

Sustavi hlađenja

Sadržaj

UVOD.....	2
1 POLAZIŠTE SMJERNICA.....	2
2 CJELOVITI PRISTUP SUSTAVIMA HLAĐENJA.....	5
2.1 Razlika između novih i postojećih sustava.....	6
3 TEHNIKE KOJE SE PRIMIJENUJU U SUSTAVIMA HLAĐENJA.....	8
4 OKOLIŠNI ASPEKTI PRIMIJENJENIH SUSTAVA HLAĐENJA.....	10
4.1 Potrošnja energije.....	10
4.2 Voda.....	11
4.3 Emisije topline u površinsku vodu.....	12
4.4 Emisije tvari u površinsku vodu.....	12
4.5 Uporaba biocida.....	13
4.6 Emisije u zrak.....	14
4.7 Buka.....	14
4.8 Aspekti rizika.....	14
4.9 Ostalne tvari nastale radom sustava hlađenja.....	15
5 ZAKLJUČCI O NRT-U.....	15
5.1 Uvjeti postupka i lokacija.....	15
5.2 Smanjenje izravne potrošnje energije i obnova energije.....	16
5.3 Smanjenje potrošnje vode i smanjenje emisije topline u vodu.....	16
5.4 Smanjenje entrainment.....	16
5.5 Smanjenje emisija kemijskih tvari u vodu.....	16
5.6 Smanjenje emisija optimiziranom obradom rashladne vode.....	17
5.7 Smanjenje emisija u zrak.....	18
5.8 Smanjenje buke.....	18
5.9 Smanjenje istjecanja i mikrobiloškog rizika.....	19

UVOD

1 POLAZIŠTE SMJERNICA

Ključna je značajka IPPC direktive zahtjev da se dozvole temelje na primjeni najboljih raspoloživih tehnika (NRT). Najbolje raspoložive tehnike utvrđene su Zakonom o zaštiti okoliša. Ukratko, NRT podrazumijeva: sve tehnike, uključujući tehnologiju, planiranje, izgradnju, održavanje, rad i zatvaranje pogona, koje su primjenjive u praksi pod prihvatljivim tehničkim i ekonomskim uvjetima te su najučinkovitije u postizanju najvišeg stupnja zaštite okoliša kao cjeline. Od listopada 2007. godine, sva postrojenja trebaju ishoditi objedinjenu dozvolu koja određuje granične vrijednosti emisija temeljem NRT-a. Ovaj je niz smjernica nastao kako bi pomogao u određivanju NRT-a.

Ovo je jedna iz niza bilješki koje opisuju zaključke o najboljim raspoloživim tehnikama (NRT) za industrijske sektore. Sve bilješke imaju cilj pružiti čvrst okvir za postojeane i transparentne propise o postupcima i postrojenjima. Pripremljeno je nekoliko priručnika o horizontalnim pitanjima a Priručnik o horizontalnom pitanju sustava hlađenja dokument je broj xxxxxxxx i na njega se treba pozvati prilikom utvrđivanja uvjeta za dozvolu.

- Prilikom određivanja NRT-a za novo postrojenje, treba koristiti zaključke iz referentnih dokumenata o NRT-u (BREF), ili, gdje je primjenjivo, naprednije tehnike. Pri određivanju na lokalnoj razini, NRT-u pridružene granične vrijednosti emisija (BATAEL) ne smiju se prekoračiti, već bi trebalo primijeniti niže razine bilo kojeg opsega.
- Kod određivanja NRT-a za postojeće postrojenje, moguće je odlučiti se za odstupanje koje u obzir uzima troškove i koristi zaštite okoliša i na lokalnoj razini odrediti nešto manje strože granične vrijednosti. Čitav skup čimbenika može se razmatrati prilikom odlučivanja o najpogodnijim tehnikama koje pružaju najbolju zaštitu okolišu kao cjelini. Cilj je odrediti uvjete dozvole kako bi se postrojenje približilo što je moguće više normama postavljenim za novo postrojenje, ali uzimajući u obzir ekonomičnost, vremenski raspon i praktičnost izmjena na postojećem postrojenju. Prilog IV IPPC direktive navodi okolnosti koje treba razmotriti prilikom određivanja NRT-a na lokalnoj razini.
- Tijekom procjene primjenjivosti NRT-a ili pridruženih graničnih vrijednosti emisija za postojeće postrojenje, odstupanja se mogu prikazati kao stroža ili manje stroža od NRT-a, kako to opisuju referentni dokumenti (BREF). Tehnika koja najviše odgovara ovisi o lokalnim čimbenicima pa će možda biti potrebna lokalna procjena troškova i koristi raspoloživih rješenja kako bi se utvrdilo najbolje. Objašnjenje opravdanosti odstupanja od zaključaka iz BREF-a mora biti jasno i zabilježeno.
- Odstupanja mogu biti opravdana temeljem troškova i koristi zaštite okoliša, kao i lokalnih uvjeta kao što su tehnička svojstva predmetnog postrojenja, njegov zemljopisni smještaj i lokalni okolišni uvjeti, no ne i temeljem profitabilnosti pojedine tvrtke.
- Svi su postupci predmetom NRT-a. Općenito, ono što je NRT za jedan tehnološki postupak u sektoru, vjerojatno je i NRT za drugi usporedivi postupak; iako, kod svakog slučaja, u praksi je na regulatorima (podložno prizivu) da odluče

što je NRT za pojedini tehnološki postupak, a u obzir trebaju uzeti promjenjive čimbenike (kao što su konfiguracija, veličina i druga svojstva postupka) i smiješaj (kao npr. blizinu posebno osjetljivih prijemnika). U konačnici, NRT je svojstven pojedinoj lokaciji, no ove smjernice odnose se na većinu postupaka unutar sektora i tomu treba posvetiti naročitu pozornost kako bi se u najvećoj mjeri postigla odgovarajuća konzistentnost dozvola.

