpostavkom da se koristi sirovina s niskim udjelom sumpora, iako je doprinos iz sirovina često dominantan.

Kruženje sumpora u sustavu cementne peći u kojoj se koristi mokri postupak



U suhim predgrijačima oko 30% ukupnog unosa sulfida može napustiti sustav predgrijača u obliku  $\text{SO}_2$ . Tijekom izravne operacije, tj. kad je mlin sirovine isključen, većina se emitira u atmosferu. Tijekom operacije spajanja, tj. kad je mlin sirovine uključen, dodatnu količinu  $\text{SO}_2$  apsorbiraju čestice svježe mljevenog sirovinskog brašna u mlinu sirovina.



U roštiljnim predgrijačima apsorpcija  $\text{SO}_2$  je dobra budući da plin prolazi kroz turbulentni tok materijala od roštilja do peći i zatim prolazi niskim brzinama prvo kroz sloj materijala koji je djelomično kalciniran i zatim kroz vlažni kalcij karbonat u komori za sušenje.

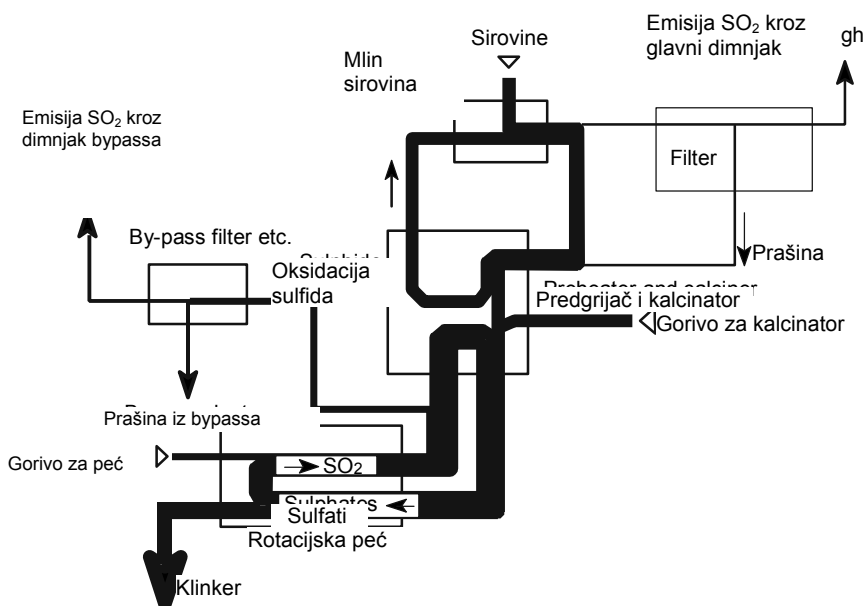
Sustavi za predkalcinaciju omogućuju izravniji kontakt između kalciniranih materijala (viši udio slobodnog vapna) i izlaznih plinova iz peći te se stoga može apsorbirati veći udio  $\text{SO}_2$  nego u predgrijačima. Međutim, treba primijetiti da predgrijači ili kalcinatori s bypassom mogu dovesti to značajne emisije  $\text{SO}_2$  osim ako se ne provodi operacija smanjenja onečišćenja mlaza u bypassu. Plinovi u bypassu ne prolaze kroz ciklonske predgrijače te stoga u tom dijelu nema apsorpcije  $\text{SO}_2$ .

U dugim pećima u kojima se koristi suhi postupak kapacitet kemijske apsorpcije  $\text{SO}_2$  je uglavnom manje učinkovit od onoga u suhim predgrijačima uslijed smanjenog doticaja dimnih plinova peći i sirovina.

U proizvodnji vapna, u većini slučajeva, samo se mali dio sumporovog dioksida koji nastaje unutar peći (bilo iz sirovina ili iz goriva) emitira u atmosferu, budući da je uglavnom ugrađen u vapno kemijskim spajanjem.

Peći s fluidiziranim ložištem su posebno učinkovite u apsorpciji  $\text{SO}_2$  zahvaljujući visokom doticaju plina i toka krutih tvari. Međutim, moguće je upravljati rotacijskim pećima za proizvodnju vapna i bez bypassa kako bi se smanjila apsorpcija sumpora u živom vapnu što dovodi do viših razina  $\text{SO}_2$  u dimnim plinovima peći.

#### Kruženje sumpora u predgrijaču ili predkalcinatoru



### 2.5.2 Čestice

Uslijed finoće sirovina koje se koriste u cementnim pećima, stvaranje čestica je neizbježno i one će prijeći iz dimnih plinova peći u atmosferu ukoliko se ne koriste tehnike za smanjenje onečišćenja. Dimni plinovi iz hladnjaka cementnog klinkera također predstavljaju izvor emisije čestica.

Hlađenje klinkera na temperaturu koja je pogodna za prijenos i mljevenje zahtijeva veći volumen zraka od onoga koji je potreban za izgaranje u učinkovitom sustavu peći.

Korištenjem roštiljnih hladnjaka, nakon maksimalnog povrata topline za postupak predzagrijavanja, predkalcinacije i sušenja materijala i uglja, višak zraka iz (hladnog) ispusnog otvora ventilira se u zrak putem opreme za prikupljanje prašine koja mora biti u stanju izdržati varijacije u mlazu zraka i temperature koji nastaju udarom materijala u peći.

Kod planetarnih hladnjaka ne postoji mogućnost korištenja viška zraka, i takvim hladnjacima bi postizanje zadovoljavajućih temperatura klinkera predstavljalo problem bez uporabe vanjskih ili unutarnjih sustava prskanja vodom. Budući da se zrak za hlađenje iz planetarnih hladnjaka uvlači u peć putem ventilatora, mogućnost emisije praškastih tvari je znatno smanjena. Rotacijski hladnjaci također koriste unutarnje prskalice za vodu no ova praksa ima negativan utjecaj na toplinsku učinkovitost.

Pri rukovanju s rotacijskim pećima moguće je postaviti prstenove materijala oko oboda peći. Puknuće navedenih prstenova može izazvati mlaz čestica i prouzrokovati probleme na opremi za smanjenje onečišćenja.

U postupcima za proizvodnju vapna dolazi do stvaranja prašine uslijed trenja unutar sustava peći i iz prašine nastale od goriva. Međutim, razina prašine proizvedene u osovinskim pećima je sama po sebi manja nego u rotacijskim pećima. Postupak hidratacije također stvara mlaz čestica iz kojeg je, zbog vlažnosti, izuzetno teško izdvojiti čestice koje onečišćuju.

Prašina proizvedena u pećima za proizvodnju vapna uglavnom je manje gustoće od one u proizvodnji cementa i uglavnom ju je teže očistiti.

Čestice se proizvode i u svim ostalim proizvodnim postupcima. Emisije prašine niske razime, primjerice pri rukovanju materijalom, mogu biti značajnije od emisija iz postupaka u peći i hidratoru.

### 2.5.3 Ostale emisije

#### Organski spojevi

Dokazi mjerenja koja je provela industrija cementa sugeriraju da emisija organskih spojeva iz sustava peći nastaje uglavnom zbog malih količina organskih materijala sadržanih u sirovinama, a ne zbog goriva. To je zbog toga što bi uvjeti unutar tipične peći (temperature više od 1400°C i vrijeme boravka više od tri sekunde) trebali učinkovito uništiti organske spojeve u gorivu, ali, kao što je slučaj sa sumporom, bilo koji nepostojani/hlapljivi organski sadržaj u sirovinama može se emitirati u dimne plinove peći bez izlaganja visokim temperaturama.

Do stvaranja dioksina može doći u bilo kojem sustavu izgaranja pod uvjetom da ima raspoloživog klora i organskih spojeva. Uvjeti izgaranja unutar peći trebali bi osigurati učinkovito uništavanje svih postojećih dioksina. Međutim, postoji mogućnost *de novo* sinteze pri temperaturi od 200-450°C. Do toga može doći uslijed reakcije klora s bilo kojim organskim spojem koji je ishlapio iz sirovine kako se plinovi u peći hlade.

Istraživanja su pokazala da može doći do stvaranja tragova kloriranih aromatičnih spojeva i u predgrijaču cementnih peći u kojima se koristi suhi postupak.

## **Ugljikovi oksidi i sigurnosno isključivanje elektrostatskih taložnika zbog prekomjerne koncentracije CO**

Ugljikov dioksid se neizbježno proizvodi u postupku proizvodnje u peći u fazi kalcinacije i pri sagorijevanju goriva.

Ugljikov monoksid (CO) može nastati uslijed nepotpunog izgaranja goriva i iz bilo kojeg ugljičnog sadržaja u sirovinama. Doprinos iz sirovina, zbog predzagrijavanja, napustit će peć s dimnim plinovima, ponovno slično sumporu.

Treba primijetiti da doprinos stvaranju ugljikovog monoksida iz sirovina u proizvodnji cementa može biti vrlo značajan u usporedbi s onim koji nastaje pri izgaranju.

Nadzor razine CO je vrlo bitan u pećima za proizvodnju cementa i vapna kad se za smanjenje onečišćenja česticama koriste elektrostatski taložnici (EPs), kako bi se koncentracije držale daleko ispod donje granice eksplozivnosti. Ukoliko razina CO u elektrostatskom taložniku raste (uobičajeno do 0,5% u volumenu), električni sustav se isključuje kako bi se eliminirala opasnost od eksplozije. To dovodi do emisije čestica iz peći koje nisu prošle postupak smanjenja onečišćenja što može izazvati značajne lokalne probleme s prašinom. Oslobođanje CO mogu izazvati nestabilne operacije sustava za izgaranje koje su često uzrokovane pri unosu krutog goriva. Sustavi za unos krutog goriva moraju biti izvedeni na način da sprječavaju nagli unos goriva u plamenik. Udio vlage u krutim gorivima je posebno kritičan čimbenik u ovom smislu i mora se pažljivo nadzirati kako bi se spriječili zastoji ili blokade u sustavima za pripremu i unos goriva.

### **Metali i klor**

Metali koji se emitiraju iz sustava peći nastaju iz količina sadržanih u sirovinama i gorivu.

Emisiju metala karakterizira kruženje unutar sustava peći i njihova nepostojanost/hlapljivost. Metali (i spojevi tih metala) mogu se podijeliti u tri skupine:

- otporni na toplinu i habanje (relativno postojani), uključujući barij, berilij, krom, arsen, nikal, vanadij, aluminij, titan, kalcij, željezo, mangan i bakar;
- djelomično nepostojani/hlapljivi poput antimona, kadmija, olova, selena, cinka, kalija i natrija; i
- nepostojani/hlapljivi, poput žive i talija.

Metali se emitiraju iz sustava peći apsorbirani u klinkeru ili živom vapnu, u dimnim plinovima peći ili u prašini iz cementne peći (CKD) ili prašini vapnenca. Visok alkalni sadržaj i postupak otprašivanja unutar peći pridonosi zadržavanju metala u klinkeru/živom vapnu. Mjerenja vršena na cementnim pećima daju naznake da se <0.1% postojanih metala i <0.5% djelomično hlapljivih metalnih spojeva koji ulaze u peć emitira u dimnim plinovima peći. Međutim, djelomično hlapljivi metali imaju tendenciju kondenziranja u cementnoj prašini (CKD) i u nekim slučajevima koncentracije mogu biti i do nekoliko puta veće nego u klinkeru. Hlapljivi metali dijelom ostaju u dimnim plinovima peći.

Metalni kloridi su nepostojaniji od elementarnoga oblika. U proizvodnji cementa klor napušta peć u obliku alkalnih soli u cementnoj prašini (CKD). Industrija proizvodnje cementa bi stoga mogla pospješiti stvaranje alkalnih metalnih klorida kako bi se smanjile rezidualne vrijednosti alkala u klinkeru.

### **Amonijak**

Postoji više lokacija na kojima se proizvodi cement diljem svijeta gdje su amonijak i amonijske soli sadržane u sirovini koja se unosi u peć. Amonijak može reagirati s kloridima i možda sa sulfatima kako bi tvorili amonijske soli koje napuštaju peć s dimnim plinovima. U donjem mlazu peći za hlađenje ili u atmosferi, može nastati gusti dim kondenziranih amonijskih soli što rezultira vidljivim dimom.

## **2.5.4 Ostala pitanja koja utječu na okoliš**

### **Planirane operacije u kamenolomu**

Tijekom proizvodnje cementa, značajne emisije SO<sub>2</sub> mogu nastati iz sumpora koji se nalazi u određenim sirovinama. U ovom trenutku to nije problem za industriju cementa u Republici Hrvatskoj. Navodi se da varijacija može biti od čimbenika 4 do čimbenika 10. Operater može istražiti kamenolom i provesti selektivna iskapanja kako bi se postigla kontrolirana, ujednačena emisija SO<sub>2</sub> tijekom cijelog radnog vijeka u kamenolomu. Korist od toga je ujednačenija emisija iz dimnjaka sa smanjenim najvišim vrijednostima SO<sub>2</sub>.

