

# **TERMOENERGETIKA**

Požega

**-Katalog proizvoda 2008.-**

**Preporuke za odvajace kondenzata**

"Termoenergetika" već skoro dve decenije proizvodi armaturu i opremu za procesnu industriju. Dugogodišnje iskustvo, stalno ulaganje u razvoj i poboljšanje proizvoda omogućilo nam je da Vam ponudimo široku lepezu veoma kvalitetnih proizvoda. Specijalizovani smo za proizvodnju dela procesne armature i opreme, pružanje konsalting usluga i inženjeringa

Proizvodimo sledeću opremu:

- odvajanje kondenzata
- hvatače nečistoća
- regulatore pritiska
- regulatore protoka
- sigurnosne ventile
- razmenjivače toplote
- otparivače
- bezmotorne pumpe ...

Bavimo se rekonstrukcijom postojećih postrojenja i pružanjem konsalting usluga u cilju smanjenja potrošnje pare, iskorišćenja otparka i povratka kondenzata. Možete se uvek konsultovati sa našim inženjerima tokom izbora opreme i tokom eksploatacije opreme kao i o mogućnostima smanjenja potrošnje pare u Vašem postrojenju.



---

/Ratomir Đorđević, dipl. maš. inž./

## Uvod

Odvajač kondenzata je praktično ventil koji se automatski zatvara ili otvara u zavisnosti da li u kućište odvajača dotiče kondenzat ili vodena para. Na ovaj način odvajač kondenzata “propušta” samo kondenzat, a vodenu paru zadržava. U industriji se vodena para, kao nosilac toplote, koristi u velikom broju aparata. Svaki aparat ima svoje specifičnosti u pogledu načina odvođenja toplote. Zbog ovih specifičnosti ne postoji samo jedan tip odvajača već čitava “lepeza” različitih tipova odvajača. Svaki tip odvajača ima svoje karakteristike, pa samim tim i oblast primene.

*Ne postoji idealan odvajač koji bi bilo moguće ugraditi na svakom aparatu, već svaki odvajač ima svoju oblast primene.*

Baš zbog toga “Termoenergetika” je razvila više tipova odvajača i pokrila gotovo celokupnu potrebu za odvajačima u procesnoj industriji.

Pored izbora odgovarajućeg tipa i nazivnog otvora odvajača, neophodna je i stalna kontrola ispravnosti rada ugrađenih odvajača. U slučaju otkaza, odvajači obično ostaju blokirani u otvorenom položaju, tako da para može isticati u kondenzni vod. Ovo predstavlja znatan gubitak toplotne energije.

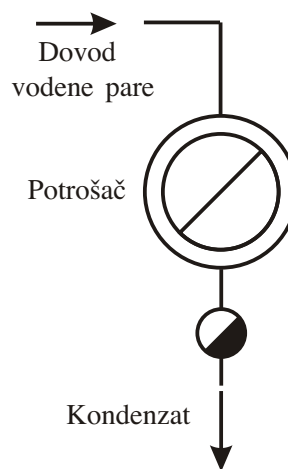
Pri izboru odvajača, moramo obratiti pažnju na dve stvari:

1. Izbor odgovarajućeg tipa odvajača. Pogrešan tip odvajača može izazvati loš rad aparata, pa i potpuni prekid rada aparata.
2. Dimenzionisanje izabranog tipa odvajača, odnosno u zavisnosti od potrebnog kapaciteta izabrati odgovarajući nazivni otvor. Premali odvajač neće ispustiti sav kondenzat iz aparata, pa će aparat raditi sa smanjenom snagom, a mogu se javiti i druge neželjene posledice. Preveliki odvajač predstavlja nepotreban trošak za kupovinu opreme.