- Smjernice su namijenjene:
 - regulatorima, koji moraju smjernice uzeti u obzir prilikom pregleda zahtjeva i preispitivanja važećih odobrenja i dozvola,
 - operatorima, kojima se također savjetuje uzimanje u obzir smjernica prilikom sastavljanja zahtjeva, kao i tijekom daljnjeg postupka,
 - predstavnicima javnosti, koji mogu biti zainteresirani da znaju što se podrazumijeva pod odgovarajućim uvjetima za nadzor emisija kod većine postupaka unutar određenog industrijskog sektora.
- U vrijeme nastanka, ove su smjernice temeljene na poznavanju i razumijevanju:
 - referentnog dokumenta o industrijskim sustavima hlađenja
 - važnosti monitoringa u svrhu utvrđivanja utjecaja na okoliš, i
 - kako postupak hlađenja tvori dio NRT-a i sadržajem je ciljeva IPPC direktive.
- Povremeno, smjernice mogu biti izmijenjene i dopunjene kako bi se išlo u korak s usavršavanjem NRT-a, uključujući poboljšanje tehnika i nova saznanja o utjecajima na i rizicima po okoliš. Takve izmjene mogu biti u obliku cjelovitog dopunjenog izdanja ovog dokumenta, ili u obliku zasebnih dodatnih smjernica koje se bave posebnim pitanjima.
- Isto tako, u svrhu sveobuhvatnog razumijevanja ovih pitanja, potrebno je razmatrati i sljedeće hrvatske smjernice za:
 - procjenu NRT-a
 - energetske učinkovitost
 - tehnike praćenja (monitoringa)
 - buku
 - zatvaranje pogona
 - smanjivanje količine otpada
 - sustave upravljanja okolišem
 - procjenu onečišćenja tla
 - emisije iz difuznih izvora ili fugitivne emisije
 - pročišćavanje otpadne vode/plina.

2 CJELOVITI PRISTUP SUSTAVIMA HLAĐENJA

Cjeloviti pristup uzima u obzir ekološki učinak sustava hlađenja u kontekstu sveukupnog ekološkog učinka industrijskog postupka. Cilj mu je smanjenje na najmanju mjeru kako neizravnih, tako i izravnih utjecaja rada sustava hlađenja. Pristup se temelji na načelu da ekološki učinak hlađenja postupka uvelike ovisi o odabiru i dizajnu sustava hlađenja. Stoga, kod novih postrojenja pristup je usmjeren k sprječavanju emisija odabirom odgovarajuće konfiguracije hlađenja te pravilnim projektiranjem i izgradnjom sustava hlađenja. Pored toga, smanjenje emisija se postiže optimizacijom rada pa je zato sustav upravljanja vrlo važan.

Kod postojećih sustava postoji manji potencijal za sprječavanje tehnološkim mjerama u kratkom razdoblju pa je stoga u tim slučajevima naglasak na smanjenju emisija optimiziranjem operativnih i nadzornih sustava. Isto tako, kod postojećih sustava veliki je broj parametara kao što su prostor, raspoloživost operativnih resursa i važeća zakonska ograničenja, utvrđeni i vrlo je malo prostora za njihovu izmjenu. Međutim, opći pristup NRT-u u ovom dokumentu može se smatrati dugoročnim ciljem koji se uklapa u cikluse izmjene opreme u postojećim postrojenjima.

Pristup podrazumijeva da je hlađenje bitan dio mnogih industrijskih postupaka i treba ga promatrati kao važnu sastavnicu u ukupnom sustavu upravljanja energijom. Učinkovita potrošnja energije u industrijskim postupcima vrlo je važna s gledišta zaštite okoliša i ekonomičnosti. Prije svega, provedba NRT-a znači da se pozornost mora obratiti sveukupnoj energetske učinkovitosti industrijskih i proizvodnih postupaka, prije no što se poduzmu mjere za optimiziranje sustava hlađenja. Kako bi povećala sveukupnu energetske učinkovitost, industrija teži smanjiti količinu neobnovljive topline primjenom prikladnog sustava upravljanja energijom, kao i usvajanjem integriranih programa štednje energije. Tu je uključena razmjena energije između različitih jedinica unutar hlađenih industrijskih i proizvodnih postupaka, kao i spojenost izvan tog postupka s obližnjim postupcima. Postoji sklonost k zamisli obnove topline za industrijske regije kada su industrijska postrojenja međusobno povezana ili su povezana sa sustavom centralnog grijanja kućanstava, ili, pak, korištenjem otpadne topline iz staklenika. Ondje gdje nije moguća daljnja obnova ili uporaba topline, mora ju se ispustiti u okoliš.

Postoji razlika između topline niske (10-25 °C), srednje (25-60 °C) i visoke (60 °C) razine neobnovljivosti. Općenito, mokri sustavi hlađenja primjenjuju se za toplinu niske razine a suhi sustavi za toplinu visoke razine. Za srednju razinu, posebno se ne odabire pojedini način hlađenja a tu su i različite konfiguracije.

Nakon optimizacije sveobuhvatne energetske učinkovitosti industrijskog ili proizvodnog postupka, ostaje određena količina i razina neobnovljive topline a prvi odabir konfiguracije hlađenja koje će raspršiti tu količinu može se načiniti uravnoteženjem:

- uvjeta hlađenja postupka,
- ograničenja lokacije (uključujući zakonska ograničenja) te
- okolišnih uvjeta.

Uvjeti hlađenja industrijskog i proizvodnog postupka moraju uvijek biti zadovoljeni kako bi se omogućili pouzdani uvjeti za odvijanje tehnološkog postupka, uključujući puštanje u pogon i prestanak rada. Potrebna minimalna temperatura tehnološkog postupka i

potrebni kapacitet hlađenja moraju biti zajamčeni cijelo vrijeme kao bi se povećala učinkovitost industrijskog ili proizvodnog postupka i smanjio gubitak proizvoda i emisije u okoliš. Što su ovi postupci osjetljiviji na temperaturu, to je i ovo važnije.

Uvjeti na lokaciji ograničavaju projektne mogućnosti i moguće načine kako bi sustavi hlađenja mogli raditi. Oni su određeni lokalnom klimom, raspoloživošću vode za hlađenje i ispuštanje, raspoloživošću prostora za zdanja, kao i osjetljivošću okolnog područja na emisije. Ovisno o potrebi postupka za hlađenjem i o potrebnom kapacitetu hlađenja, odabir lokacije za novo postrojenje može biti vrlo važan (npr. veliki izvor hladne vode). Ondje gdje je odabir lokacije uvjetovan drugim kriterijima ili gdje već postoje sustavi hlađenja, uvjeti hlađenja postupka i svojstva lokacije su nepromjenjivi.

Za hlađenje je važna lokalna klima budući da ona utječe na temperaturu krajnje rashladne vode i zraka. Lokalna klima obilježena je obrascem temperatura mokrog i suhog barometra. Općenito, sustavi se hlađenja projektiraju tako da udovolje potrebama hlađenja pod najnepovoljnijim lokalnim klimatskim uvjetima, tj. na najvišim temperaturama mokrog i suhog barometra.