### **Razrjeđivači kaše**

Materijali poput natrijevih karbonata, silikata i fosfata kao i lignin-sulfonata i modificiranih petrokemikalija koriste se za razrjeđivanje kaše u mokrom i polu-mokrom postupku proizvodnje cementa. Operateri moraju uključiti navedene materijale u inventar sirovinog materijala za proizvodni postupak.

### **Zamjenski agregati**

U proizvodnji cementa postoji značajan potencijal za korištenje zamjenskih materijala bogatih pelitom, silikatima i željezom. Postojeći primjeri uključuju:

- leteći pepeo koji se koristi kao zamjena za glinu,
- pijesak iz talionica koji se koristi kao zamjena za nekorišteni pijesak,
- korištenje materijala iz proizvodnje željeza i čelika bogatih željeznim oksidom.

Od cementnog se sektora očekuje da aktivno koristi zamjenske sirovine uzimajući u obzir ekonomiju sektora odlagališta otpada koja se mijenja. Provođenje Direktive o odlagalištima otpada (99/31/EC) u Hrvatskoj dat će značajan poticaj navedenim inicijativama.

### **Smanjenje onečišćenja mineraliziranog klinkera**

U proizvodnji mineraliziranog klinkera koriste se agensi za čišćenje kako bi se smanjile temperature sinteriranja i povećala aktivnost klinkera. Korist za okoliš je dvojaka, može se smanjiti unos goriva i potrebno je manje klinkera po toni miješanog cementa. Otpor kupaca ograničava široku uporabu navedene tehnike.

## **2.6 Suspajivanje otpada**

Konvencijalna goriva se sve više zamjenjuju nekonvencijalnim ne-fosilnim gorivima kako bi se povećala učinkovitost resursa i iz ekonomskih razloga. Navedena goriva mogu biti plinovite, tekuće, grubo lomljene, praškaste ili muljevite prirode.

Korištenje sekundarnih goriva u peći za proizvodnju cementa ili vapna podliježe ishođenju dozvole. Dozvola se izdaje samo nakon testiranja kojima se utvrđuju performanse peći i emisije pri korištenju smjese goriva kako bi se donijela odluka o postotku zamjenskog goriva kako bi se utvrdile granične vrijednosti emisije i ostali uvjeti za ishođenje dozvole uzimajući u obzir Odluku Vlade br. 128/2002 o spaljivanju otpada, (o tehničkim uvjetima, operativnim uvjetima spaljivanja goriva i tehnološkim graničnim vrijednostima emisije pri spaljivanju otpada) kao i zahtjeve NRT-a za zaštitom okoliša u cjelini.

Sekundarna goriva mogu se koristiti na brojne načine ovisno o njihovim termičkim i fizikalnim svojstvima. Cementne peći rade uz najniže razumne čimbenike viška kisika kako bi se gubitak topline držao na najmanjoj mogućoj razini. To zahtijeva vrlo ujednačeno i pouzdano mjerenje goriva kao i da je gorivo prisutno u obliku koji omogućuje lako i potpuno izgaranje (postupak pripreme goriva i skladištenje goriva). Navedene uvjete ispunjavaju sva konvencionalna ili alternativna goriva ukoliko su u obliku praha, tekućine ili plina. Stoga glavni unos goriva koji se uvodi kroz glavni plamenik u vruću zonu rotacijske peći mora biti te vrste.

Postoje i druge točke unosa goriva u sustav peći i na njima se može koristiti gorivo u drugom obliku. Te dodatne točke su:

- putem lijevka za unos na prijelaznoj komori na ulaznom dijelu rotacijske peći (za kruta goriva),
- putem plamenika do elevatora,
- putem plamenika predkalcinatora u predkalcinator,
- putem lijevka za unos goriva u predkalcinator (za kruta goriva),

Plinovita, tekuća alternativna goriva i alternativna goriva u obliku finog praha mogu se puniti u sustav peći putem jedne od navedenih točki unosa. Grubo lomljeno gorivo i gorivo u obliku grumenja može se (uz neke iznimke) unositi u prijelaznu komoru. Sve to podliježe reprezentativnim testiranjima prije no što se utvrde uvjeti za izdavanje dozvola.

Priprema alternativnog goriva obično se izvodi izvan postrojenja za proizvodnju cementa od strane opskrbljivača ili specijaliziranih organizacija, iako je trend za gume u drugim dijelovima Europe priprema na licu mjesta kako bi se mogla kontrolirati kvaliteta goriva. O postupcima pripreme goriva ne govori se u ovim Uputama.

### **2.6.1 Fizikalna svojstva goriva**

Tekuća su goriva lakša za rukovanje i lakše sagorijevaju te dovode do stabilnijih uvjeta u peći (npr. zamjena dijela krutog goriva sekundarnim tekućim gorivima na nekim lokacijama dovela je do smanjenja NO<sub>x</sub> uslijed poboljšanih svojstava plamena).

### **2.6.2 Sastav goriva**

Potrebno je odrediti vrste i količine sastavnica goriva koje doprinose onečišćujućim emisijama te izvršiti zamjene kako bi se emisije svele na najmanju moguću mjeru, npr:

- Nizak udio sumpora kako bi se emisije SO<sub>2</sub> iz goriva svele na najmanju moguću mjeru.
- Nizak udio dušika kako bi se emisije NO<sub>x</sub> svele na najmanju moguću mjeru. Primjerice, izgaranje koksa može dovesti do povećanih emisija NO<sub>x</sub> u usporedbi s ugljenom, no na to se može djelovati korištenjem drugih vrsta alternativnog goriva (npr. papirni otpad)
- Nizak udio metala. Udio metala ima dva osnovna učinka. Nepostojani metali, poput žive, nastoje napustiti peć u dimnim plinovima stoga se svako povećanje udjela žive u gorivu može odraziti povećanim emisijama. Djelomično hlapljivi metali nastoje se kondenzirati na cementnoj prašini i prašini vapnenca onemogućavajući naknadnu sanaciju.

### 2.6.3 Zahtjevi NRT-a

NRT je odgovarajući odabir analize sirovina, miješanja, nadzora proizvodnoga postupka, goriva, izvedbe peći i postrojenja za smanjenje emisija.

## 2.7 Energetski zahtjevi specifični za sektor

Operator mora kao dio zahtjeva za izdavanje dozvole demonstrirati da su prijedlozi NRT ili priložiti plan unaprjeđenja.

NRT zahtjevi

### 1. Energetski učinkovite tehnike/tehnologije

Odabir procesa proizvodnje cementa: prijelaz s konvencionalnog mokrog i polu-mokrog postupka na suhi postupak s višestupanjskim predgrijačem i predkalcinatorom. Ova je opcija identificirana kao NRT za nova postrojenja i za zamjenu peći u postojećim postrojenjima.

Unaprjeđenje upravljanja procesom: optimizacija sustava peći odnosi se na sve peći i može podrazumijevati mnogo elemenata od instaliranja ekspertnih sustava upravljanja, obuku zaposlenika koji upravljaju pećima, pripremu sirovina, nadzor punjenja gorivom, nadzor kvalitete proizvoda.

Povrat viška topline iz dimnih plinova: može se koristiti za sušenje sirovina, uglja ili mase za međumljevenje, proizvodnju električne energije.

Mineralizirani klinker: dodati mineralizatore poput kalcij fluorida i time -

- povećati aktivnost klinkera i smanjiti sadržaj klinkera u cementnim proizvodima smanjujući time potrošnju energije po jedinici mase cementnog proizvoda te
- smanjiti temperaturu u zoni sinteriranja kako bi se smanjila količina potrebnog unosa goriva.

Miješani cementi: smanjenje sadržaj klinkera u cementnim proizvodima smanjuje potrošnju energije po jedinici mase cementnog proizvoda. Primarni materijali koji se dodaju su troska, hidratizirano vapno, leteći pepeo, cementna prašina i pucolani.

Sustavi upravljanja energijom: Instalirati sustave nadzora uvjetnog pokretača kako bi se osigurao brzi odziv napona za pumpe, ventilatore i kompresore. Za izmjenične motore mogu se primijeniti pogoni varijabilne brzine za crpke, ventilatore, kompresore, transportne trake i mehanizaciju.

Energetski učinkovita oprema: Instalirati električne učinkovite motore koji su posebno izvedeni za postizanje učinkovitosti poput sustava za upravljanje pogonima peći.

Zamjenska goriva: korištenje zamjenskih goriva nije striktno govoreći tehnologija uštede energije budući da samo zamjenjuje fosilna goriva, međutim, ovisno o gorivu koje se koristi, može dovesti do smanjenja emisija ugljika.

## 2.8 Čestice

U novim je postrojenjima potrebno koristiti vrećaste (platnene) filtere i zamijeniti elektrostatske taložnike (EPs) u slučaju obnove mlinova za cement, sirovinsko brašno i ugalj. Moraju se koristiti uz pažljiv nadzor temperature koristeći zračne izmjenjivače topline.

Platno mora sadržavati više pregrada koje se mogu pojedinačno izolirati u slučaju oštećenja vreće. Njih treba biti dovoljno kako bi se zadržale prikladne performanse i u slučaju oštećenja vreće. Potrebni su i detektori puknuća vreće na svakoj pregradi ili sustav kojim bi se ciklus čišćenja u pregradi povezao s glavnim sustavom za nadzor prašine kako bi se ukazalo na potrebu servisa određene pregrade kad dođe do oštećenja.

Iako nije vjerojatno da vrećasti (platneni) filteri izazovu eksploziju nepotpuno izgoranog goriva ili eksplozivnih mješavina plinova, može doći do njihova oštećenja ukoliko do takvih eksplozija dođe negdje dalje. Potrebno je instalirati ventilaciju u slučaju eksplozije, posebice u sustavima koji koriste gorivo u prahu kod kojih su također potrebni detektori vatre i oprema za automatsko suzbijanje vatre.

Preporučuju se vrećasti (platneni) filteri zbog svoje jednostavnosti, pouzdanosti, većeg postotka izdvajanja od elektrostatskih taložnika te zbog ekonomske konkurentnosti. Nadalje, mogu odstraniti SO<sub>2</sub> apsorpcijom u alkalnom kolaču prikupljene prašine na površini vreća, posebice u proizvodnji vapna. Također se odstranjuju tvari koje se apsorbiraju u česticama poput dioksina/furana i metala ukoliko su prisutni. Novije dostignuće su vrećasti filteri impregnirani katalizatorima koji uništavaju dioksine i furane.

**Elektrostatski taložnici (EP)** mogu postići koncentraciju izlazne prašine od manje od 30 mg/Nm<sup>3</sup>. U primjerima gdje postojeći EP ne ispunjavaju ovu normu, operateri su dužni dostaviti procjenu prijedloga unaprjeđenja. Tehnike unaprjeđenja uključuju:

- uvođenje lopatica kako bi se izjednačili tokovi plina;
- unaprjeđenje električnih sustava;
- optimizacija ciklusa udara;
- razmatranje mogućnosti korištenja kondicijskih tornjeva za hlađenje u uzlaznom toku EP-a kako bi se uvela vodena para u struju plina i poboljšale performanse taložnika;
- razmatranje mogućnosti uporabe mlaznica u dovodu kako bi se omogućio nadzor temperature plinova;
- potrebno je razmotriti mogućnost zamjene izlaznog polja EP-a vrećastim filtrima ili potpunu zamjenau vrećastim filtrima u primjerima gdje su potrebni veliki zahvati unaprjeđenja.

Značajne promjene u svojstvima plina koji ulazi u elektrostatske taložnike može se postići isprekidanim radom mlinova za sirovine kroz koje se ispuštaju dimni plinovi iz peći. Operateri moraju dokazati da postoje postupci za upravljanje pokretanjem i isključivanjem mlinova za sirovine kako bi se eliminirale nagle izmjene u uvjetima plinova i optimizirao rad elektrostatskih taložnika (EP).

Nedostak elektrostatskih taložnika je u riziku od izazivanja eksplozije djelomično sagorjelih smjesa plinova do čega dolazi uslijed nepotpunog izgaranja u peći. Rizik se svodi na najmanju moguću mjeru automatskim isključivanjem elektrostatskih taložnika u slučaju kad sadržaj ugljičnog monoksida u plinu iz peći koji ulazi u elektrostatski taložnik dosegne unaprijed određenu razinu (ispod donje granice eksplozivnosti). Emisije čestica značajno će porasti tijekom sigurnosnog isključivanja zbog prekomjernog sadržaja CO, stoga je potrebno učiniti sve napore kako bi se trajanje i učestalost isključivanja sveli na najmanju moguću mjeru. Pretpostavlja se da kratkotrajna isključivanja elektrostatskih taložnika dovode do manje količine emisije čestica tijekom vremena u usporedbi s alternativom zaustavljanja i ponovnog pokretanja peći. Elektrostatski taložnici bi trebali biti opremljeni opremom za brzo mjerenje i regulaciju kako bi se broj isključivanja zbog prekomjernog sadržaja CO sveo na najmanju moguću mjeru.

Opskrbljivači opremom rade na razvoju tehnologije koja smanjuje voltažu umjesto potpunog isključivanja sustava, i koja se temelji na pažljivom praćenju razine CO i time smanjuje razdoblje u kojem je elektrostatski taložnik isključen. Ova se oprema mora još testirati u industrijskim uvjetima no potrebno je imati u vidu njenu raspoloživost.