## Izbor tipa odvajača

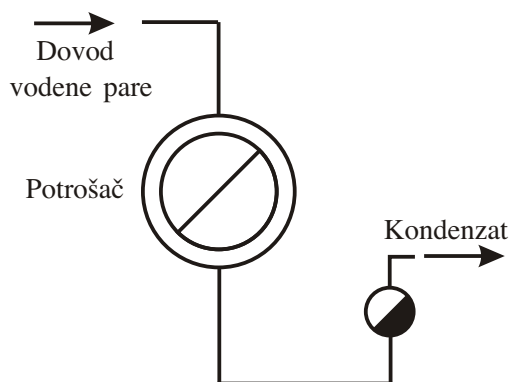
Tip odvajača i šema povezivanja odvajača sa aparatom i kondenznim vodom zavisi od tipa aparata, parametara napojne pare, snage aparata i kompletne kondenzno parne instalacije. Teško je uopštiti sve slučajeve koje se mogu javiti u procesnoj tehnici tako da je uglavnom izbor tipa i šeme ugradnje stvar iskustva. Na nekoliko sledećih strana ovoga kataloga daćemo Vam preporuke za neke slučajeve koje se relativno često javljaju u praksi. *Inženjeri "Termoenergetike" Vam uvek stoje na raspolaganju kada je reč o izboru tipa odvajača i njegovoj primeni, bez obzira da li ste korisnik naše opreme ili ne.*

## Opšte napomene



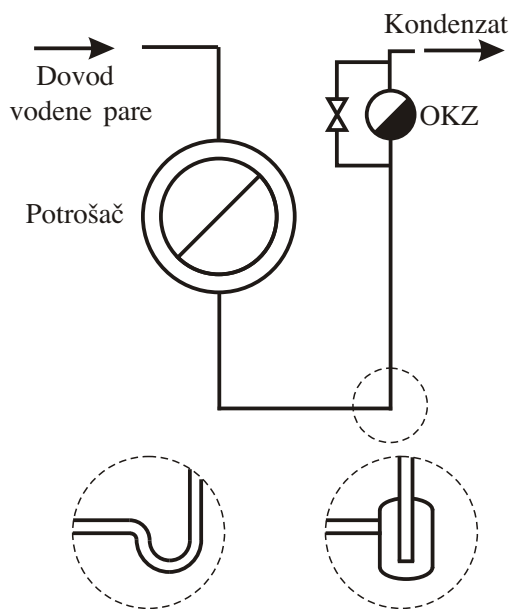
Slika 1.

Na slici 1, odvajač kondenzata se nalazi ispod aparata. Kondenzat može nesmetano doticati do odvajača pod dejstvom gravitacije. Ovo je najpovoljniji položaj odvajača u odnosu na aparat, međutim zbog same konstrukcije aparata često nije moguće da se na ovaj način postavi odvajač.



Slika 2.

Na slici 2, je prikazan slučaj kada ispred odvajača imamo cevovod u obliku slova U. Ako ne možemo da izbegnemo ovakav položaj odvajača najbolje je da u tom slučaju upotrebimo odvajač tip OKZ (zvonasti odvajač).



Slika 3. Odvajač se nalazi iznad aparata

Za razliku od slučaja na slici 2, na slici 3 imamo da je odvajač iznad potrošača. Ovo je najnepovoljniji položaj odvajača kondenzata u odnosu na aparat. Preporučujemo ugradnju "sifona" ispred odvajača kao što je prikazano na slici. Za manje promere cevi, može se sifon napraviti jednostavnim savijanjem cevi. Ako je promer cevovoda veći, sifon pravimo od dela cevi koji je bar za dve dimenzije većeg promera od kondenznog voda.

U ovakvim slučajevima preporučujemo ugradnju zvonastog odvajača tip OKZ.

Kada je dozvoljeno veliko pothlađenje kondenzata i zadržavanje kondenzata u aparatu i ako je u tom slučaju aparat ima vertikalne grejače može se primeniti i termostatički odvajač tip TKL. Na primer kod vertikalnog razmenjivača toplote za grejanje sanitarne vode. Ipak primena termostatičkih odvajača u ovakvim slučajevima može izazvati velike hidrauličke udare.