Sljedeći korak u odabiru i projektiranju sustava hlađenja ide k udovoljavanju uvjeta NRT-a, u okviru potreba hlađenja sustava i ograničenja lokacije. To znači da je ovdje naglasak na odabiru odgovarajućeg materijala i opreme radi smanjenja potreba održavanja, olakšavanja rada sustava hlađenja i udovoljavanja okolišnim uvjetima. Osim ispuštanja topline u okoliš, mogu nastati i drugi utjecaji na okoliš, poput emisija aditiva za kondicioniranje sustava hlađenja. Naglašava se da ondje gdje se može smanjiti razina topline za raspršivanje, bit će manji utjecaj industrijskog sustava hlađenja na okoliš.

Načela pristupa NRT-a mogu se također primijeniti na postojeće sustave hlađenja. Raspoloživa su tehnološka rješenja poput promjene tehnologije hlađenja, ili modifikacije postojeće opreme ili korištenih kemikalija, no to se sve može primijeniti ograničeno.

2.1 Razlika između novih i postojećih sustava

Svi ključni zaključci o NRT-u mogu se primijeniti na nove sustave. Ondje gdje su uključene tehnološke promjene, primjena može biti ograničena na postojeće sustave hlađenja. Kod malih rashladnih tornjeva koji se proizvode serijski, promjena se tehnologije smatra tehnički i ekonomski izvedivom. Tehnološke promjene za velike sustave uglavnom podrazumijevaju velike troškove i zahtijevaju složenu tehniku i ekonomsku procjenu obuhvaćajući veliki broj čimbenika. Relativno male prilagodbe tih velikih sustava, u smislu izmjene dijela opreme, održive su u nekim slučajevima. Za opsežnije promjene tehnologije potrebno je detaljno razmatranje a možda i procjena utjecaja na okoliš te procjena troškova.

Općenito, ondje gdje je u središtu pozornosti smanjenje utjecaja na okoliš uz uvjet poboljšanja rada sustava, NRT je isti i za nove i za postojeće sustave. To se odnosi na:

- optimizaciju pročišćavanja rashladne vode kontroliranim doziranjem i odabirom aditiva za rashladnu vodu, s ciljem smanjenja utjecaja na okoliš,
- redovno održavanje opreme i
- praćenje operativnih parametara poput stupnja korozije na površini izmjenjivača topline, kemije rashladne vode te stupnja onečišćenja i istjecanja.

Primjeri tehnika koje se smatraju NRT-om za postojeće sustave hlađenje uključuju:

- primjena odgovarajuće ispune radi suzbijanja onečišćenja,
- zamjena rotirajuće opreme tišim uređajima,
- sprječavanje istjecanja promatranjem cijevi izmjenjivača topline,
- biofiltracija,
- poboljšanje kakvoće vode za nadopunu i
- ciljano doziranje u protočnim sustavima.

3 TEHNIKE KOJE SE PRIMJENJUJU U SUSTAVIMA HLAĐENJA

Sustavi se hlađenja temelje na načelima termodinamike a osmišljeni su da bi potpomogli izmjenu topline između postupka i hladila kao i da bi olakšali ispuštanje neobnovljive topline u okoliš. Industrijski sustavi hlađenja mogu se kategorizirati prema dizajnu i glavnom rashladnom principu: uporabi vode ili zraka, ili kombinaciji vode i zraka kao hladila.

Izmjena topline između procesnog medija i hladila pojačana je izmjenjivačima topline. Od izmjenjivača topline hladilo prenosi toplinu u okoliš. U zatvorenim sustavima, hladilo ili procesni medij cirkulira u cijevima ili zavojnicama i nije u dodiru s okolišem.

Protočni sustavi obično se primjenjuju u postrojenjima velikog kapaciteta na lokacijama gdje su raspoložive dovoljne količine rashladne vode i prijemne površinske vode. Ukoliko pouzdani izvor nije dostupan, koriste se recirkulacijski sustavi (vodeni tornjevi).

U recirkulacijski otvorenim tornjevima, rashladna voda se hladi u dodiru sa zračnom strujom. Tornjevi su opremljeni uređajima koji potiču kontakt zrak/voda. Protok zraka može se stvoriti mehaničkim propuhom uz pomoć ventilatora ili prirodno. Mehanički tornjevi za propuh u širokoj su primjeni, kako kod malih, tako i kod velikih kapaciteta. Tornjevi s prirodnim propuhom uglavnom se primjenjuju kod velikih kapaciteta (npr. u energetske industriji).

U sustavima zatvorenog kruga, cijevi ili zavojnice u kojima cirkulira hladilo ili procesni medij se hlade, hladeći potom tvar koju sadrže. U mokrim sustavima, cijevi ili zavojnice prskaju se vodom i protok zraka se hladi hlapljenjem. U suhim sustavima, protok zraka prolazi cijevima/zavojnicama a hlađenje se postiže konvekcijom. Kod obje ove izvedbe zavojnice mogu biti opremljene s perajama, povećavajući površinu hlađenja a time i učinak hlađenja. Mokri sustavi zatvorenog kruga u širokoj su primjeni u industriji manjeg kapaciteta. Princip hlađenja suhim zrakom može se naći u primjeni kod manjih industrija kao i kod velikih elektrana onda kada nije dostupna dovoljna količina vode ili je voda vrlo skupa.

Otvoreni i zatvoreni hibridni sustavi hlađenja posebno su dizajnirani mehanički tornjevi koji omogućavaju istovremeno mokro i suho djelovanje radi smanjenja stvaranja vidljive maglice. Uz mogućnost upravljanja sustavima (naročito malim staničnim jedinicama) kao suhim sustavima tijekom razdoblja niskih temperatura okolnog zraka, može se postići smanjenje godišnje potrošnje vode i stvaranje vidljive maglice.