**Šljunčani filteri** ne podliježu jednakim temperaturnim ograničenjima kao platneni filtri. Mogu pročišćavati plinove temperature više od 500°C, iako i oni najbolje djeluju u uvjetima niske razine vlage. Prikladni su za postupke hlađenja klinkera i mogu postići od 50 - 100 mg/Nm<sup>3</sup>, ali ne znatno niže od toga. Više se ne instaliraju budući da je trošak njihovog održavanja visok i jer se njihova učinkovitost ne može usporediti s učinkovitošću elektrostatskih taložnika i vrećastih filtera. Stoga u postojećim postrojenjima operateri moraju odrediti emisije i razmotriti mogućnosti unaprjeđenja.

## **2.9 Oksidi dušika**

Na raspolaganju su sljedeće tehnike smanjenja emisije oksida dušika u atmosferu.

### **2.9.1 Primarne mjere za smanjenje emisija NO<sub>x</sub>**

#### **Kontrola peći**

Pažljiva kontrola parametara pri spaljivanju u peći smanjit će stvaranje NO<sub>x</sub> i izjednačiti varijabilnost emisija. Kontrola sadržaja kisika vrlo je bitna za kontrolu NO<sub>x</sub>. Općenito, što je niža razina sadržaja kisika u primjerice stražnjem kraju cementne peći, proizvodi se manje NO<sub>x</sub>. Međutim to je potrebno uravnotežiti s povećanjem CO i SO<sub>2</sub> pri nižim razinama kisika.

Nekoliko opskrbljivača opremom za proizvodnju cementa razvilo je sustave automatske kontrole koji se uglavnom zasnivaju na kontroli sagorijevanja praćenjem razine NO<sub>x</sub>. Nekoliko proizvođača cementa prihvatilo je navedene sustave i izvješća navode da mogu dovesti do značajnih smanjenja ukupne emisije NO<sub>x</sub>.

Operateri bi trebali imati gotove strategije nadzora peći kako bi se osigurao optimalan rad peći.

#### **Odabir goriva i sirovina**



Neka goriva i sirovine sadrže više dušika od ostalih.

Fizikalno stanje goriva također utječe na emisiju NO<sub>x</sub>. Tekuća je goriva lakše kontrolirati i ona proizvode manje temičkih NO<sub>x</sub> od krutih goriva zbog smanjenja nastajanja lokalnih toplih mjesta. Kod krutih goriva, čini se da je stvaranje NO<sub>x</sub> vezano uz finoću; što je finije mljeveno, to je niži NO<sub>x</sub> ponovno vjerojatno vezano uz topla mjesta.

Operateri bi trebali imati osigurane mjere nadzora koje osiguravaju optimalnu razinu finoće usitnjavanja/mljevenja krutog goriva.

### **Hlađenje plamena**

Dodavanje vode u gorivo ili direktno na plamen smanjuje temperaturu i povećava koncentraciju hidroksilnih radikala. To može imati povoljan učinak na smanjenje NO<sub>x</sub> u zoni gorenja, postoje izvješća o učinkovitosti smanjenja od 0 - 50%. Potrebna je dodatna toplina kako bi voda isparila što uzrokuje nešto dodatne emisije CO<sub>2</sub> (približno 0.1 - 1.5%) u usporedbi s ukupnom emisijom CO<sub>2</sub> iz peći. Ubrizgavanje vode može dovesti do poteškoća u radu peći.

Operateri moraju dokazati da su razmotrili primjenu ove tehnike i pomno obrazložiti ukoliko ju ne smatraju odgovarajućom.

### **Plamenici s niskim NO<sub>x</sub> (ili s niskim primarnim zrakom)**

Načelo ovih plamenika je smanjenje lokaliziranih toplih mjesta uporabom induciranih vrtloga plina i niske razine primarnog zraka. Bilo je rasprava o učinkovitosti ovih plamenika u smanjenju razine NO<sub>x</sub>, no nesumnjivo je da je u nekim slučajevima primjene ostvareno smanjenje NO<sub>x</sub> od čak do 30%. Ovi su plamenici pogodni samo za rotacijske peći i trebali bi biti ugrađeni u takve peći.

### **Konfiguracija peći/tehnike stupnjevanog izgaranja**

Od cementnih peći, predgrijač/predkalcinator proizvodi najniže specifične emisije NO<sub>x</sub>, dok peći za vlažni postupak uglavnom proizvode najveće emisije zbog veće potrebe za gorivom. Neki od proizvođača peći razvili su tehnologiju peći niske razine NO<sub>x</sub>. Ova se tehnologija zasniva na stvaranju reduktivnih zona, primjerice u donjem dijelu komore predkalcinatore gdje je NO<sub>x</sub> kemijski reduciran. Višak CO koji se stvara u tim zonama oksidira u drugim dijelovima sustava primjerice u gornjim dijelovima komore kalcinatora.

Različite izvedbe peći za proizvodnju vapna temelje se na tehnologiji koja se koristi u suvremenim pećima za proizvodnju cementa. To uključuje tehnologiju pokretne roštiljne peći i osovinski plinski postupak kalcinacije.

Nova postrojenja bi trebala biti izvedena na način da u potpunosti koriste tehnologiju peći niske razine NO<sub>x</sub>.

Međutim, pri razmatranju ove tehnologije za proizvodnju vapna potrebno je uzeti u obzir opseg proizvodnje.

### **Paljenje u središtu peći**

U dugim pećima s mokrim i suhim postupkom stvaranje zone redukcije izgaranjem krutog goriva može smanjiti emisije  $\text{NO}_x$ . Na primjer, postoje dokazi da paljenje guma i komadića gume značajno smanjuje razine  $\text{NO}_x$  u proizvodnji cementa. Smanjenje je vjerojatno uzrokovano stvaranjem zone redukcije na mjestu gdje gore gume. Međutim, možda bi bilo potrebno povećati razinu kisika na izlaznom kraju peći kako bi uvjeti u peći bili dovoljno oksidirajući kako bi se emisije  $\text{SO}_2$  svele na najmanju moguću mjeru. Gume se mogu puniti u rotacijske peći korištenjem pravilno izvedenih sustava punjenja. Komadići gume obično se ne pale u glavnom plameniku peći već se koriste kao gorivo za kalcinatore ili ciklonske predgrijače u postupku proizvodnje cementa. Izviješća govore o smanjenju  $\text{NO}_x$  od 20-40%.

Tehnologija spaljivanja usred peći smatra se dokazanom u mnogim postrojenjima diljem svijeta. Slijedom navedenog, protokoli Agencije za testiranje guma trenutno se mijenjaju kako bi dali smjernice za postupak za izdavanje dozvola.

Stoga bi trebalo uvesti središnje spaljivanje gdje god je to moguće kako bi se emisije  $\text{NO}_x$  svele na najmanju moguću mjeru.

### **Mineralizirani klinker**

Dodavanje mineralizatora sirovinama je tehnologija kojom se postiže bolja kvaliteta klinkera i omogućuje smanjenje temperature u zoni sinteriranja. Smanjenje  $\text{NO}_x$  može biti između 10 i 15% ali postoje i izviješća o do 50%.

Kalcij fluorid je jedan od primjera mineralizatora, ali prekomjerni dodaci mogu dovesti do povećanih emisija HF.

Operateri moraju dokazati da su razmotrili uvođenje ove tehnologije za smanjenje temperature sinteriranja.

## **2.9.2 Sekundarne mjere za smanjenje emisija $\text{NO}_x$**

### **Selektivna nekatalitička redukcija (SNCR)**

Ubrizgavanje  **$\text{NH}_2$ -X spojeva** u sustav peći smanjuje stvaranje  $\text{NO}_x$  kemijski ga raščlanjujući na dušik i vodu. Neki opskrbljivači opremom za proizvodnju cementa nude takve sustave i navode se značajna smanjenja  $\text{NO}_x$ . Tehnika se zasniva na optimalnom rasponu temperature od oko 800 to 1000°C, i potrebno je osigurati dovoljno vrijeme zadržavanja kako bi ubrizgani agensi reagirali s NO. Optimalni raspon temperature lako je postići u predgrijačima i predkalcinatorima i možda u Lepol pećima. Drugi sustavi peći predstavljaju problem za fizičko ubrizgavanje u traženu temperaturnu zonu. Možda bi bilo moguće koristiti sustave za recikliranje prašine iz cementne peći (CKD) u ovu svrhu. Najčešći  $\text{NH}_2$ -X agens je amonijska voda od otprilike 25%  $\text{NH}_3$ . Ostali mogući reduktivni agensi koji se mogu uvesti na industrijskoj razini su amonijski plinovi, urea, dušično vapno ili cijanamid i druge slične tvari. U većini slučajeva koristi se amonijska voda.

Potrebno je nadzirati razine  $\text{NO}_x$  i pomno kontrolirati dodavanje amonijaka kako bi se izbjegla mogućnost istjecanja amonijaka i stvaranje dima amonij klorida.

U postojećem postrojenju selektivna nekatalitička redukcija (SNCR) je trenutno najmoderniji postupak za poštivanje granice razine emisije ali na uštrb istjecanja amonijaka i stvaranje amonijskih spojeva u vanjskom ciklusu. Pri razmatranju ove tehnologije u proizvodnji vapna trebalo bi uzeti u obzir opseg proizvodnje.

### **Selektivna katalitička redukcija (SCR)**

SCR reducira NO i NO<sub>2</sub> na N<sub>2</sub> uz pomoć NH<sub>3</sub> i katalizatora pri rasponu temperature od oko 300-400°C. Ova je tehnologija u širokoj uporabi u drugim industrijama (elektrane na uglj, spalionice otpada) za smanjenje NO<sub>x</sub>.

U cementnoj se industriji razmatraju dva sustava: tretiranje dimnih plinova visoke i niske koncentracije prašine. Sustavi za dimne plinove niske koncentracije prašine zahtijevaju ponovno zagrijavanje dimnih plinova nakon otprašivanja što dovodi do dodatnih troškova. Prednost se daje sustavima za dimne plinove visoke koncentracije prašine iz tehničkih i ekonomskih razloga. Budući da katalizatori odstranjuju i ugljikovodike, SCR tehnologija ima visok potencijal za smanjenje hlapljivih organskih spojeva, CO i dioksina.

Prvo postrojenje u potpunosti opremljeno sustavom za selektivnu katalitičku redukciju je nedavno dobilo ovlaštenje i u fazi je testiranja. Ovo bi se moglo smatrati dokazanom tehnikom ako se riješe problemi kemijskog trovanja ili deaktiviranja katalizatora. Kapitalni i operativni troškovi su visoki.

#### **Kontrola NO<sub>x</sub>: studija isplativosti (cost-benefit study)**

Operater moraju predočiti studiju isplativosti koristeći metodologiju procjene utjecaja na okoliš kako bi prikazali relativne vrijednosti primarnih mjera, selektivne nekatalitičke redukcije (SNCR) i selektivne katalitičke redukcije (SCR) za postrojenje. Usporedba će pokazati trošak po toni smanjenog NO<sub>x</sub> u projiciranom vijeku trajanja postrojenja korištenjem vijeka aktive i tipičnih eskontnih stopa navedenih u tom dokumentu.

## **2.10 Sumporni dioksid**

Zbog uporabe goriva s niskim sadržajem sumpora razine emisija SO<sub>2</sub> su niske. Ondje gdje suspaljivanje automobilskih guma, naftnog koksa ili drugog otpada uzrokuje porast emisija SO<sub>2</sub>, mogu biti nužne neke od dolje opisanih mjera za smanjenje emisija.

### **2.10.1 Primarne mjere za smanjenje emisija SO<sub>2</sub>**

#### **Vrsta peći**

U proizvodnji cementa predgrijači i kalcinatori pružaju najveću razinu inherentne apsorpcije SO<sub>2</sub> u klinker dok peći za mokri postupak općenito omogućavaju manje učinkovitu apsorpciju.

Većina peći za proizvodnju vapna osigurava da se SO<sub>2</sub> apsorbira u živo vapno s fluidiziranim slojevima i osovinskim pećima kao dobrim apsorberima.

#### **Odabir sirovina i goriva**

Ako sumpor ne uđe u sustav peći, ne može se ni emitirati. Stoga će ograničavanje sadržaja sumpora i u sirovinama i u gorivu smanjiti emisije SO<sub>2</sub>.

Selektivne tehnike vađenja kamena mogu dati mogućnost ostavljanja slojeva kamena vapnenca s visokim sadržajem sumpora u kamenolomu. Također, miješanje kamena vapnenca s različitim sadržajem sumpora može dovesti do ujednačenijih koncentracija emisija SO<sub>2</sub>. Međutim, provediva primjena ove tehnike može biti teška.

#### **Kontrola peći**

Kao i kod  $\text{NO}_x$ , stroga kontrola uvjeta vezanih uz peć, posebice razine kisika, može smanjiti emisije  $\text{SO}_2$  te treba smanjiti varijabilnost emisije.

Operateri trebaju imati operativne strategije za kontrolu peći koje osiguravaju optimalni učinak peći.