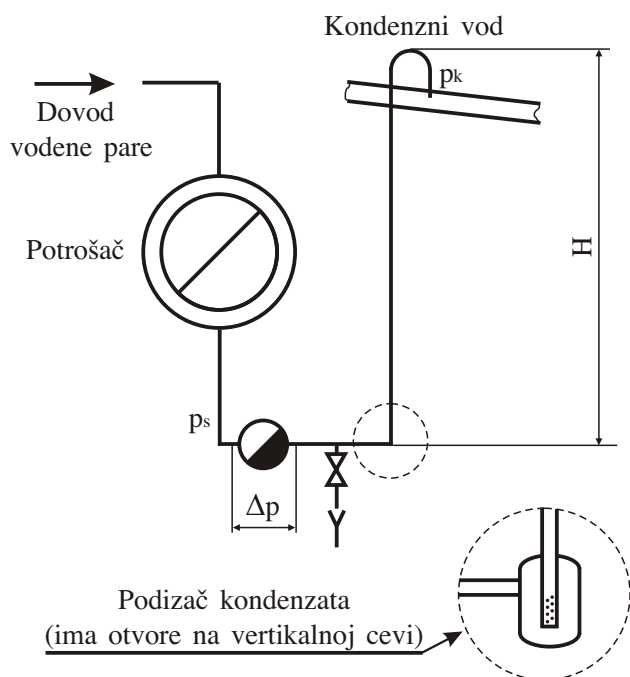
Prilikom naručivanja odvajača za primenu kao na slici 3, dobro je da se predhodno konsultujete sa nama. Možemo prilagoditi postojeću konstrukciju odvajača OKZ za primenu na vašem konkretnom aparatu.

Obilazni vod oko odvajača za primer na slici 3 je obavezan. Preko njega se može relativno lako odvezdušiti instalacija i izbeći mnogi problemi pri startu postrojenja.

Za neke vrste velikih potrošača, preporučljivo je da obilazni vod bude vrlo malo otvoren. Pri tome ne sme biti protok fluida kroz obilazni vod veći od 1% kapaciteta odvajača. U ovakvim slučajevima "Termoenergetika" može ponuditi modifikaciju OKZ odvajača kojom se izbegava otvaranje obilaznog voda.

Na slici 4, prikazan je primer podizanja kondenzata iza odvajača na visinu  $H$ . Podizanje kondenzata iznad aparata, omogućava nam da kondenzne vodove postavimo na veću visinu i time olakšamo montažu i pristup vodovima u slučaju intervencije.

Uglavnom se kondenzni vodovi postavljaju u kanale po podu hala. Cevovodi kondenzata u ovom slučaju su nepristupačni, izolacija cevovoda je često nakvašena pa dolazi do intenzivne korozije. Takođe zbog potrebe izgradnje kanala ova izvedba je i skuplja. Iz tog razloga, ako je moguće, treba izbeći postavljanje vodova u kanale.



**Slika 4.** Podizanje kondenzata iznad odvajača kondenzata

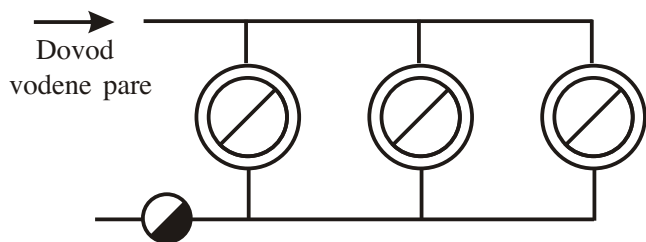
Odvajač kondenzata je u principu jedna vrsta automatskog ventila. Ovaj ventil može biti zatvoren, delimično otvoren ili potpuno otvoren. U svakom slučaju kondenzat mora do odvajača doticati i u slučaju da je odvajač zatvoren. Zato je najbolje da je odvajač ispod najniže tačke aparata. Tada do odvajača kondenzat može doticati i gravitacioni.

Od odvajača kondenzat ne mora teći usled pada cevovoda odnosno kao posledica visinske razlike između odvajača i kondenznog voda. Naime kako ispred odvajača uvek vlada viši pritisak nego pritisak u kondenznim vodovima, možemo ovu razliku pritiska iskoristiti za potiskivanje kondenzata. Ovo je posebno povoljno što ne moramo da postavljamo rezervoare kondenzata ispod nivoa hale. Pri proračunu možemo usvojiti da je pad pritiska u vertikalnim deonicama jednak 1 bar na svakih 7 metara visinske razlike. Tako da ako imamo recimo pritisak u potrošaču 3 bar i pad pritiska na odvajaču od 1,0 bar, sa ovim uslovima možemo kondenzat podići na visinu od oko 15 metara iznad odvajača kondenzata.