Tablica 1: Primjer tehničkih i termodinamičkih svojstava različitih sustava hlađenja za primjenu u industriji (osim energetske)

Sustav hlađenja	Rashladni medij	Osnovni princip hlađenja	Minimalna primicanja (K) ⁴⁾	Dostignuta minimalna izlazna temperatura procesnog medija ⁵⁾ (°C)	Kapacitete industrijskog postupka (MW _{th})
Otvoreni protočni sustav - izravan	Voda	Kondukcija/konvekcija	3 – 5	18 – 20	<0.01 - > 2000
Otvoreni protočni sustav - neizravan	Voda	Kondukcija/Konvekcija	6 – 10	21 – 25	<0.01 - > 1000
Recirkulacijski otvoreni sustav hlađenja - izravan	Voda ¹⁾ Zrak ²⁾	Evaporacija ³⁾	6 – 10	27 – 31	< 0.1 – >2000
Recirkulacijski otvoreni sustav - neizravan	Voda ¹⁾ Zrak ²⁾	Evaporacija ³⁾	9 – 15	30 – 36	< 0.1 - > 200
Mokri sustav hlađenja u zatvorenom krugu	Voda ¹⁾ Zrak ²⁾	Evaporacija + konvekcija	7 – 14 ⁷⁾	28 – 35	0.2 – 10
Sustav hlađenja suhim zrakom u zatvorenom krugu	Zrak	Konvekcija	10 – 15	40 – 45	< 0.1 – 100
Otvoreno hibridno hlađenje	Voda ¹⁾ Zrak ²⁾	Evaporacija + konvekcija	7 – 14	28 – 35	0.15 - 2.5 ⁶⁾
Zatvoreno hibridno hlađenje	Voda ¹⁾ Zrak ²⁾	Evaporacija + konvekcija	7 – 14	28 – 35	0.15 - 2.5 ⁶⁾

Napomene:
1) Voda je sekundarni rashladni medij i najčešće se recirkulira. Evaporacijska voda prenosi toplinu u zrak.
2) Zrak je rashladni medij putem koga se toplina prenosi u okoliš.
3) Evaporacija je glavni rashladni princip. Toplina se također prenosi putem kondukcije/konvekcije no u manjem razmjeru.
4) Relativna primicanja temperaturi mokrog ili suhog barometra
Moraju se dodati primicanja izmjenjivača topline i rashladnog tornja
5) Izlazna temperatura ovisi o klimi na lokaciji (podaci vrijede za prosječne europske klimatske uvjete
30°/21°C temperatura suhog/mokrog barometra | 15°C maks. Temperatura vode
6) Kapacitet malih jedinica – u kombinaciji s nekoliko jedinica ili posebno izgrađenih sustava hlađenja, mogu se postići veći kapaciteti.
7) Tamo gdje se primjenjuje izravan sustav ili postoji i konvekcija, primicanje se u ovom primjeru povećava s 3-5K dovodeći do povećane temperature postupka

Tablica prikazuje svojstva primijenjenog sustava hlađenja u određenoj klimatskoj situaciji. Izlazna temperatura procesnog medija koji nakon hlađenja napušta izmjenjivač topline ovisi o temperaturi hladila te o dizajnu sustava hlađenja. Voda ima veći specifični toplinski kapacitet no zrak pa je, stoga, bolje hladilo. Temperatura rashladnog zraka ili vode ovisi o lokalnim temperaturama suhog i mokrog barometra. Što je temperatura barometra viša, teže je rashladiti do izlazne temperature postupka.

Izlazna temperatura postupka jest zbroj najniže ambijentalne temperature (temperature hladila) i najniže potrebne temperaturne razlike između hladila (koje ulazi u sustav hlađenja) i procesnog medija (koji napušta sustav hlađenja) putem izmjenjivača topline, a to se isto zove (termalno) primicanje. Tehnički gledano, primicanje može biti malo što

se tiče dizajna, no troškovi su obrnuto proporcionalni veličini. Što je manje primicanje niža je i procesna izlazna temperatura. Svaki će izmjenjivač topline imati svoje primicanje a , u slučaju dodatnih izmjenjivača topline, u nizu, sva se primicanja dodaju temperaturi hladila (koje ulazi u sustav hlađenja) radi izračuna ostvarive procesne temperature. Dodatni izmjenjivači topline koriste se u indirektnim sustavima hlađenja gdje se primjenjuje dodatni krug hlađenja. Sekundarni i primarni krug hlađenja povezani su s izmjenjivačem topline. Indirektni se sustavi hlađenja primjenjuju ondje gdje se istjecanje procesne tvari u okoliš svakako mora izbjeći.

Kod sustava hlađenja koji se uobičajeno primjenjuju u energetske industriji, minimalna primicanja i kapaciteti hlađenja su nešto drugačiji od onih koji se ne primjenjuju u energetske industriji zbog posebnih uvjeta postupka kondenzacije pare. Različita primicanja i odgovarajući kapaciteti proizvodnje energije sažeto su prikazani u tablici 2 u nastavku.

Tablica 2: Primjeri kapaciteta i termodinamičkih svojstava različitih sustava hlađenja za primjenu u energetske industriji

Sustav hlađenja	Primijenjena primicanja (K)	Kapacitet procesa proizvodnje energije (MW_{th})
Otvoreni protočni sustavi	13-20 (krajnja razlika 3-5)	< 2700
Otvoreni toranj mokrog hlađenja	7-15	< 2700
Otvoreni toranj hibridnog hlađenja	15-20	< 2500
Suhim zrakom hlađeni kondenzator	15-25	< 900

4 OKOLIŠNI ASPEKTI PRIMIJENJENIH SUSTAVA HLAĐENJA

Okolišni aspekti sustava hlađenja različiti su s obzirom na primijenjenu konfiguraciju hlađenja na pozornost je prvenstveno usmjerena na povećanje cjelokupne energetske učinkovitosti i smanjenje emisija u vodeni okoliš. Potrošnja i razine emisija vrlo su specifične u odnosu na lokaciju a ondje gdje ih je moguće kvantificirati pokazuju velika kolebanja. Prema cjelovitom pristupu NRT-a, učinci na više međusobno isprepletenih okolišnih medija moraju se uzeti u obzir u procjeni svakog okolišnog aspekta i pridruženih mjera smanjenja.

4.1 Potrošnja energije

Specifična izravna i neizravna potrošnja energije važan je okolišni aspekt za sustave hlađenja. Određena neizravna potrošnja energije jest potrošnja koju ima proces koga treba hladiti. Ova neizravna potrošnja energije može rasti uslijed izvedbe hlađenja primijenjene konfiguracije hlađenja koja je ispod optimalne, što može rezultirati povišenjem temperature procesa (ΔK) a izražava se kao $kW_e/MW_{th}/K$.