## 2.10.2 Sekundarne mjere za smanjenje emisija $\text{SO}_2$

Do 75% smanjenja emisija  $\text{SO}_2$  može se postići na sljedeće načine:

### Dodavanje apsorbensa

Dodavanje apsorbensa kao što je gašeno vapno ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), živo vapno ( $\text{CaO}$ ) ili aktivirani leteći pepeo s visokim sadržajem  $\text{CaO}$  u dimni plin peći može apsorbirati nešto  $\text{SO}_2$ . Ubrizgavanje apsorbensa može se primijeniti u suhom ili mokrom obliku. Sadra koja nastaje može se koristiti za mljevenje cementa umjesto uvozne sadre.

Za predgrijače je utvrđeno da je izravno ubrizgavanje gašenog vapna u dimni plin manje učinkovito od dodavanja gašenog vapna u punjenje peći. Ova je tehnika pogodna za čišćenje strujanja plina s umjerenim koncentracijama  $\text{SO}_2$ , i može se primijeniti pri temperaturama zraka od preko  $400^\circ\text{C}$ . Preporuča se koristiti apsorbens na bazi ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) s visokom specifičnom površinom i visokom poroznošću. Gašeno vapno nema visoku reaktivnost, te se stoga moraju primijeniti molarni omjeri  $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{SO}_2$  između 3 i 6. Strujanjima plina s visokim koncentracijama  $\text{SO}_2$  potreban je 6-7 puta veći stehiometrijski iznos apsorbensa, što uključuje visoke pogonske troškove.

Smanjenja  $\text{SO}_2$  od 60 do 80% mogu se postići ubrizgavanjem apsorbensa u sustave visećih predgrijača. Kod početnih razina od preko  $1200 \text{ mg/m}^3$  dodavanje gašenog vapna u punjenje peći nije isplativo. Također, može postojati i rizik povrata sumpora i nestabilnosti peći, budući da se visoke razine sumpora vraćaju u peć pri primjeni ove tehnike.

Dodavanje apsorbensa može se koristiti za osiguravanje da se granice emisija ne prijeđu u vršnim situacijama.

### Suhi skruber

Kako bi se smanjile vrlo visoke emisije  $\text{SO}_2$  (više od  $1500 \text{ mg/m}^3$ ), potreban je zaseban skruber. Jedan tip skrubera koji je instaliran u cementarama koristi stupac venturijevog reaktora za proizvodnju fluidiziranog sloja koji se sastoji od mješavine gašenog vapna i sirovinskog brašna. Intenzivan kontakt između plina i apsorbensa, dugo vrijeme zadržavanja i niska temperatura (blizu točke rosišta) dopuštaju učinkovitu apsorpciju  $\text{SO}_2$ . Plin koji napušta venturi opterećen je apsorbensom koji se skuplja u elektrostatskom taložniku. Dio prikupljenog apsorbensa vraća se u skruber, dok se drugi dio dodaje u otvor peći te se u skladu s propisima pretvara u klinker. Dodatni sadržaj sumpora u klinkeru smanjuje iznos dodatne sadre koja je potrebna mlinu za cement.

Može se postići i smanjenje  $\text{SO}_2$  od 90%. Suhi skruber također će smanjiti emisije  $\text{HCl}$  i  $\text{HF}$ . Suhi skruberi mogu se ugraditi u sve vrste peći u kojima se koristi suhi postupak. Međutim, moraju se pažljivo razmotriti gospodarske implikacije korištenja ovih tehnika.

### Mokri skruber

$\text{SO}_2$  se apsorbira pomoću tekućine/cementne kaše koja se raspršuje u tornju za prskanje. Apsorbens može biti kalcijev karbonat, hidroksid ili oksid. Cementna kaša raspršuje se suprotno od ispušnog plina i skuplja se u reciklažnom spremniku na dnu skrubera gdje nastali sulfit oksidira sa zrakom u sulfat i tvori

kalcij-sulfat-dihidrat. Dihidrat se odvaja i koristi kao sedra u mljevenju cementa a voda se vraća u skruber. Postignuto smanjenje SO<sub>2</sub> može biti veće od 90%. Mokri skruber također značajno smanjuje emisije HCl, rezidualne prašine, metala i NH<sub>3</sub>. Mokri se skruber može ugraditi u sve tipove peći. Međutim, moraju se pažljivo razmotriti gospodarske implikacije korištenja ovih tehnika.

### **Aktivni ugljen**

Jedan opskrbljivač opremom prodaje dvostupanjski pokretni sustav s filterima slojeva koji koristi aktivni koks. Jedina jedinica u pogonu je izvan Hrvatske u procesu predkalcinacije u cementnoj industriji. Sustav aktivnog koksa uklanja ne samo SO<sub>2</sub>, nego i teške metale i organske spojeve. Postrojenje također koristi ubrizgavanje amonijaka u svrhu smanjenja emisija NO<sub>x</sub> a aktivni koks uklanja svako nastalo istjecanje amonijaka. Prijavljen je učinak uklanjanja do 80%. Potrošeni koks koristi se za gorivo u procesu koji se odvija u peći.

Temperature unutar sloja ugljena moraju se pažljivo kontrolirati kako bi se spriječilo izgaranje materijala unutar sloja.

Za instaliranje ovakve opreme potrebna su značajna financijska ulaganja.

### **Dimni plinovi iz bypassa – cementne peći**

Dimni plinovi iz bypassa mogu sadržavati visoke koncentracije SO<sub>2</sub>. Ovaj SO<sub>2</sub> može se smanjiti dodavanjem hidriranog vapna u tornju za kondicioniranje prije smanjenja emisija čestica.

Opskrbljivač opreme također nudi apsorbense za obustavu plina koji i hlade i odsumporuju dimne plinove iz bypassa, iako ta tehnika nije još dovoljno dobro dokazana na procesima u industriji cementa.

Ova tehnika kao medij za apsorbciju koristi prašinu iz cementne peći (s ili bez dodanog vapna).

### **Kontrola SO<sub>2</sub>: Studija isplativosti**

Operateri trebaju omogućiti studiju isplativosti (primjerice, primjenom metodologije procjene utjecaja na okoliš pokazati relativne prednosti primarnih i sekundarnih mjera za instalaciju). Usporedba će pokazati trošak po toni SO<sub>2</sub> u projiciranom vijeku trajanja postrojenja korištenjem aktive i tipičnih eskontnih stopa navedenih u tom dokumentu.

## **2.11 Ostale emisije**

### **2.11.1 Ugljični oksidi (CO<sub>2</sub>, CO)**

Sve mjere kojima se smanjuje potrošnja energije goriva također smanjuju emisije CO<sub>2</sub>. Odabir, gdje je moguće, sirovina s malim sadržajem organske tvari i goriva s malim omjerom sadržaja ugljika u odnosu na kalorijsku vrijednost smanjuje emisije CO<sub>2</sub>.

Odabir, gdje je moguće, sirovina s malim sadržajem organske tvari također smanjuje emisiju CO.

### **2.11.2 Dioksini i furani**

Iako ugradnja ugljikovih filtera ili platnenih filtera impregniranih katalizatorom može smanjiti emisiju dioksina, primarna metoda smanjivanja emisija je pažljiva kontrola uvjeta nakon peći. Vrijeme zadržavanja plina, temperature i sadržaj kisika unutar sustava peći takvi su da bi se svi dioksini/furani trebali učinkovito uništiti. Međutim, operateri trebaju osigurati da se izbjegn timeri za *de novo*

sintezu nakon peći. Stoga se izlazni plinovi iz peći trebaju brzo ohladiti u *de novo* temperaturnom području između 450°C i 200°C prije smanjivanja emisija čestica. Nizvodno treba locirati točke gdje je zajamčena temperatura strujanja plina niža od 200°C.

Dioksini/furani trebaju izvore organskih materijala i klor te stoga ograničavanje unosa klora može imati određeni učinak.

Dioksini se nastoje držati čestica pa će stoga učinkovito smanjenje emisija čestica ukloniti dioksine/furane iz plinovite faze. Vrećasti filteri impregnirani katalizatorom koji su dizajnirani posebno za uništenje dioksina/furana sada su komercijalno na raspolaganju i trebaju se koristiti ondje gdje su instalirani platneni filteri, ako se drugačije ne mogu postići referentne vrijednosti.

### **2.11.3 Metali**

Treba izbjegavati punjenje materijalima koji su bogati hlapljivim metalima.

Nehlapljivi elementi ostaju unutar procesa i napuštaju peć kao dio sastava cementnog klinkera. Emisije metala (osim žive) velikim su dijelom vezane uz čestice i stoga se smanjuju pomoću istih strategija koje se koriste za smanjivanje emisija čestica.

### **2.11.4 Kontrola fugitivnih emisija u zrak**

Kod mnogo instalacija fugitivne ili difuzne emisije mogu biti značajnije od emisija točkastih izvora. Detalji će se naći u odgovarajućem dijelu uputa, no uobičajeni primjeri za izvore fugitivnih emisija su sljedeći:

- skladišni prostori (npr. zaljevi, uskladištene rezerve, itd.);
- utovar i istovar transportnih kontejnera;
- prebacivanje materijala iz jedne posude u drugu (npr. pogon za pakiranje u vreće, silosi);
- sustavi transportnih traka;
- cjevovodi i sustavi za odvodnju (npr. crpke, ventili, priрубnice, posude za pepeo, drenaže, inspekcijсka vrata, itd.);
- loše zadržavanje i ekstrakcija unutar građevine;
- potencijal za bypass opreme za smanjene emisija (u zrak ili vodu);
- slučajni gubitak zadržavanja od postrojenja i opreme u kvaru;
- otvorene posude (npr. uređaj za pročišćavanje otpadnih voda).

### **2.11.5 Posebni zahtjevi za postrojenja koja suspaljuju otpad**

Otpad se može spaljivati u cementnim pećima ili pećima za proizvodnju vapna kao sredstvo zbrinjavanja te kako bi se smanjio ulaz fosilnih goriva u energetska zahtjevnoj industriji. Otpadni materijal koji se obično koristi kao gorivo uključuje sljedeće:

- iskorištene automobilske gume,
- guma,
- papirni otpad,
- otpadna nafta,
- otpadno drvo,
- papirni otpad,
- kanalizacijski mulj,

- plastika,
- korištena otapala.

Pripremu različitih vrsta otpada za gorivo izvan cementare obično obavlja opskrbljivač ili organizacija specijalizirana za obradu otpada. U smjernicama za suspaljivanje njemačkog twinning projekta o gospodarenju otpadom 2002.-2004. navodi se otpad za suspaljivanje te se govori o gospodarenju istim, uključujući klasifikaciju otpada prema vrsti tvari za suspaljivanje na bijeloj, sivoj i crnoj listi.

Općenito se otpad drži pogodnim jedino ako ima dovoljnu kalorijsku vrijednost da bi se mogao smatrati zamjenskim gorivom. Prema njemačkim uredbama 11 MJ/Kg postavlja se kao prag iznad kojega se otpad može razmatrati kao izvor energije; ova se brojka mora dobiti bez miješanja s drugim materijalima.

#### **Dodatni NRT zahtjevi za sekundarna goriva**

1. Operater određuje masu svake kategorije otpada, ako je moguće u skladu s Europskim katalogom otpada, prije nego prihvati otpad.
2. Prije prihvaćanja opasnog otpada, operater mora imati raspoložive informacije o otpadu u svrhu provjere, između ostalog, usklađenosti s karakteristikama i količinama otpada koje su navedene u dozvoli. Te informacije uključuju:
  - Sve administrativne informacije o procesu nastajanja otpada koje se nalaze u dozvoli.
  - Fizički i, koliko je moguće, kemijski sastav otpada i sve ostale informacije potrebne za procjenu podobnosti istog za namijenjeni proces spaljivanja.
  - Karakteristike otpada koje ga čine opasnim, tvari s kojima se ne smije miješati, i mjere opreza koje treba poduzeti pri postupanju s otpadom.
3. Prije prihvaćanja opasnog otpada operater mora slijediti sljedeće postupke prihvata:
  - Provjera onih dokumenata koje zahtijeva Direktiva 91/689/EEZ i, gdje je moguće, onih koje zahtijevaju Uredba Vijeća (EEZ) br. 259/93 od 1. veljače 1993. o nadzoru i kontroli pošiljaka otpada koje se otpremaju unutar Europske zajednice, ulaze u nju, ili iz nje izlaze, te propisi o načinu prijevoza opasnih tvari.
  - Uzimanje reprezentativnih uzoraka, osim ako nije prikladno kao npr. kod zaraznog medicinskog otpada, koliko god je moguće prije istovara kako bi se provjerila usklađenost s informacijama iz prethodno spomenutoga stavka 2. provođenjem kontrola te kako bi se tijelu za izdavanje dozvola omogućila identifikacija prirode otpada koji se obrađuje. Ovi se uzorci čuvaju najmanje jedan mjesec nakon spaljivanja.
  - Dodatne informacije nalaze se u smjernici o zbrinjavanju termalnog otpada u cementarama iz UBA i MAPPM twinning projekta o gospodarenju otpadom 2002.-2004..