Na vertikalnim deonicama, preporučujemo ugradnju podizanja kondenzata. Podizač kondenzata je običan proširen deo cevovoda u kome se nalazi početak vertikalnog dela deonice, kao na slici 4. Početak deonice treba da bude perforiran, sa otvorima ne većim od 3 mm.

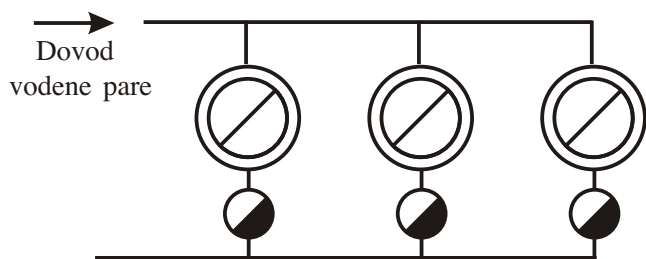
Pored podizanja kondenzata, kada je kondenzni vod iznad nivoa odvajača povoljno je da se iza odvajača postave nepovratni ventili kako bi bilo sprečeno povratno strujanje iz kondenznog voda u aparat. Nepovratne ventile obavezno primenjujemo ako postoji regulacija temperature na strani pare.

Ako je kondenzat pothlađen tada je transport kondenzata sa savlađivanjem visinske razlike povoljniji, pa za ovakve sisteme preporučujemo termostatičke odvajače, najčešće tip TKL i BPL. U principu se mogu koristiti i drugi tipovi odvajača, ali su tada mogući manji hidraulički udari u cevovodu kondenzata.



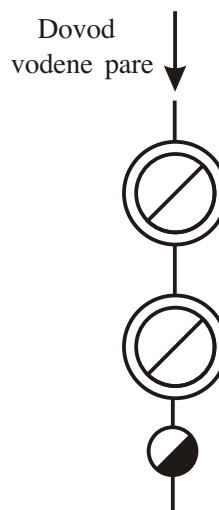
**Slika 5.** Loš primer drenaže potrošača

Na slici 5 prikazan je primer drenaže više potrošača sa jednim zajedničkim odvajačem. Potrošač koji se nalazi najdalje od odvajača ima najlošiju drenažu. Ovaj potrošač može biti potopljen kondenzatom. Jedino potrošač najbliže odvajaču može imati dobru drenažu. Ako se primenjuje ovakav princip potreban je dosta veliki promer cevovoda od potrošača do odvajača. Mi ne preporučujemo ovu šemu odvođenja kondenzata iz potrošača.



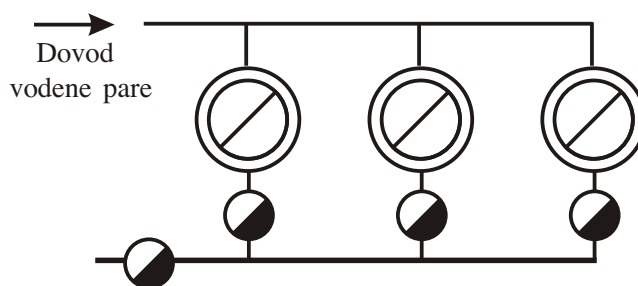
**Slika 6.** Svaki potrošač mora imati zaseban odvajač kondenzata

Za razliku od šeme na slici 5, na slici 6 imamo dobro izvedenu drenažu više potrošača. Svaki potrošač ima svoj zaseban odvajač. Potrebno je obratiti pažnju na dimenzionisanje kondenznog voda. Ako je zajednički kondenzni vod loše dimenzionisan može doći do zagušenja i naplavljanja potrošača.