Specifična izravna potrošnja energije sustava hlađenja izražena je kao kW_e/MW_{th} I odnosi se na količinu energije koju potroši sva oprema za hlađenje koja troši energiju (crpke, ventilatori) za svaki MW_{th} koga rasprši.

Mjere za smanjenje specifične neizravne potrošnje energije uključuju:

- odabir konfiguracije hlađenja s najnižom specifičnom neizravnom potrošnjom energije (u općim protočnim sustavima),
- primjenu dizajna s malim primicanjima i
- smanjenje otpora izmjeni topline pravilnim održavanjem sustava hlađenja.

Primjerice, u energetske industriji prijelaz s protočnog na recirkulacijsko hlađenje znači povećanje potrošnje energije pomoćnih uređaja, kao i smanjenje učinkovitosti toplinskog kruga.

Za smanjenje specifične izravne potrošnje energije, na raspolaganju su crpke i ventilatori velike učinkovitosti. Pad otpora i tlaka u procesu može se smanjiti dizajnom sustava hlađenja te primjenom eliminatora kapljica malog otpora i ispunom tornja. Ispravno mehaničko i kemijsko čišćenje površina omogućit će mali otpor u procesu tijekom rada.

4.2 Voda

Voda je važna za mokri sustav hlađenja kao prevladavajuće hladilo, ali i kao okolišni prijemnik za ispušt rashladne vode. „Impingement“ (udari riba i većih vodenih organizama na zaštitne rešetke) i „entrainment“ (utjecaj temperature, biocida, tlaka, itd. na manje vodene organizme povučene rashladnom vodom i vraćene putem efluenta natrag u vodeni okoliš) događaju se kod velikih zahvata vode. Ispusti velikih količina tople vode isto tako mogu utjecati na vodeni okoliš no utjecaj se može nadzirati odabirom odgovarajuće lokacije zahvata i ispusta, kao i procjenom morskih gibanja ili protoka na ušću radi osiguranja odgovarajućeg miješanja i adjektivne disperzije tople vode.

Potrošnja vode kreće se između $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/MW_{th}$ za otvoreni hibridni toranj i do $86 \text{ m}^3/\text{h}/MW_{th}$ za otvoreni, protočni sustav. Smanjenje velikih zahvata vode potrebnih za protočne sustave zahtijeva prijelaz na recirkulacijsko hlađenje što u isto vrijeme smanjuje ispuštanje velikih količina zagrijane rashladne vode, a moglo bi smanjiti i emisije kemikalija i otpada. Potrošnja vode recirkulacijskih sustava može se smanjiti povećanjem broja ciklusa, poboljšanjem kakvoće vode za nadopunu ili optimiziranjem iskorištenja otpadne vode dostupne na lokaciji ili izvan nje. Obje mogućnosti traže složeni program postupanja s rashladnom vodom. Hibridno hlađenje, koje dopušta suho hlađenje tijekom nekih razdoblja u godini, može smanjiti potrošnju vode posebice za male jedinice staničnoga tipa.

Dizajn i razmještaj zahvata i različitih uređaja (rešetaka, pregrada, svjetla, zvuka) igraju ulogu u smanjenju gore pomenutih utjecaja („entrainment“ i „impingement“) na vodene organizme. Učinak uređaj ovisi o vrsti organizma. Troškovi su veliki a mjere se radije primjenjuju na lokacijama na kojima se gradi iz temelja („greenfield“). Smanjivanje potrebnog kapaciteta hlađenja, ukoliko je moguće povećanjem uporabe topline, može smanjiti emisije zagrijane rashladne vode u prirodni prijemnik, odnosno površinsku vodu.

4.3 Emisije topline u površinsku vodu

Kao što je već napomenuto, emisije topline u površinsku vodu mogu imati utjecaj na prirodni prijemnik. Čimbenici utjecaja su na primjer: raspoloživi kapacitet hlađenja prijemne površinske vode, stvarna temperatura i ekološki status površinske vode. Emisije topline mogu dovesti do prekoračenja Standarda zaštite okoliša (EQS-a) za temperaturu tijekom toplih ljetnih razdoblja, kao posljedicu ispuštanja topline iz rashladne vode u površinsku vodu. Za dva ekološka sustava (salmonidne vode i ciprinidne vode) termalni uvjeti su propisani Direktivom 78/659/EEZ. Što se utjecaja emisija topline na okoliš tiče, nije važna samo stvarna temperatura vode, već i povišenje temperature na granici zone miješanja, što je posljedica ispuštanja topline u vodu. Količina i razina topline ispuštene u površinsku vodu u odnosu na njenu veličinu, važne su u smislu razmjera utjecaja na okoliš. U situacijama kada se toplina ispušta u relativno male površinske vode a nakupljena količina vruće vode stigne do suprotne strane rijeke ili kanala, to može predstavljati prepreku migracijama salmonidnih vrsta.

Osim ovih utjecaja, visoka temperatura kao posljedica emisija topline može dovesti do povećane respiracije i biološke proizvodnje (eutrofikacije) koje, pak, mogu dovesti do snižene koncentracije kisika u vodi.

Kod projektiranja sustava hlađenja, u obzir se moraju uzeti gore navedeni aspekti i mogućnosti za smanjenje topline raspršene u površinsku vodu.

4.4 Emisije tvari u površinsku vodu

Emisije iz sustava hlađenja u površinsku vodu uzrokuju:

- aditivi i njihovi reaktanti primijenjeni u rashladnoj vodi,
- tvari nošene zrakom koje ulaze kroz rashladni toranj,
- posljedice nastale korozijom opreme sustava hlađenja te
- istjecanja kemikalija iz tehnološkog postupka i tvari nastalih njihovom reakcijom.

Ispravnost rada sustava hlađenja može zahtijevati obradu rashladne vode protiv korozije opreme, kamenca i mikro te makro onečišćenja. Obrada za protočni sustav razlikuje se od obrade za recirkulacijski sustav. Kod potonjih, programi obrade rashladne vode mogu biti vrlo složeni a raspon korištenih kemikalija vrlo širok. Kao posljedica, razine emisija u 'blow-downu' ovih sustava također pokazuju promjenjivost pa je teško izvijestiti o reprezentativnim razinama emisija. Ponekad se 'blow-down' obrađuje prije ispuštanja.

Emisije oksidirajućih biocida u otvorenim protočnim sustavima, mjereni kao slobodni oksidant (FO) na ispustu, kreću se između 0.1 [mg FO/l] i 0.5 [mg FO/l], ovisno o režimu i učestalosti doziranja.