#### **2.11.6 Upravljanje procesom**

Sustavi upravljanja u industriji cementa mogu se podijeliti u sljedeće četiri skupine na temelju stupnja automatizacije:

1. Jednostavni instrumenti i upravljački sklopovi u određenim fazama. Za svaku se opremu instalira zasebna kontrolna ploča. Analiza materijala obavlja se tradicionalnim 'mokrim' kemijskim metodama (npr. titracija).
  2. Cjelokupnim procesom koji podržavaju analogni upravljački sklopovi upravlja čovjek iz središnje sobe za upravljanje. Analiza materijala obavlja se rentgenskom fluorescencijom kada je sustav isključen.
  3. Cjelokupnom proizvodnom linijom (ili određenim dijelovima procesa) upravlja računalo, kao što je moderni sustav distribuiranog upravljanja s trendiranjem ključnih varijabli. Analiza materijala obavlja se rentgenskom fluorescencijom kada je sustav uključen ili isključen.
  4. Računalom potpomognuto optimizirano upravljanje određenih dijelova procesa (ili cjelokupne proizvodne linije) prilagođeno od slučaja do slučaja. Oni uključuju ekspertne sustave i omogućavaju vrlo sofisticirano upravljanje procesom. Ova vrsta sustava smatra se NRT za novo postrojenje. Ove podatke operater postrojenja može koristiti za:
    - **Optimizaciju procesa**, koja omogućuje maksimalno povećanje količine proizvoda, poboljšanje njegove kvalitete, i/ili smanjenje potrošnje energije, emisiju onečišćujućih tvari, itd. Prikladan rad industrijskog postrojenja može se osigurati samo mjerenjem parametara određenih značajki procesa (ili praćenjem). Promjena ovih parametara prati se redovito, često neprekidno.
    - **Upravljanje procesom**, koje uključuje procjenu – tj. odluku o nužnosti dane mjere na temelju obrađenih podataka –, mjeru koja je nalog za intervenciju i sama intervencija u upravljanoj procesu.
1. Sljedeće varijable imaju potencijalan utjecaj na okoliš i obično se prate u ovom sektoru. Operater treba potvrditi da je to tako ili opravdati bilo koje alternativno rješenje.
    - Sirovine i goriva: praćenje onečišćavača kao što su sumpor, teški metali i halogeni,
    - Srednje vrijeme između prekida: pokazatelj ukupnog učinka peći,
    - Mirovanje mlina sirovine: može utjecati na emisije cementne peći ako je produženo i/ili je često.

Kako bi se osigurao optimalni učinak rotacijske peći, potrebno je u primjeni izložiti strategije upravljanja procesom. Posebice je potrebno nasloviti razine djelovanja za sljedeće parametre:

- $O_2$  na stražnjem kraju peći (1-3% viška zraka u proizvodnji cementa),
- $NO_x$  (kao  $NO_2$ ),
- $SO_2$ : ovisan o vrsti procesa (varijacija adsorpcijskog kapaciteta materijala unutar sustava obrade peći,
- $CO$ : gori puno sporije od gotovo bilo kojega ugljikovodika i stoga predstavlja dobru zamjensku mjeru učinkovitog izgaranja,



- Temperatura ispušnih plinova peći prije smanjenja emisija: osigurati da se temperature održavaju dovoljno niskima (idealno niže od 200°C) kako bi se smanjio potencijal ponovnog stvaranja dioksina (*de novo* sinteza),

Sadržaj slobodnog vapna: pokazatelj kvalitete proizvoda i učinka peći tj. tijekom ili prilikom spaljivanja cementnog klinkera i vapna.

2. Ondje gdje se otpad suspaljuje, potrebna su neprekidna mjerenja sljedećih operacijskih parametara procesa:
  - Temperatura blizu unutarnjeg zida ili neke druge reprezentativne točke komore izgaranja kako je odobrilo nadležno tijelo, preporuča se da se to mjeri na najmanje tri mjesta na zidu komore;
  - Koncentracija kisika, tlaka, temperature i sadržaja vodene pare ispušnog plina.
3. K tomu, postrojenja za suspaljivanje moraju se izvesti, opremiti, izgraditi te moraju raditi tako da se plin koji nastaje suspaljivanjem otpada diže na kontrolirani i homogeni način čak i u najnepovoljnijim uvjetima, na temperaturu od 850°C dvije sekunde. Ukoliko se suspaljuje opasni otpad koji sadrži više od 1% halogenih organskih spojeva, temperature treba povećati na 1 100°C.
4. Postrojenja za suspaljivanje moraju imati i raditi na temelju automatskog sustava kako bi se spriječilo punjenje otpadom:
  - pri pokretanju, dok se ne postigne temperatura od 850°C ili 1 100°C već prema slučaju ili ona temperatura koju je odredilo tijelo za izdavanje dozvola;
  - uvijek kad se ne održava temperatura od 850°C ili 1 100°C već prema slučaju ili ona temperatura koju je odredilo tijelo za izdavanje dozvola;
  - uvijek kad neprekidna mjerenja opisana u odjeljku 3 pokazuju prekoračenje bilo koje granične vrijednosti emisija usljed poremećaja ili kvarova uređaja za pročišćavanje.
5. Kod postrojenja za suspaljivanje vrijeme zadržavanja kao i najniža temperature i sadržaj kisika ispušnih plinova moraju biti podložni prikladnoj provjeri, barem jedanput kad se postrojenje pusti u pogon i u najnepovoljnijim radnim uvjetima koji se mogu predvidjeti.
6. **Direktiva o spaljivanju otpada (2000/76/EZ)** sadrži odredbe koje se odnose na suspaljivanje opasnog otpada u kojima se primjenjuje pravilo od 40%, tj. ukoliko više od 40 % ispuštene topline dolazi od opasnog otpada, tada se primjenjuju granične vrijednosti emisija koje su postavljene za potpuno spaljivanje (Prilog V Direktive). Međutim, načinjene su posebne odredbe za suspaljivanje manjih količina otpada, kao u cementnim pećima (Prilog II). Dok se pravilo od 40% ne primjenjuje za spaljivanje neopasnog otpada u postrojenjima za suspaljivanje, granične vrijednosti emisija potpunog spaljivanja još se uvijek primjenjuju u slučaju suspaljivanja netretiranog mješovitog komunalnog otpada.
7. Neprekidno mjerenje fluorovodika (HF) može se izostaviti ako se koriste stupnjevi obrade za klorovodik (HCl) koji osiguravaju da se ne prijeđe granična vrijednost emisije HCl. U tom su slučaju emisije HF podložne periodičkim mjerenjima kako je utvrđeno u stavku 7.2 (c) Priloga br. 2: Tehničke norme u svezi s radom, praćenjem i kontrolom instalacija i procesa spaljivanja i suspaljivanja otpada.

8. Periodička mjerenja utvrđena u stavku 7.2 (c) Priloga br. 2: klorovodika, fluorovodika i SO<sub>2</sub> umjesto neprekidnog mjerenja može dozvolom dopustiti nadležno tijelo u postrojenju za spaljivanje ili suspaljivanje, ako operater može dokazati da emisije tih onečišćujućih tvari nipošto ne mogu biti veće od propisanih graničnih vrijednosti emisija.

### 3. EMISIJE NAVEDENE U REFERENTNOM DOKUMENTU O NRT

#### 3.1 Postojeći Referentni dokument o najboljim rapoloživim tehnikama (eng. BREF)

**NAPOMENA:** Razine emisija koje se navode u izvornom Referentnom dokumentu o NRT za industrijsku proizvodnju cementa i vapna nisu granične vrijednosti emisija. One predstavljaju učinak koji je moguće postići u postrojenjima koja su izgrađena i rade sukladno standardima koji su opisani u RDNRT.

Emisije koje je moguće postići primjenom NRT (srednje dnevne vrijednosti).

Onečišćujuća tvar	mg/Nm <sup>3</sup>
Čestice	20 - 30
NO <sub>x</sub> primarne mjere	500 - 800
Primarne mjere + SNCR	200 - 500
SO <sub>2</sub>	200 - 400

Opće primarne mjere uključuju optimizaciju upravljanja procesom, korištenje modernih gravimetrijskih sustava punjenja peći krutim gorivom i sirovinskim brašnom, optimizirane spojeve između hladnjaka i sustave upravljanja energijom.

#### 3.2 Prijedlog izmjena Referentnog dokumenta o NRT

##### 3.2.1 Opće primarne mjere/tehnike

- a) NRT je postići neometan i stabilan proces u peći koji se odvija blizu postavljenih točaka procesnih parametara a koji je koristan i za sve emisije iz peći i za potrošnju energije primjenom sljedećih mjera/tehnika:
- I. optimizacija upravljanja procesom uključujući automatsko upravljanje sustavom uz pomoć kompjutera,
  - II. korištenje modernih, gravimetrijskih sustava za punjenje peći krutim gorivom.

- b) NRT je pažljiv odabir i kontrola tvari koje ulaze u peć kako bi se smanjile i/ili izbjegle emisije.

### 3.2.2 Odabir procesa

Odabrani proces ima velik utjecaj na potrošnju energije i emisije u zrak iz proizvodnje cementnog klinkera.

Za nova postrojenja i u slučaju značajne nadogradnje, NRT je primjena suhoga postupka s višestupanjskim predgrijačem i predkalcinacijom. Toplinska bilanca vezana uz primjenu NRT je 2900 – 3100 MJ/t klinkera.

### 3.2.3 Potrošnja energije

- a) NRT je smanjiti/svesti na minimum potrošnju toplinske energije primjenom kombinacije sljedećih mjera/tehnika:
- I. primjena poboljšanih i optimiziranih sustava peći i neometanih i stabilnih procesa koji se odvijaju blizu postavljenih točaka procesnih parametara primjenom:
    - i. optimizacije upravljanja procesom uključujući automatsko upravljanje sustavom uz pomoć kompjutera,
    - ii. modernih, gravimetrijskih sustava punjanja peći krutim gorivom,
    - iii. predgrijavanjem i predkalcinacijom u mjeri u kojoj je to moguće uzimajući u obzir izvedbu postojećeg sustava peći.Prikazano je nekoliko različitih mjera/tehnika koje se mogu primjeniti na sustave peći samostalno ili u kombinaciji.
  - II. povrat viška topline iz peći, posebice iz rashladne zone. Višak topline iz rashladne zone (vrući zrak) može se koristiti za sušenje sirovina (pregrijač),
  - III. primjena odgovarajućeg broja stupnjeva ciklona vezano uz karakteristike i svojstva korištene sirovine i goriva,
  - IV. korištenje goriva sa svojstvima koja pozitivno utječu na potrošnju toplinske energije,
  - V. zamjena konvencionalnih fosilnih goriva otpadnim gorivom koristeći optimizirane i odgovarajuće peći za spaljivanje otpada,
  - VI. optimizacija sustava bypass-a plina.
- b) NRT je smanjiti potrošnju primarne energije primjenom kogeneracijskih postrojenja /postrojenja za proizvodnju toplinske i električne energije ako je moguće, na temelju potražnje korisne topline, a unutar energetske planova koji su ekonomski održivi.
- c) NRT je smanjiti potrošnju električne energije primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:
- I. korištenjem sustava upravljanja energijom,
  - II. korištenjem energetski učinkovite opreme za mljevenje i ostale opreme na električni pogon.

### 3.2.4 Korištenje otpada

NRT i uz njih vezane razine emisija za smanjenje emisija korištenjem otpada mogu se naći u daljnjem tekstu. U ovom kontekstu vidi također Direktivu o spaljivanju otpada [59, Europska komisija, 2000]).

#### 3.1.1.1 Kontrola kvalitete otpada

NRT je:

- a) primjena sustava jamstva kvalitete kako bi se zajamčile karakteristike otpada i analizirao otpad koji će se koristiti kao sirovina i/ili gorivo u cementnoj peći u pogledu:
  - I. dostupnosti,
  - II. postojanosti kvalitete,
  - III. fizikalnih svojstava, npr. stvaranje emisija, krupnoća, reaktivnost, gorivost, toplinska vrijednost,
  - IV. kemijskih svojstava, npr. sadržaj klora, sumpora, lužina i fosfata, sadržaj dušika u gorivu te sadržaj metala.
- b) kontrolirati količinu relevantnih parametara za otpad koji će se koristiti kao sirovina i/ili gorivo u cementnoj peći, kao što su klor, metali (npr. kadmij, živa, talij), sumpor, ukupni halogeni spojevi.