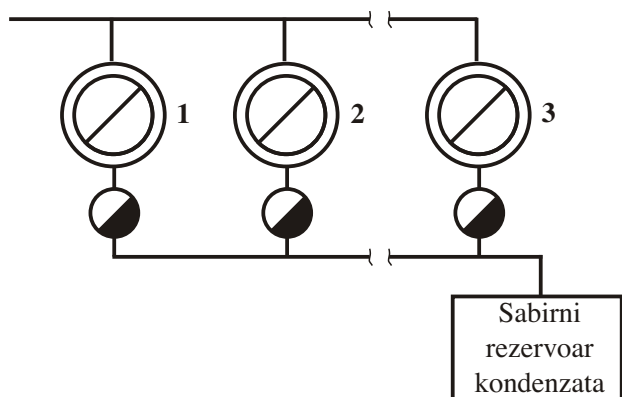
**Slika 7.** Vezivanje potrošača na red

Vezivanje potrošača na red, kao na slici 7, nije preporučljivo. Ova šema ima za posledicu da donji potrošač ima često nedovoljnu količinu pare. Ipak ova šema se može koristiti kada želimo da iskoristimo toplotu kondenzata. O iskorišćenju toplote kondenzata više je dato u odeljku o iskorišćenju otparka.

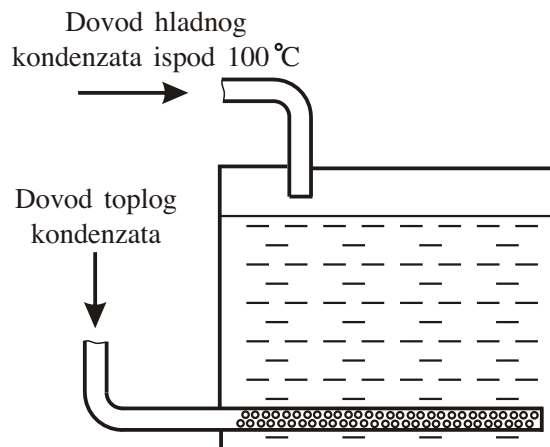


**Slika 8.** Nikada ne treba vezivati odvajače na red

Nikada ne treba vezivati odvajače na red. Šema na slici 8 izaziva blokadu odvajača. Otparak iz odvajača bliže potrošaču po pravilu blokiraju rad zajedničkog odvajača.



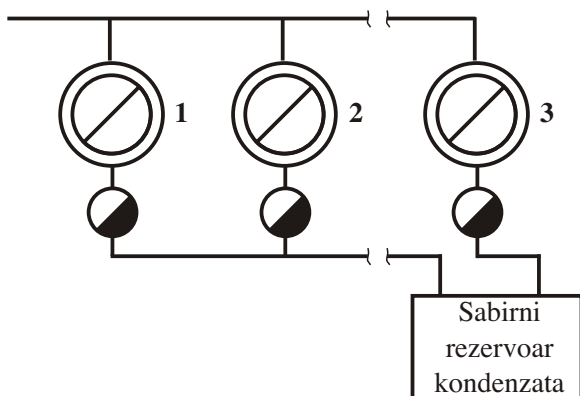
**Slika 9.** Mešanje hladnog i toplog kondenzata



**Slika 11.** Mešanje hladnog i toplog kondenzata u rezervoaru kondenzata

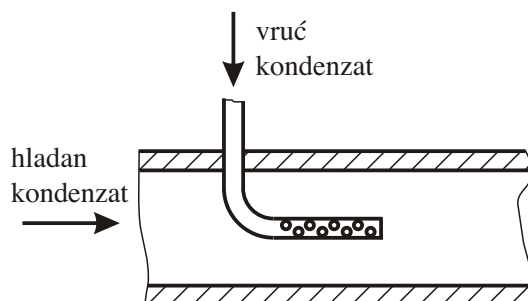
Na slici 9 prikazan je primer kada imamo udaljene potrošače. Potrošač 1 i 2 se nalaze relativno daleko od potrošača, tako da se kondenzat iz potrošača 1 i 2 dosta ohladi do momenta kada treba da se pomeša sa kondenzatom iz potrošača 3. Mešanje hladnog i toplog kondenzata može izazvati hidrauličke udare. Obično su ovi udari u kondenznom vodu bezopasni ali mogu izazvati skraćenje veka trajanja opreme i cevovoda.

U zavisnosti od položaja sabirnog rezervoara kondenzata, možemo hladni i topli kondenzata voditi odvojenim cevovodima. Tada mešanje kondenzata obavljamo u rezervoaru kondenzata. U tom slučaju topli kondenzat možemo u rezervoar uvoditi kroz perforiranu cev i na taj način smanjiti udare na minimalan mogući nivo (slika 11.).