Tablica 3: Kemijske sastavnice obrade rashladne vode primijenjene u otvorenim i recirkulacijskim mokrim sustavima hlađenja

PRIMJERI KORIŠTENIH KEMIKALIJA*	Problemska područja					
	Korozija		Kamenac		(Bio-)onečišćenje	
	Protočni sustavi	Re-cirkulacijski sustavi	Protočni sustavi	Re-cirkulacijski sustavi	Protočni sustavi	Re-cirkulacijski sustavi
Cink		X				
Molibdati		X				
Silikati		X				
Fosfonati		X		X		
Polifosfonati		X		X		
Poliesteri				X		
Organici				X		
Polimeri	(X)		(X)	X		
Neoksidirajući biocidi						X
Oksidirajući biocidi					X	X

* kromat više nije u širokoj primjeni jer ima veliki utjecaj na okoliš

Odabir i primjena rashladne opreme koja je načinjena od materijala pogodnog za okruženje u kom će raditi mogu smanjiti istjecanje i koroziju. To je okruženje definirano:

- uvjetima u procesu, kao što su temperatura, tlak, brzina protoka,
- medijem koji se hladi te
- kemijskim karakteristikama rashladne vode.

Materijali koji se obično koriste za izmjenjivače topline, cjevovode, crpke i navlake su ugljični čelik, bakar-nikal I nehrđajući čelik različite kakvoće, iako raste i primjena titanija (Ti). Isto tako, radi zaštite površine koriste se i premazi i boje.

4.5 Uporaba biocida

Kod otvorenih protočnih sustava protiv makro onečišćenja uglavnom se koriste oksidirajući biocidi. Uporabljena količina može se izraziti u godišnjoj količini oksidativnog aditiva kao ekvivalent klora po MW_{th} u svezi s razinom onečišćenja u ili blizu izmjenjivača topline. Primjena halogena kao oksidativnih aditiva u protočnim sustavima dovodi do opterećenja u okolišu prije svega radi nastanka halogeniziranih sporednih proizvoda.

U otvorenim recirkulacijskim sustavima, predobrada se vode primjenjuje protiv kamenca, korozije i mikro onečišćenja. Kod relativno manjih kapaciteta recirkulacijskih mokrih sustava, uspješno se primjenjuju alternativne obrade primjenom ozona i UV svjetla ali one zahtijevaju posebne uvjete postupka i mogu biti prilično skupe.

Mjere u svrhu smanjenja opasnih učinaka ispuštene rashladne vode uključuju zaustavljanje pročišćavanja tijekom "šok" obrade i obrade 'blow-downa' prije ispuštanja u površinsku vodu kao prijemnik. Za obradu 'blow-downa' u uređaju za pročišćavanje otpadnih voda, preostala biocidalna aktivnost mora se pratiti budući da može utjecati na mikrobnu populaciju.

U svrhu smanjenja emisija u ispuštenoj količini i smanjenja utjecaja na vodeni okoliš, odabiru se biocidi koji odgovaraju usklađivanju zahtjeva sustava hlađenja s osjetljivošću prijemnog vodenog okoliša.

4.6 Emisije u zrak

Ispušteni zrak iz rashladnih tornjeva suhog kruga obično se ne smatra važnim aspektom hlađenja. Onečišćenje može nastati ukoliko postoji istjecanje, no ispravnim se održavanjem to može spriječiti

Kapljice u ispustu iz mokrih rashladnih tornjeva mogu bi onečišćene kemikalijama za obradu vode, mikrobima ili učincima korozije. Primjena eliminatora kapljica i programa optimizirane obrade vode smanjuje moguće rizike.

Nastanak maglice se uzima u obzir ondje gdje dolazi do spajanja s horizontom ili gdje postoji rizik da se maglica spusti na tlo.

4.7 Buka

Emisija buke lokalni je problem kod velikih rashladnih tornjeva s prirodnim propuhom te kod svih mehaničkih sustava hlađenja. Nesmanjena razina zvuka kreće se između 70 kod sustava s prirodnim propuhom i oko 120 [dB(A)] kod mehaničkih tornjeva. Kolebanja su uzrokovana razlikama u opremi i mjestom mjerenja budući da su ona različita u odnosu na ulaz i izlaz zraka. Glavni su izvori ventilatori, crpke i voda koja pada.

4.8 Aspekti rizika

Aspekti rizika sustava hlađenja odnose se na istjecanje iz izmjenjivača topline, na skladištenje kemikalija i na mikrobiološko onečišćenje (kao što je legionarska bolest) mokrih sustava hlađenja.

Preventivno održavanje i praćenje su mjere koje se primjenjuju radi sprječavanja istjecanja, kao i mikrobiološkog onečišćenja. Ondje gdje istjecanje može dovesti do ispuštanja velikih količina tvari štetnih po vodeni okoliš, u obzir se uzimaju indirektni sustavi hlađenja ili specijalne preventivne mjere.

Za sprječavanje razvoja legionarske bolesti-*Legionellae pneumophila* (*Lp*), preporuča se odgovarajući program obrade vode. Nisu se mogle utvrditi gornje granične vrijednosti koncentracije za *Lp*, mjerene u jedinicama za formiranje kolonija [CFU po litri], ispod kojih se ne očekuje rizik. Na taj se rizik posebice treba obratiti pozornost tijekom postupka održavanja.

4.9 Ostalne tvari nastale radom sustava hlađenja

Malo se toga zna o ostacima ili otpadu. Mulj iz predpročišćavanja rashladne vode ili iz bazena rashladnih tornjeva mora se smatrati otpadom. Mulj se obrađuje i odlaže na različite načine, ovisno o mehaničkim svojstvima i kemijskom sastavu. Razine koncentracije različite su s obzirom na program obrade rashladne vode.

Emisije u okoliš se dodatno smanjuju primjenom manje opasnih konzervacijskih metoda za opremu kao i odabirom materijala koji se može reciklirati nakon stavljanja izvan pogona ili izmjene opreme sustava hlađenja.

5 ZAKLJUČCI O NRT-U

Konačan zaključak o NRT-u bit će rješenje svojstveno lokaciji, no kod nekih pitanja moguće je tehnike odrediti kao NRT općenito. U svim situacijama treba ispitati raspoložive i primjenjive mogućnosti uporabe topline, a potom ih koristiti radi smanjenja količine i razine neobnovljive topline, I to prije no što se razmatra raspršivanje topline iz tehnološkog postupka u okoliš.