#### 3.1.1.1 Punjenje peći otpadom

NRT je:

- a) koristiti odgovarajuća mjesta za punjenje peći u smislu temperature i vremena zadržavanja ovisno o izvedbi peći i radu peći,
- b) otpadni materijal koji sadrži komponente koje mogu ispariti prije zone kalcinacije unositi u peć u adekvatno zagrijanu zonu sustava peći (glavni plamenik),
- c) opasna otpadna goriva koja sadrže više od 1 % halogenih organskih spojeva izraženih kao klor unositi u visokotemperaturnu zonu peći (najmanje 1100 °C) ili kroz glavni plamenik s vremenom zadržavanja od 2 sekunde (vidi Direktivu o spaljivanju otpada),
- d) otpadna goriva koja sadrže hlapljive organske spojeve ili klorirane spojeve unositi u peć ili u predgrijač na način da se ispušteni plinovi spaljuju na temperaturi iznad 850 °C duže od 2 sekunde,

- e) otpadna goriva unositi u sekundarni sustav spaljivanja i/ili kalcinator sa zadržavanjem plina u trajanju od više od 2 sekunde pri temperaturama iznad 850 °C,
- f) otpadni materijal koji sadrži živu unositi kroz glavni plamenik u peć,
- g) prestati koristiti otpadni materijal pri operacijama kao što je pokretanje i isključivanje kada se ne mogu postići odgovarajuće temperature i vrijeme zadržavanja navedene pod točkama a) i f)
- h) otpad neprekidno unositi u peć .

#### 3.1.1.1 Upravljanje sigurnošću za korištenje opasnog otpadnog materijala

NRT je primjena sustava upravljanja sigurnošću za rukovanje, odnosno skladištenje i/ili unošenje opasnog otpadnog materijala.

#### 3.2.5 Emisije prašine

##### 3.1.1.1 Emisije prašine iz difuznih izvora

NRT je svesti na minimum/spriječiti emisije prašine iz difuznih izvora primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:

- a) Mjere/tehnike za operacije usljed kojih nastaje prašina.
- b) Mjere/tehnike za skladištenje rasutog materijala.

##### 3.1.1.1 Emisije prašine iz točkastih izvora od operacija usljed kojih nastaje prašina

NRT je smanjiti emisije prašine iz točkastih izvora od operacija tijekom kojih nastaje prašina (vidi odjeljak **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**) na manje od 10 mg/Nm<sup>3</sup>, izraženo kao prosječna dnevna vrijednost, primjenom suhog postupka čišćenja dimnih plinova s filterom.

##### 3.1.1.1 Emisije prašine iz procesa spaljivanja u peći

- a) NRT je smanjiti emisije prašine (čestica) iz dimnih plinova koji nastaju u procesu spaljivanja u peći na manje od 20 mg/Nm<sup>3</sup>, izraženo kao prosječna dnevna vrijednost, primjenom suhog postupka čišćenja dimnih plinova s filterom.

- b) Ukoliko više od 40 % ispuštene topline dolazi od opasnog otpada, NRT je smanjiti emisije prašine (čestica) iz dimnih plinova koji nastaju u procesu spaljivanja u peći na manje od 10 mg/Nm<sup>3</sup>, izraženo kao prosječna dnevna vrijednost, primjenom suhog postupka čišćenja dimnih plinova s filterom.

U tom kontekstu vidi odjeljak **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** u kojemu je prikazano nekoliko različitih mjera/tehnika koje se mogu primijeniti samostalno ili u kombinaciji. Nadalje u istom kontekstu vidi također Direktivu o spaljivanju otpada [59, Europska komisija, 2000].

### 3.2.6 Plinoviti spojevi

#### 3.1.1.1 Emisije NO<sub>x</sub>

- a) NRT je smanjiti emisije NO<sub>x</sub> iz dimnih plinova koji nastaju u procesima izgaranja u peći primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:

- I. primarne mjere/tehnike kao npr.:
  - i. hlađenje plamena,
  - ii. plamenici s niskim sadržajem NO<sub>x</sub>,
  - iii. izgaranje u srednjem dijelu peći,
  - iv. dodavanje mineralizatora radi poboljšanja gorivosti sirovina (mineralizirani klinker),
  - v. optimizacija procesa.
- II. stupnjevito izgaranje (konvencionalno ili otpadno gorivo); također u kombinaciji s predkalcinatorom i korištenjem optimizirane mješavine goriva,
- III. selektivna nekatalitička redukcija
- IV. selektivna katalitička redukcija.

- b) Kod primjene SNCR NRT je:

- I. primijeniti odgovarajuću učinkovitost redukcije uz stabilan operativni proces,
- II. primijeniti dobru stehiometrijsku distribuciju amonijaka kako bi se postigla najveća moguća učinkovitost smanjenja NO<sub>x</sub> te smanjiti količinu neizreagirano amonijaka, držati emisije NH<sub>3</sub> iz dimnih plinova ispod 30 mg/Nm<sup>3</sup> kao prosječnu dnevnu vrijednost.

- c) Sljedeće razine emisija NO<sub>x</sub> vezane su uz primjenu NRT (eng. BAT AEL):

Parametar	jedinica	BAT AEL (prosječna dnevna vrijednost)
NO <sub>x</sub> izražen kao NO <sub>2</sub> • Primjena primarnih mjera/tehnika, stupnjevitog izgaranja i/ili SNCR kao što je navedeno pod a) i I – III iznad	mg/Nm <sup>3</sup>	<200 – 350
NO <sub>x</sub> izražen kao NO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	100 – 200

• primjena SCR kao što je navedeno pod a) i IV iznad		
--	--	--

*Tabela 3.1: Razine emisija vezane uz primjenu NRT (BAT AEL) za NO<sub>x</sub> iz dimnih plinova koji nastaju u procesima izgaranja u peći i/ili procesima predgrijavanja/predkalcinacije u cementnoj industriji*

### 3.1.1.1 Emisije SO<sub>x</sub>

a) NRT je smanjiti emisije SO<sub>x</sub> iz dimnih plinova peći koji nastaju u procesu spaljivanja i/ili procesima predgrijavanja/predkalcinacije primjenom jedne od sljedećih mjera/tehnika:

- I. dodavanje apsorbensa,
- II. mokro skrubiranje,
- III. aktivni ugljen.

b) Sljedeće razine emisija SO<sub>x</sub> vezane su uz primjenu NRT (eng. BAT AEL):

Parametar	jedinica	BAT AEL <sup>1)</sup> (prosječna dnevna vrijednost)
SO <sub>x</sub> izražen kao SO <sub>2</sub> Sadržaj sumpora u sirovinama ≤0,25 % Početna razina SO <sub>x</sub> <sup>2)</sup> <1200 mg/Nm <sup>3</sup> Korištenje mokrih skrubera	mg/Nm <sup>3</sup>	<50 – <200
SO <sub>x</sub> izražen kao SO <sub>2</sub> Sadržaj sumpora u sirovinama >0,25 % Početna razina SO <sub>x</sub> <sup>2)</sup> >1200 mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	<200 – <400
<sup>1)</sup> Rasponi ovise o sadržaju sumpora u sirovinama i/ili početnim razinama SO <sub>x</sub> kao i primjenjenoj tehnici za njegovo smanjenje, npr.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• za niži sadržaj sumpora u sirovinama/nije početne razine SO<sub>x</sub>, NRT su niže vrijednosti unutar raspona,</li> <li>• za upotrebu mokrih skrubera, NRT su niže vrijednosti unutar raspona,</li> <li>• za viši sadržaj sumpora u sirovinama/veće početne razine SO<sub>x</sub>, NRT su više vrijednosti unutar raspona.</li> </ul> <sup>2)</sup> u sirovom plinu		

*Tabela 3.2: Razine emisija vezane uz primjenu NRT (BAT AEL) za SO<sub>x</sub> iz dimnih plinova koji nastaju u procesima izgaranja u peći i/ili predgrijavanja/predkalcinacije u cementnoj industriji*

c) NRT je optimizirati procese mljevenja (za suhi proces) koji djeluju kao sustav za smanjenje emisija SO<sub>2</sub>.

### 3.1.1.1 Emisije CO

## *Smanjenje slučajeva sigurnosnog isključivanja elektrostatskih taložnika zbog prekomjerne koncentracije CO*

Kod se koriste elektrostatski taložnici ili hibridni filteri, NRT je smanjiti učestalost sigurnosnog isključivanja elektrostatskih taložnika zbog prekomjerne koncentracije CO na maksimalno šest isključivanja godišnje u trajanju od 2 minute za svaki od tih slučajeva primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika (vidi odjeljak 1.4.5.3):

- a) smanjiti mirovanje elektrostatskih taložnika. U tom kontekstu vidi odjeljak 1.4.5.3 gdje se navodi nekoliko mjera/tehnika koje se mogu primijeniti samostalno ili u kombinaciji:
- b) kontinuirano automatsko mjerenje CO,
- c) korištenje brze opreme za mjerenje i kontrolu uključujući sustav praćenja CO s kratkim vremenom odaziva/reagirana smješten blizu izvora CO.

### **3.1.1.1** Emisije PCDD/F

- a) NRT je smanjiti emisije PCDD/F iz dimnih plinova iz procesa spaljivanja u peći primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:
  - I. odabir homogenih sirovina i/ili goriva s niskim sadržajem sumpora, dušika, klora, metala i hlapljivih organskih spojeva,
  - II. ograničiti/izbjegavati korištenje otpada koji sadrže organske materijale,
  - III. izbjegavati punjenje gorivom s visokim sadržajem halogenih spojeva kod sekundarnog spaljivanja,
  - IV. svesti na minimum potrošnju energije goriva predgrijavanjem i predkalcinacijom uzimajući u obzir izvedbu postojećeg sustava peći,
  - V. koristiti neometane i stabilne procese koji se odvijaju blizu postavljenih točaka procesnih parametara,
  - VI. brzo hlađenje ispusnih plinova peći na temperaturu nižu od 200 °C i ograničavanje vremena zadržavanja dimnih plinova i kisika u zonama gdje se temperature kreću između 300 i 450 °C,
  - VII. prestati s korištenjem otpadnog materijala pri operacijama kao što je pokretanje i isključivanje,
  - VIII. praćenje i stabiliziranje važnih procesnih parametara, tj. homogena sirovina i gorivo, redovito doziranje i višak kisika,
  - IX. adSORPCIJA na aktivni ugljen.
- b) Za korištenje otpada NRT je smanjiti emisije PCDD/F na 0,1 ng PCDD/F I-TEQ/Nm<sup>3</sup>, izraženo kao prosječna dnevna vrijednost, primjenom jedne ili kombinacijom mjera/tehnika navedenih pod točkom a).

U istom kontekstu vidi Direktivu o spaljivanju otpada (eng. WID) [59, Europska komisija, 2000].

### **3.1.1.1** Emisije ukupnog organskog ugljika (TOC)

NRT je smanjiti emisije ukupnog organskog ugljika iz dimnih plinova iz procesa spaljivanja u peći primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:



- a) koristiti sirovine i gorivo s niskim sadržajem hlapljivih organskih tvari,
- b) izbjegavati unošenje sirovina s visokim sadržajem hlapljivih organskih tvari u sustav peći putem kojim se unosi sirovina,
- c) izbjegavati korištenje goriva s visokim sadržajem halogena (npr. klor) za sekundarno spaljivanje,
- d) adsorpcija na aktivni ugljen.

U svezi korištenja otpada, vidi također Direktivu o spaljivanju otpada [59, Europska komisija, 2000].

### 3.1.1.1 Emisije metala

- a) NRT je smanjiti na minimum emisije metala iz dimnih plinova iz procesa spaljivanja u peći primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:
  - I. odabir materijala s niskim sadržajem metala,
  - II. izbjegavati korištenje materijala s visokim sadržajem metala,
  - III. koristiti sustav jamstva kvalitete kako bi se zajamčile karakteristike korištenih otpadnih materijala (vidi odjeljke **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** i **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**),
  - IV. ograničiti sadržaj hlapljivih metala u materijalu, posebice žive,
  - V. koristiti učinkovite mjere/tehnike uklanjanja prašine.
- b) Kada se koristi otpad, sljedeće razine emisija metala su vezane uz primjenu NRT (eng. BAT AEL):

Metali	mg/Nm <sup>3</sup> (prosječna dnevna vrijednost)
Hg	0 – 0,05
∑ (Cd, Tl)	0 – 0,05
∑ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	0 – 0,5
'0' podrazumjeva razinu detekcije	

*Tabela 3.3: Razine emisija vezane uz primjenu najboljih raspoloživih tehnika (BAT AEL) za metale iz dimnih plinova iz procesa spaljivanja u pećima*

U tom kontekstu vidi također i Direktivu o spaljivanju otpada.

### 3.1.1.1 Emisije klorovodika (HCl) i fluorovodika (HF)

- a) NRT je smanjiti emisije HCl primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih primarnih mjera/tehnika:
  - I. koristiti sirovine i goriva s niskim sadržajem klora,
  - II. učinkovito smanjenje ciklusa alkalnih klorida korištenjem bypass-a na ulazu peći.

b) Za korištenje otpada NRT je smanjiti emisije HCl na  $<10 \text{ mg/Nm}^3$ , izraženo kao prosječna dnevna vrijednost, primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih primarnih mjera/tehnika:

- I. koristiti sirovine i goriva s niskim sadržajem klora,
- II. ograničiti količinu klora u otpadu koji će se koristiti kao sirovina i/ili gorivo u cementnoj peći,
- III. učinkovito smanjenje ciklusa alkalnih klorida korištenjem bypass-a na ulazu peći.

c) Za korištenje otpada NRT je smanjiti emisije HF na  $<1 \text{ mg/Nm}^3$  izražene kao HF, (prosječna dnevna vrijednost) primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih primarnih mjera/tehnika:

- I. koristiti sirovine i goriva s niskim sadržajem fluora
- II. ograničiti količinu fluora u otpadu koji će se koristiti kao sirovina /ili gorivo u cementnoj peći.