**Slika 10.** Dovođenje toplog i hladnog kondenzata odvojenim cevovodima

Ako je neophodno mešanje hladnog i toplog kondenzata u kondenznom cevovodu, predlažemo rešenje kao na slici 12.



**Slika 12.** Mešanje hladnog i toplog kondenzata direktno u cevovodu kondenzata

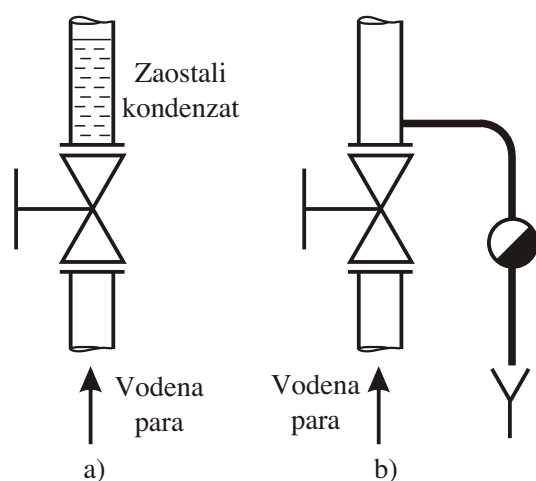
Hidraulički udari nastaju kada se mehurići vodene pare naglo iskondenzuju. Da bi došlo do brze kondenzacije mehurića pare oni moraju doći u kontakt sa hladnijim fluidom. Usled brze kondenzacije mehurića pare, zid mehura se skuplja, susedni zidovi se sudaraju i nastaje lokalni udar. Kako je tečnost praktično nestišljiv fluid ovaj udar koji se manifestuje kao nagli skok pritiska se brzo prenosi kroz tečnost i utiče na zidove cevi ili posude i na armaturu.

Kad je u pitanju mešanje kondenzata u principu dolazi do udara usled otparka koji se javlja od vrelog kondenzata. Do ovih udara ne dolazi ako je kondenzat na temperaturi ispod 100°C ili ako je na povišenom pritisku.

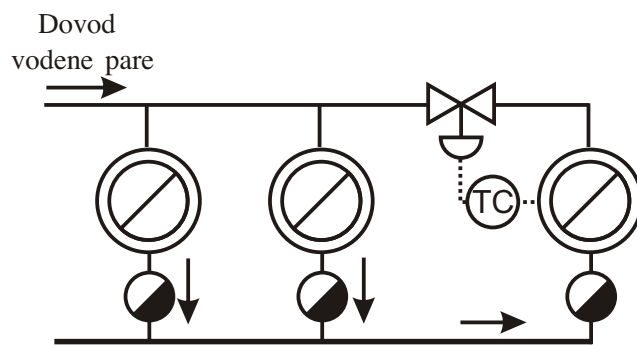
Mnogo opasniji su udari koji se javljaju kada se direktno vodena para pomeša sa hladnim kondenzatom. Ovi udari mogu biti tako snažni da izazivaju lom opreme pa i povrede zaposlenih.

Na slici 13, prikazan je primer zadržavanja kondenzata iznad zapornog ventila. Kada je ventil zatvoren, zaostala para ili para koja curi kroz ventil se kondenzuje iznad ventila. Ovaj kondenzat se vremenom ohladi i ako bi ventil bio naglo otvoren moglo bi da dođe do velikih udara koji mogu slomiti ventil. U praksi se ventili postepeno otvaraju tako da ne dolazi do većih udara. Ipak, ako postoji opasnost od naglog otvaranja ventila, možemo prema šemu na slici 13 b) izvršiti odvođenje kondenzata i eliminisati mogućnost pojave udara. Ova šema se retko primenjuje jer je osoblje obično u dovoljnoj meri obučeno u pogledu manipulacije sa parnim ventilima, ali ako se radi o elektromotornom ili elektromagnetnom ventilu preporučujemo drenažu cevovoda iza i ispred ventila.

Hidraulički udari se mogu javiti i kao posledica nedovoljnog odvođenja kondenzata iz potrošača ili zbog povratnog strujanja kondenzata iz kondenznog voda u potrošač.