Za sva postrojenja, NRT je tehnologija, metoda ili postupak i rezultat cjelovitog pristupa smanjenju utjecaja industrijskih sustava hlađenja na okoliš, održavanjem uravnoteženja između, kako izravnih, tako i neizravnih utjecaja. Mjere smanjenja treba uzeti u obzir postižući minimum učinkovitosti sustava hlađenja ili gubeći ju, što je zanemarivo u usporedbi s pozitivnim učincima s obzirom na utjecaje na okoliš.

Za niz okolišnih aspekata, tehnike koje se smatraju NRT-om utvrđene su u referentnim dokumentima (BREF-ovima) i u njima se može naći više pojedinosti. Nisu utvrđeni zaključci o smanjenju otpada ili tehnikama zbrinjavanja otpada izbjegavanjem okolišnih problema poput onečišćenja tla i vode ili, uslijed spaljivanja, zraka.

5.1 Uvjeti postupka i lokacije

Odabir između mokrog, suhog i mokro/suhog hlađenja radi udovoljavanja potreba postupka i lokacije, treba biti usmjeren k najvećoj sveobuhvatnoj energetskej učinkovitosti. Kako bi se postigla velika sveobuhvatna energetska učinkovitost prilikom zbrinjavanja velikih količina topline niske razine (10-25°C), tada hlađenje putem otvorenih protočnih sustava jest NRT. U "greenfield" situacijama (gradnji iz temelja) tako se može opravdati odabir (obalne) lokacije s pouzdano dostupnim velikim količinama rashladne vode, kao i površinskom vodom dovoljnog kapaciteta da primi velike količine ispuštene rashladne vode.

Ondje gdje su opasne tvari rashlađene (ispuštanjem putem sustava hlađenja) tako da to predstavlja veliki rizik po okoliš, NRT jest primjena neizravnih sustava hlađenja korištenjem sekundarnog rashladnog kruga.

U načelu, korištenje podzemnih voda za hlađenje mora biti svedeno na najmanju mjeru, primjerice ondje gdje se ne može isključiti mogućnost osiromašenja resursa podzemne vode.

5.2 Smanjenje izravne potrošnje energije i obnova energije

Niska izravna potrošnja energije sustava hlađenja postiže se smanjenjem otpora na vodu i/ili primjenom niskoenergetske opreme. Kada postupak koji treba hladiti zahtijeva promjenjivi rad, modulacija protoka zraka i vode uspješno se primjenjuje i može se smatrati NRT-om.

Uobičajena praksa u nekoliko država je obnova topline proizvodnjom električne energije, pare ili vruće vode prije konačnog hlađenja. Postoje primjeri gdje se toplina nižeg stupnja od oko 55°C koristi za snabdijevanje kućanstava toplom vodom primjenom izmjenjivača topline prije konačnog hlađenja i ispuštanja u rijeku. U jednom je slučaju, toplina nižeg stupnja korištena za proizvodnju električne energije.

5.3 Smanjenje potrošnje vode i smanjenje emisija topline u vodu

Smanjenje potrošnje vode i smanjenje emisija topline u vodu usko su povezani a vrijede i ista tehnološka rješenja.

Količina vode potrebne za hlađenje povezana je s količinom topline koju treba raspršiti. Što je viša razina uporabe rashladne vode, to su potrebne manje količine rashladne vode..

Recirkulacija rashladne vode primjenom otvorenog ili zatvorenog recirkulacijskog mokróg sustava je NRT kada je dostupnost vode nedovoljna ili nepouzdana.

U recirkulacijskim sustavima, povećanje broja ciklusa može biti NRT, iako potreba za obradom rashladne vode može biti ograničavajući čimbenik.

NRT-om se smatra i uporaba eliminatora kapljica radi smanjenja kapljica na manje od 0,01% ukupnog recirkulacijskog protoka.

5.4 Smanjenje utjecaja (povlačenjem) na manje vodene organizme

Veliki je broj raznih tehnika osmišljen u svrhu sprječavanja povlačenja malih vodenih organizama vodom ili smanjenja štete uzrokovane istim. Uspjeh je bio promjenjiv i vezan za posebnost lokacije. Nisu utvrđene jasne NRT no naglasak je stavljen na analizu biotipa, budući da je uspjeh ili neuspjeh uvelike ovisio o aspektu ponašanja vrsta, kao i o ispravnom dizajnu i razmještanju zahvata.

5.5 Smanjenje emisija kemijskih tvari u vodu

Sukladno pristupu NRT-u, primjenu mogućih tehnika smanjenja emisija u vodeni okoliš treba razmotriti sljedećim redoslijedom:

1. odabir konfiguracije hlađenja s nižom razinom emisije u površinsku vodu,
2. primjena materijala otpornijeg na koroziju za rashladnu opremu,
3. sprječavanje i smanjenje istjecanja tvari iz tehnološkog postupka u rashladni krug,
4. primjena alternativne (a ne kemijske) obrade rashladne vode,
5. odabir aditiva za rashladnu vodu s ciljem smanjenja utjecaja na okoliš te
6. optimizirana primjena (praćenje i doziranje) aditiva za rashladnu vodu.

NRT smanjuje potrebu kondicioniranja vode smanjenjem nastanka onečišćenja i korozije putem odgovarajućeg dizajna. U protočnim sustavima, odgovarajući dizajn podrazumijeva izbjegavanje zona stagnacije i turbulencije, kao i održavanje minimalne brzine vode (0,8 [m/s] za izmjenjivače topline, 1,5 [m/s] za kondenzatore).

NRT znači odabrati materijal za protočne sustave u visoko korozivnom okruženju uključujući titanij ili visoko kvalitetni nehrđajući čelik te druge materijale istog učinka ondje gdje je primjena titanija ograničena.

U recirkulacijskim sustavima, osim mjera u pogledu dizajna, NRT znači utvrđivanje primijenjenih ciklusa koncentracije te korozivnost tvari iz tehnološkog postupka kako bi se omogućio odabir materijala dovoljno otpornog na koroziju.

NRT za rashladne tornjeve znači primjenu odgovarajućih vrsta ispune uzimanjem u obzir kakvoće vode (sadržaj krutih tvari), očekivanog onečišćenja, temperatura i otpora na koroziju, a isto tako znači i odabir materijala za izgradnju koji ne treba kemijsku zaštitu.