### 3.2.7 Procesni gubici/otpad

- a) NRT je ponovno korištenje sakupljenih čestica u procesu gdje god je to moguće.
- b) Kada se sakupljena prašina ne može reciklirati, NRT je koristiti prašinski materijal u drugim komercijalnim proizvodima kada je to moguće.

### 3.2.8 Buka

NRT je smanjiti/svesti na minimum emisije buke iz nekoliko faza procesa proizvodnje cementa primjenom kombinacije sljedećih mjera/tehnika:

- a) ograditi radne operacije/jedinice koje prave buku,
- b) izolirati vibracije koje proizvode radne operacije/jedinice koje prave buku,
- c) oblogama od otpornog materijala obložiti lijevke s unutarnje i vanjske strane,
- d) postaviti zvučnu izolaciju na zgrade radi zaštite od širenja buke obavljanjem radnih operacija u kojima se koristi oprema za transformaciju materijala,
- e) izgraditi zidove za zaštitu od buke, odnosno izraditi zgrade ili prirodne zapreke kao npr. sadnjom drveća i grmlja između područja koje treba štititi od buke i aktivnosti usljed koje nastaje buka,
- f) postaviti prigušivače na ispusne dimnjake,
- g) obložiti zračne kanale i krajnje ventilatore koji se nalaze u zvučno izoliranim zgradama,
- h) zatvarati vrata i prozore u zatvorenim prostorima.

## 4. GLOSAR

BAT	
NRT	Najbolja raspoloživa tehnika
BAT Criteria	
Kriteriji NRT	Kriteriji koje je potrebno uzeti u obzir pri procjeni NRT, navedeni u Privremenoj odluci vlade <i>br. 34/2002</i>
CKD	Cement Kiln Dust Prašina iz cementne peći
CO	Carbon Monoxide Ugljični monoksid
EA	Environment Agency (for England and Wales) Agencija za zaštitu okoliša (Engleske i Walesa)
EFTA	European Free Trade Association Europska udruga slobodne trgovine
EIA	Environmental Impact Assessment Procjena utjecaja na okoliš
ELV	Emission Limit Value Granična vrijednost emisije
EMS	Environmental Management System Sustav upravljanja okolišem
EPs	Electrostatic Precipitators Elektrostatski taložnici
EWC	European Waste Catalogue Europski katalog otpada
ITEQ	International Toxicity Equivalents Međunarodni ekvivalent toksičnosti
LPG	Liquefied Petroleum Gas Ukapljeni naftni plin
NO <sub>x</sub>	Oxides of Nitrogen Oksidi dušika
PCB	Polychlorinated biphenols Poliklorirani bifenoli
PCDD	Polychlorinated dibenzo dioxins Poliklorirani dibenzodioxini
PCDF	Polychlorinated dibenzo furans

	Poliklorirani dibenzofurani
PCP	Polychlorophenol
	Poliklorofenol
PFA	Pulverised Fuel Ash
	Leteći pepeo
PM	Particulate matter
	Čestice
REI	Regional Environmental Agency
	Regionalna agencija za zaštitu okoliša
SCR	Selected Catalytic Reduction
	Selektivna katalitička redukcija
SECp	Specific Energy Consumption
	Specifična potrošnja energije
SLF	Substitute Liquid Fuels
	Zamjenska tekuća goriva
SNCR	Selective Non Catalytic Reduction
	Selektivna nekatalitička redukcija
SO <sub>2</sub>	Sulphur Dioxide
	Sumpor dioksid
SS	Suspended Solids
	Suspendirane krute tvari
STW	Sewage treatment works
	Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda
TEQ	International Toxicity Equivalents
	Ekvivalent toksičnosti
TOC	Total Organic Carbon
	Ukupni organski ugljik
VOC	Volatile Organic Compounds
	Hlapljivi organski spojevi (definirani u Direktivi 1999/13/EZ kao svaki organski spoj koji 293,15 K ima tlak pare od 0.01 kPa ili više ili koji ima jednaku hlapljivost pod posebnim uvjetima korištenja).
WID	Waste Incineration Directive
	Direktiva o spaljivanju otpada
XRF	X-Ray Fluorescence
	Rentgenska fluorescencija

## Posebne odredbe za suspaljivanje otpada u cementnim pećima.

a) Ukupne granične vrijednosti emisija:

Onečišćujuća tvar	mg/Nm <sup>3</sup>
Čestice	30
HCl	10
HF	1
NO <sub>x</sub>	500 <sup>(1)</sup>
Cd + Tl	0,05
Hg	0,05
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5
Dioksini i furani	0,1

(1) Granična vrijednost emisija NO<sub>x</sub> je 800mg/m<sup>3</sup> za postojeće cementne peći koje imaju okolišnu dozvolu za rad do 1. siječnja 2005.

Do 31. prosinca 2007., moguće je odobriti sljedeća izuzeća:

- za NO<sub>x</sub> u postojećim cementnim pećima u kojima se koristi mokri postupak te u kojima se spaljuje manje od tri tone otpada po satu, uz uvjet da granična emisija ne prelazi 1200 mg/m<sup>3</sup>,
- za čestice u cementnim pećima u kojima se spaljuje manje od tri tone otpada po satu, uz uvjet da se ne premaši granična vrijednost od 50 mg/m<sup>3</sup>.
- *ukupne granične vrijednosti emisija SO<sub>2</sub> i TOC:*

Onečišćujuća tvar	mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	50
TOC	10

Moguće je odobriti izuzeća u slučajevima kada TOC i SO<sub>2</sub> nisu rezultat spaljivanja otpada.

- **Granične vrijednosti emisija CO**  
Granična vrijednost emisija CO propisuje se dozvolom.

#### 4.1.1 Opće primarne mjere/tehnike

**c) NRT je postići neometan i stabilan proces u peći koji se odvija blizu postavljenih točaka procesnih parametara što je korisno i za sve emisije iz peći i za potrošnju energije primjenom sljedećih mjera/tehnika:**

- I. optimizacija upravljanja procesom uključujući automatsko upravljanje sustavom uz pomoć kompjutera,
- II. korištenje modernih, gravimetrijskih sustava za punjenje peći krutim gorivom.

**d) NRT je pažljiv odabir i kontrola tvari koje ulaze u peć kako bi se smanjile i/ili izbjegle emisije.**

#### 4.1.2 Odabir procesa

Odabrani proces ima velik utjecaj na potrošnju energije i emisije u zrak iz proizvodnje cementnog klinkera.

**Za nova postrojenja i u slučaju značajne nadogradnje, NRT je primjena suhoga postupka s višestupanjskim predgrijačem i predkalcinacijom. Toplinska bilanca vezana uz primjenu NRT je 2900 – 3100 MJ/t klinkera.**

#### 4.1.3 Potrošnja energije

**d) NRT je smanjiti/svesti na minimum potrošnju toplinske energije primjenom kombinacije sljedećih mjera/tehnika:**

- I. primjena poboljšanih i optimiziranih sustava peći i stabilnih procesa koji se odvijaju blizu postavljenih točaka procesnih parametara primjenom sljedećih mjera/tehnika:
  - i. optimizacija upravljanja procesom uključujući automatsko upravljanje sustavom uz pomoć kompjutera,
  - ii. moderni, gravimetrijski sustavi punjanja peći krutim gorivom,
  - iii. predgrijavanje i predkalcinacija u mjeri u kojoj je to moguće uzimajući u obzir izvedbu postojećeg sustava peći.

U ovom kontekstu prikazano je nekoliko različitih mjera/tehnika koje se mogu primijeniti na sustave peći samostalno ili u kombinaciji.

- II. povrat viška topline iz peći, posebice iz rashladne zone. Višak topline iz rashladne zone (vrući zrak) može se koristiti za sušenje sirovina (predgrijač),
  - III. primjena odgovarajućeg broja stupnjeva ciklona vezano uz karakteristike i svojstva korištenog goriva,
  - IV. korištenje goriva sa svojstvima koja pozitivno utječu na potrošnju toplinske energije,
  - V. zamjena konvencionalnih fosilnih goriva otpadom koristeći optimizirane i prikladne peći za spaljivanje otpada,
  - VI. optimizacija sustava bypass-a plina.
- e) NRT je smanjiti potrošnju primarne energije primjenom kogeneracijskih postrojenja/postrojenja za proizvodnju toplinske i električne energije, ukoliko je moguće, na temelju potražnje korisne topline a unutar energetske planova koji su ekonomski održivi.**
- f) NRT je smanjiti potrošnju električne energije primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:**
- III. korištenjem sustava upravljanja energijom,
  - IV. korištenjem energetski učinkovite opreme za mljevenje i ostale opreme na električni pogon.

#### **4.1.4 Korištenje otpada**

NRT i uz njih vezane razine emisija za smanjenje emisija korištenjem otpada mogu se naći u daljnjem tekstu. U ovom kontekstu vidi također Direktivu o spaljivanju otpada [59, Europska komisija, 2000]).

##### **4.1.1.1 Kontrola kvalitete otpada**

**NRT je:**

- c) primjena sustava jamstva kvalitete kako bi se zajamčile karakteristike otpada i analizirao otpad koji će se koristiti kao sirovina i/ili gorivo u cementnoj peći u pogledu:**
- V. dostupnosti,
  - VI. postojanosti kvalitete,
  - VII. fizikalnih svojstava, npr. stvaranje emisija, krupnoća, reaktivnost, gorivost, kalorična vrijednost,
  - VIII. kemijskih svojstava, npr. klor, sumpor, sadržaj alkala i fosfata te sadržaj metala.
- d) kontrolirati količinu relevantnih parametara za otpad koji će se koristiti kao sirovina i/ili gorivo u cementnoj peći, kao što su klor, metali (npr. kadmij, živa, talij), sumpor, ukupni halogeni spojevi.**

#### **4.1.1.1 Punjenje peći otpadom**

**NRT je:**

- i) koristiti odgovarajuće točke punjenja peći u smislu temperature i vremena zadržavanja ovisno o izvedbi peći i radu peći,**
- j) otpadni materijal koji sadrži komponente koje mogu ispariti prije zone kalcinacije unositi u peć u adekvatno zagrijanu zonu sustava peći (glavni plamenik),**
- k) opasna otpadna goriva koja sadrže više od 1 % halogenih organskih spojeva izraženih kao klor unositi u visokotemperaturnu zonu peći (najmanje 1100 °C) ili kroz glavni plamenik i s vremenom zadržavanja od 2 sekunde (vidi Direktivu o spaljivanju otpada),**
- l) otpadna goriva koja sadrže hlapljive organske spojeve ili klorirane spojeve unositi u peć ili u predgrijač na način da se ispusni plinovi spaljuju na temperaturi iznad 850 °C duže od 2 sekunde,**
- m) otpadna goriva unositi u sekundarni sustav spaljivanja i/ili kalcinator sa zadržavanjem plina u trajanju od više od 2 sekunde pri temperaturama iznad 850 °C,**
- n) otpadni materijal koji sadrži živu unositi kroz glavni plamenik u peć,**
- o) prestati koristiti otpadni materijal pri operacijama kao što je pokretanje i isključivanje kada se ne mogu postići odgovarajuće temperature i vrijeme zadržavanja navedene pod točkama a) i f)**
- p) otpad neprekidno unositi u peć .**

#### **4.1.1.1 Upravljanje sigurnošću za korištenje opasnog otpadnog materijala**

**NRT je primjena sustava upravljanja sigurnošću za rukovanje, odnosno skladištenje i/ili unošenje opasnog otpadnog materijala.**

#### **4.1.5 Emisije prašine**

##### **4.1.1.1 Emisije prašine iz difuznih izvora**



**NRT je svesti na minimum/spriječiti difuzne emisije prašine primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:**

- c) Mjere/tehnike za operacije tijekom kojih nastaje prašina. U tom kontekstu vidi odjeljak **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** u kojemu je prikazano nekoliko različitih mjera koje se mogu primijeniti samostalno ili u kombinaciji.
- d) Mjere/tehnike za skladištenje rasutog materijala. U tom kontekstu vidi odjeljak **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** u kojemu je prikazano nekoliko različitih mjera koje se mogu primijeniti samostalno ili u kombinaciji.

#### **4.1.1.1 Emisije prašine iz točkastih izvora iz operacija usljed kojih nastaje prašina**

**NRT je smanjiti emisije prašine iz točkastih izvora iz operacija tijekom kojih nastaje prašina (vidi odjeljak Pogreška! Izvor reference nije pronađen.) na manje od 10 mg/Nm<sup>3</sup>, izraženo kao prosječna dnevna vrijednost, primjenom suhog postupka čišćenja dimnih plinova s filterom.**

#### **4.1.1.1 Emisije prašine iz procesa spaljivanja u peći**

- c) **NRT je smanjiti emisije prašine (čestica) iz dimnih plinova koji nastaju u procesu spaljivanja u peći na manje od 20 mg/Nm<sup>3</sup> izraženo kao prosječna dnevna vrijednost primjenom suhog postupka čišćenja s filterom.**
- d) **Ukoliko više od 40 % ispuštene topline dolazi od opasnog otpada NRT je smanjiti emisije prašine (čestica) iz dimnih plinova koji nastaju u procesu spaljivanja u peći na manje od 10 mg/Nm<sup>3</sup>, izraženo kao prosječna dnevna vrijednost, primjenom suhog postupka čišćenja dimnih plinova s filterom.**

U tom kontekstu prikazano je nekoliko različitih mjera/tehnika koje se mogu primijeniti samostalno ili u kombinaciji. Vidi također Direktivu o spaljivanju otpada [59, Europska komisija, 2000].

#### **4.1.6 Plinoviti spojevi**

##### **4.1.1.1 Emisije NO<sub>x</sub>**

- d) **NRT je smanjiti emisije NO<sub>x</sub> iz dimnih plinova koji nastaju u procesima izgaranja u peći primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:**

V. Primarne mjere/tehnike kao npr.:

- i. hlađenje plamena,
  - ii. plamenici s niskim sadržajem NO<sub>x</sub>,
  - iii. izgaranje u srednjem dijelu peći,
  - iv. dodavanje mineralizatora radi poboljšanja gorivosti sirovina (mineralizirani klinker),
  - v. optimizacija procesa.
- VI. stupnjevito izgaranje (konvencionalno ili otpadno gorivo); također u kombinaciji s predkalcinacijom i korištenjem optimizirane mješavine goriva,
- VII. selektivna nekatalitička redukcija
- VIII. selektivna katalitička redukcija.

**e) Kod primjene SNCR NRT je:**

- III. primijeniti odgovarajuću učinkovitost redukcije uz stabilan operativni proces,
- IV. primijeniti dobru stehiometrijsku distribuciju amonijaka kako bi se postigla najveća moguća učinkovitost smanjenja NO<sub>x</sub> te smanjiti količinu neizreagiranih amonijaka
- V. držati emisije NH<sub>3</sub> iz dimnih plinova ispod 30 mg/Nm<sup>3</sup>, izraženo kao prosječna dnevna vrijednost (vidi odjeljke **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**).

**f) Sljedeće razine emisija NO<sub>x</sub> vezane su uz primjenu NRT (eng. BAT AEL):**

Parametar	jedinica	BAT AEL (prosječna dnevna vrijednost)
NO <sub>x</sub> izražen kao NO <sub>2</sub> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Primjena primarnih mjera/tehnika, stupnjevitog izgaranja i/ili SNCR kao što je navedeno pod a) i I – III iznad</li> </ul>	mg/Nm <sup>3</sup>	<200 – 350
NO <sub>x</sub> izražen kao NO <sub>2</sub> <ul style="list-style-type: none"> <li>• primjena SCR kao što je navedeno pod a) i IV iznad</li> </ul>	mg/Nm <sup>3</sup>	100 – 200

*Tabela 4.1: Razine emisija vezane uz primjenu NRT (BAT AEL) za NO<sub>x</sub> iz dimnih plinova koji nastaju u procesima izgaranja u peći i/ili predgrijavanja/predkalcinacije u cementnoj industriji*

**4.1.1.1 Emisije SO<sub>x</sub>**

**d) NRT je smanjiti emisije SO<sub>x</sub> iz dimnih plinova peći iz procesa spaljivanja i/ili procesa predgrijavanja/predkalcinacije primjenom jedne od sljedećih mjera/tehnika:**

- IV. dodavanje apsorbensa,
- V. mokro skrubiranje,
- VI. aktivni ugljen.

**e) Sljedeće razine emisija SO<sub>x</sub> vezane su uz primjenu NRT:**

Parametar	jedinica	BAT AEL <sup>1)</sup> (prosječna dnevna vrijednost)
SO <sub>x</sub> izražen kao SO <sub>2</sub> Sadržaj sumpora u sirovinama ≤0,25 % Početna razina SO <sub>x</sub> <sup>2)</sup> <1200 mg/Nm <sup>3</sup> Korištenje mokrih skrubera	mg/Nm <sup>3</sup>	<50 – <200
SO <sub>x</sub> izražen kao SO <sub>2</sub> Sadržaj sumpora u sirovinama >0,25 % Početna razina SO <sub>x</sub> <sup>2)</sup> >1200 mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	<200 – <400
<sup>1)</sup> Rasponi ovise o sadržaju sumpora u sirovinama i/ili početnim razinama SO <sub>x</sub> kao i primjenjenoj tehnici za njegovo smanjenje, npr.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• za niži sadržaj sumpora u sirovinama/nije početne razine SO<sub>x</sub>, NRT su niže vrijednosti unutar raspona,</li> <li>• za upotrebu mokrih skrubera, NRT su niže vrijednosti unutar raspona,</li> <li>• za viši sadržaj sumpora u sirovinama/veće početne razine SO<sub>x</sub>, NRT su više vrijednosti unutar raspona.</li> </ul> <sup>2)</sup> u sirovom plinu		

*Tabela 4.2: Razine emisija vezane uz primjenu NRT BAT AEL) za SO<sub>x</sub> iz dimnih plinova koji nastaju u procesima izgaranja u peći i/ili predgrijavanja/predkalcinacije u cementnoj industriji*

f) NRT je optimizirati procese mljevenja (za suhi proces) koji djeluju kao sustav za smanjenje emisija SO<sub>2</sub>.

#### 4.1.1.1 Emisije CO

### **Smanjenje slučajeva sigurnosnog isključivanja elektrostatskih taložnika zbog prekomjerne koncentracije CO**

Primjenom ESP-a ili hibridnih filtera NRT je smanjiti učestalost sigurnosnog isključivanja elektrostatskih taložnika zbog prekomjerne koncentracije CO na maksimalno šest isključivanja godišnje u trajanju od 2 minute za svaki od tih slučajeva primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:

- d) smanjiti mirovanje elektrostatskih taložnika. U tom kontekstu prikazano je nekoliko mjera/tehnika koje se mogu primijeniti samostalno ili u kombinaciji
- e) kontinuirano automatsko mjerenje CO,
- f) korištenje brze opreme za mjerenje i regulaciju uključujući sustav praćenja CO s kratkim vremenom reagiranja smještenog blizu izvora CO.

#### 4.1.1.1 Emisije PCDD/F

**c) NRT je smanjiti emisije PCDD/F iz dimnih plinova iz procesa spaljivanja u peći primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:**

- X. odabir homogenih sirovina i/ili goriva s niskim sadržajem sumpora, dušika, klora, metala i hlapljivih organskih spojeva,
- XI. ograničiti/izbjegavati korištenje otpada koji sadrže organske materijale,
- XII. izbjegavati punjenje gorivom s visokim sadržajem halogenih spojeva za sekundarno spaljivanje,
- XIII. svesti na minimum potrošnju energije goriva predgrijavanjem i predkalcinacijom uzimajući u obzir izvedbu postojećeg sustava peći,
- XIV. koristiti neometane i stabilne procese koji se odvijaju blizu postavljenih točaka procesnih parametara,
- XV. brzo hlađenje ispusnih plinova peći na temperaturu nižu od 200 °C i ograničavanje vremena zadržavanja dimnih plinova i kisika u zonama gdje se temperature kreću između 300 i 450 °C,
- XVI. prestati s korištenjem otpadnog materijala pri operacijama kao što je pokretanje i isključivanje,
- XVII. praćenje i stabiliziranje važnih procesnih parametara, tj. homogena sirovina i gorivo, redovito doziranje i višak kisika,
- XVIII. adsorpcija na aktivni ugljen.

**d) NRT za korištenje otpada je smanjiti emisije PCDD/F na 0,1 ng PCDD/F I-TEQ/Nm<sup>3</sup>, izraženo kao prosječna dnevna vrijednost, primjenom jedne ili kombinacijom mjera/tehnika navedenih pod točkom a).**

U ovom kontekstu, vidi odjeljak **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** u kojemu se opisuju različite mjere/tehnike koje se mogu primijeniti samostalno ili u kombinaciji. Također vidi Direktivu o spaljivanju otpada (eng. WID) [59, Europska komisija, 2000].

#### 4.1.1.1 Emisije ukupnog organskog ugljika (TOC)

**NRT je smanjiti emisije ukupnog organskog ugljika iz dimnih plinova iz procesa spaljivanja u peći primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:**

- e) koristiti sirovine i gorivo s niskim sadržajem hlapljivih organskih tvari,
- f) izbjegavati unošenje sirovina s visokim sadržajem hlapljivih organskih tvari u sustav peći putem kojim se unosi sirovina,
- g) izbjegavati korištenje goriva s visokim sadržajem halogena (npr. klor) za sekundarno spaljivanje,
- h) adsorpcija na aktivni ugljen.

U svezi korištenja otpada, vidi također Direktivu o spaljivanju otpada [59, Europska komisija, 2000].

#### 4.1.1.1 Emisije metala

**c) NRT je smanjiti na minimum emisije metala iz dimnih plinova iz procesa spaljivanja u peći primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih mjera/tehnika:**

- VI. odabir materijala s niskim sadržajem metala,
- VII. izbjegavati korištenje materijala s visokim sadržajem metala,
- VIII. koristiti sustav jamstva kvalitete kako bi se zajamčile karakteristike korištenih otpadnih materijala,
- IX. ograničiti sadržaj hlapljivih metala u materijalu, posebice žive,
- X. koristiti učinkovite mjere/tehnike uklanjanja prašine. U ovom kontekstu vidi odjeljak **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** u kojemu su prikazane različite mjere/tehnike za uklanjanje prašine koje se mogu primijeniti samostalno ili u kombinaciji.

**d) Kada se koristi otpad, sljedeće razine emisija metala su vezane uz primjenu NRT (BAT AEL):**

Metali	mg/Nm <sup>3</sup> (prosječna dnevna vrijednost)
Hg	0 – 0,05
∑ (Cd, Tl)	0 – 0,05
∑ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	0 – 0,5
'0' podrazumjeva razinu detekcije	

*Tabela 4.3: Razine emisija vezane uz primjenu najboljih raspoloživih tehnika (BAT AEL) za metale iz dimnih plinova iz procesa spaljivanja u pećima*

U tom kontekstu vidi također i Direktivu o spaljivanju otpada.

#### 4.1.1.1 Emisije klorovodika (HCl) i fluorovodika (HF)

**d) NRT je smanjiti emisije HCl primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih primarnih mjera/tehnika:**

- III. koristiti sirovine i goriva s niskim sadržajem klora,
- IV. učinkovita redukcija ciklusa alkalnih klorida korištenjem bypass-a na ulazu peći.

**e) Za korištenje otpada NRT je smanjiti emisije HCl na <10 mg/Nm<sup>3</sup> kao dnevnu prosječnu vrijednost primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih primarnih mjera/tehnika:**

- IV. koristiti sirovine i goriva s niskim sadržajem klora,

- V. ograničiti količinu sadržanog klora u otpadu koji će se koristiti kao sirovina i/ili gorivo u cementnoj peći. U ovom kontekstu, prikazani su primjeri raspona koncentracija tvari u otpadu/kriteriji za unos otpada.
- VI. učinkovito smanjenje ciklusa alkalnih klorida korištenjem bypass-a na ulazu peći.

**f) Za korištenje otpada, NRT je smanjiti emisije HF na <1 mg/Nm<sup>3</sup> izražene kao HF, (prosječna dnevna vrijednost) primjenom jedne ili kombinacijom sljedećih primarnih mjera/tehnika:**

- III. koristiti sirovine i goriva s niskim sadržajem fluora
- IV. ograničiti količinu sadržanog fluora u otpadu koji će se koristiti kao sirovina /ili gorivo u cementnoj peći.

#### **4.1.7 Procesni gubici/otpad**

- c) **NRT je ponovno korištenje sakupljenih čestica u procesu gdje god je to moguće.**
- d) **Kada se sakupljena prašina ne može reciklirati, NRT je koristiti prašinasti materijal u drugim komercijalnim proizvodima gdje je to moguće.**

#### **4.1.8 Buka**

**NRT je smanjiti/svesti na minimum emisije buke iz nekoliko faza tijekom procesa proizvodnje cementa primjenom kombinacije sljedećih mjera/tehnika:**

- i) ograditi radne operacije/jedinice koje prave buku,
- j) izolirati vibracije operacija/jedinica koje prave buku,
- k) oblogama od otpornog materijala obložiti lijevke s unutarne i vanjske strane,
- l) postaviti zvučnu izolaciju na zgrade radi zaštite od širenja buke obavljanjem radnih operacija u kojima se koristi oprema za transformaciju materijala,
- m) izgraditi zidove za zaštitu od buke, odnosno izraditi zgrade ili prirodne zapreke kao npr. sadnjom drveća i grmlja između područja koje treba štiti od buke i aktivnosti usljed koje nastaje buka,
- n) postaviti prigušivače na ispusne dimnjake,
- o) obložiti zračne kanale i krajnje ventilatore koji se nalaze u zvučno izoliranim zgradama,
- p) zatvarati vrata i prozore u zatvorenim prostorima.