VCI koncept koji primjenjuje kemijska industrija usmjeren je k smanjenju na najmanju mjeru rizika za vodeni okoliš u slučaju istjecanja tvari iz tehnološkog postupka. Koncept povezuje razinu utjecaja na okoliš koga imaju tvari iz tehnološkog postupka odgovarajuće rashladne konfiguracije i potrebe praćenja. S većim potencijalnim rizicima za okoliš u slučaju istjecanja, koncept dovodi do pojačane antikorozivnosti, neizravnog dizajna hlađenja i povećane razine praćenja rashladne vode.

5.6 Smanjenje emisija optimiziranom obradom rashladne vode

Optimizacija primjene oksidirajućih biocida u protočnim sustavima temelji se na vremenu i učestalosti doziranja. NRT-om se smatra smanjenje unosa biocida ciljanim doziranjem u kombinaciji s praćenjem ponašanja makro onečišćujućih vrsta (npr. kretanja školjaka) i primjenom rezidentnog vremena rashladne vode u sustavu. Za sustave gdje se u ispustu miješaju različiti rashladni mlazovi, NRT predstavlja kloriranje s promjenjivim pulsom a može čak i dodatno smanjiti koncentracije slobodnih oksidanta u ispuštenoj količini. Općenito, isprekidana obrada protočnih sustava dovoljna je za sprječavanje onečišćenja. Ovisno o vrstama organizama i temperaturi vode (iznad 10-12°C) neprekidna obrada na nižim razinama može biti nužna.

Za morsku vodu, razine NRT-a za rezidualne slobodne oksidante (FRO) u ispuštenoj količini, a vezano za ovu praksu, promjenjive su s obzirom na primijenjeni režim doziranja (neprekidni i isprekidani), razinu dozirane koncentracije i konfiguraciju sustava

hlađenja. Oni se kreću od ≤ 0.1 [mg/l] do 0.5 [mg/l], s vrijednošću od 0.2 [mg/l] kao 24-satni prosjek.

Važan element u uvođenju pristupa obradi vode temeljenog na NRT-u, posebice u recirkulacijskim sustavima koji koriste neoksidirajuće biocide, jest donošenje odluke temeljene na saznanju koji je režim obrade vode u primjeni te kako ga nadzirati i pratiti. Odabir odgovarajućeg režima obrade složena je zadaća koja u obzir mora uzeti niz lokalnih i za lokaciju svojstvenih čimbenika te ih povezati sa svojstvima samih aditiva korištenih u obradi, kao i njihovim količinama i kombinacijama u kojima se primjenjuju.

U svrhu potpore postupku donošenja odluke o NRT-u za aditive u rashladnoj vodi na lokalnoj razini, BREF lokalnim vlastima odgovornim za izdavanje IPPC dozvole nastoji ponuditi koncept procjene.

Direktiva 98/8/EZ o biocidnim pripravcima propisuje stavljanje biocidnih proizvoda na europsko tržište a biocide koji se koriste u sustavima hlađenja smatra specifičnom kategorijom. Razmjena informacija pokazuje da su u nekim državama članicama ustanovljeni posebni režimi procjene što se tiče aditiva u rashladnoj vodi. Rasprava je kao dio postupka razmjene informacija o industrijskim sustavima hlađenja rezultirala dvama predloženim konceptima za aditive u rashladnoj vodi, koje tijela nadležna za izdavanje dozvole mogu koristiti kao dopunska sredstva:

1. procjena s analitičkim pregledom temeljena na postojećim konceptima, koja dopušta jednostavnu relativnu usporedbu aditiva u rashladnoj vodi u smislu njihovog potencijalnog utjecaja na vodu (Procjena vrednovanjem usporednih podataka, prilog VIII.1)
2. lokaciji svojstvena procjena očekivanog utjecaja biocida ispuštenih u vodeni prijemnik, slijedom ishoda Direktive o biocidnim pripravcima i primjene metodologije uspostave Standarda kvalitete zaštite okoliša (EQS) buduće Okvirne direktive o vodi kao ključnim elementima (Lokalna procjena za biocide, prilog VIII.2).

Procjena vrednovanjem usporednih podataka može se promatrati kao metoda usporedbe utjecaja na okoliš nekolicine alternativnih aditiva za rashladnu vodu, dok Lokalna procjena za biocide pruža mjerilo za određivanje kompatibilnog pristupa NRT-a posebice za biocide (PEC/PNEC <1). Primjena lokalnih metodologija procjene kao sredstva nadzora industrijskih emisija već je ustaljena praksa.

5.7 Smanjenje emisija u zrak

Smanjenje utjecaja emisija u zrak iz rashladnog tornja vezano je za optimizaciju kondicioniranja rashladne vode radi smanjenja koncentracija u kapljicama. Ondje gdje je strujanje glavni mehanizam prijenosa, primjena eliminatora kapljica, čiji učinak znači manje od 0,01 % recirkulacijskog protoka izgubljenog u strujanju, smatra se NRT-om.

5.8 Smanjenje buke

Primarne mjere obuhvaćaju uporabu opreme koja stvara manju buku. Povezane razine smanjenja su do 5 [dB(A)].

Sekundarne mjere na ulazu I izlazu mehaničkih rashladnih tornjeva donose razine smanjenja od minimalno 15 [dB(A)] ili više. Mora se naglasiti da smanjenje buke, posebice uz pomoć sekundarnih mjera, može dovesti do pada tlaka zbog čega je onda potreban dodatan unos energije radi nadoknade.

5.9 Smanjenje istjecanja i mikrobiološkog rizika

NRT sprječavaju istjecanje putem izvedbenog rješenja, pravilnim radom unutar granica sustava i redovnim provjerama sustava hlađenja.

Posebno što se tiče kemijske industrije, NRT-om se smatra primjena sigurnosnog koncepta VCI-ja, kako je već spomenuto u svezi smanjenja emisija u vodu.

Pojava *Legionella pneumophila* ne može se spriječiti u potpunosti. NRT-om se smatra primjena mjere:

- izbjegavanja zona stagnacije i održavanje dostatne brzine vode,
- optimiziranja obrade rashladne vode radi smanjenja onečišćenja, nastanka algi i ameba i proliferacije,
- periodičnog čišćenja bazena rashladnog tornja te
- smanjenja respiratorne osjetljivosti operatera putem primjene sredstava zaštite protiv buke i sredstava zaštite lica (usne šupljine) prilikom ulaska u pogonsku jedinicu ili visokotlačnog čišćenja toranja.