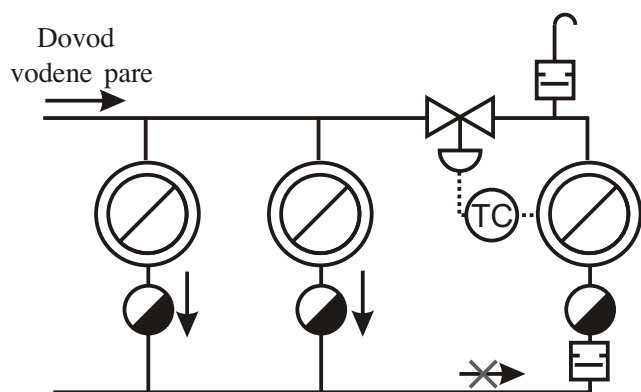
**Slika 13.** Opasnost od hidrauličkog udara usled zadržavanja kondenzata iznad ventila



**Slika 14.** Povratno strujanje kondenzata



Kada imamo regulaciju temperature na strani pare, kao na slici 14, može se dogoditi da je trenutni pritisak u aparatu niži od pritiska u kondenznom vodu. Tada dolazi do povratnog strujanja kondenzata iz kondenznog voda u aparat. Povratno strujanje može izazvati hidrauličke udare u aparatu. Da bi smo izbegli povratno strujanje predlažemo ugradnju nepovratnog ventila iza aparata. Ako želimo da izbegnemo pojavu podpritiska u aparatu, predlažemo ugradnju razbijača vakuuma. Šema je data na slici 15.



**Slika 15.** Sprečeno povratno strujanje u aparat sa regulacijom temperature

## Drenaža parovoda

Dobra drenaža parovoda je neophodna da bi smo izbegli probleme koji se javljaju pri startu kao i da bi smo produžili vek parovoda i opreme koja je montirana na parovod. Zaostali kondenzat u parovodima može izazvati lom zaporne armature ili cevovoda posebno na mestima gde se nalaze cevna kolena.

Kondenzat u parovodima se skuplja u donjim zonama cevi, slika 16. Pod dejstvom strujanja preko sloja kondenzata, kondenzat će se kretati zajedno sa parom. Ako je sloj kondenzata mali brzina kretanja kondenzata će biti dosta manja od brzine kretanja pare. Međutim ako je količina kondenzata u cevovodu veća, para će stvarati talase na sloju kondenzata. Ako je količina zaostalog kondenzata dovoljno velika, od formiranih talasa nastaje "vodeni čep", koji će se kretati istom brzinom kao i para. Vodeni čep ima relativno veliku masu i on će na kraju udariti u neki deo zaporne armature ili cevno koleno. Ovaj udarac može izazvati lom opreme. Iz ovih razloga moramo posebnu pažnju obratiti drenaži parovoda.



a) Brzina pare mnogo veća od brzine kondenzata



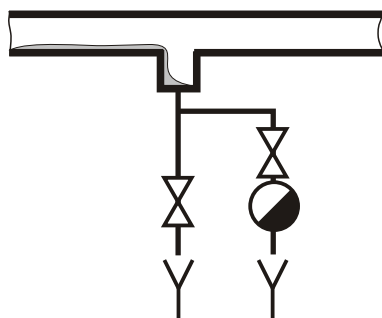
b) Formiranje talasa nasloju kondenzata



c) Formiranje vodenog čepa. Brzine pare i kondenzata su jednake

**Slika 16.** Stujanje kondenzata kroz parovod

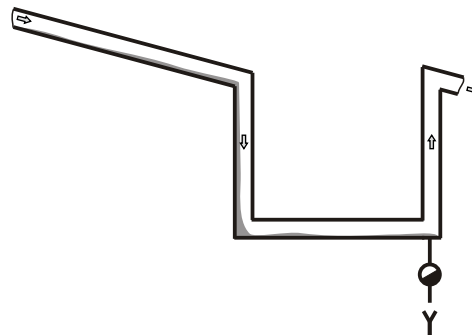
Parovodi moraju biti izvdedeni sa blagim padom u smeru strujanja pare. Pad treba da bude od 0,5% do 1%. Povremeno treba da postavimo proširen deo cevovoda sa drenažom kao na slici 17. Na ovim mestima ćemo ispuštati kondenzat iz parovoda.



**Slika 17.** Šema odvođenja kondenzata iz parovoda

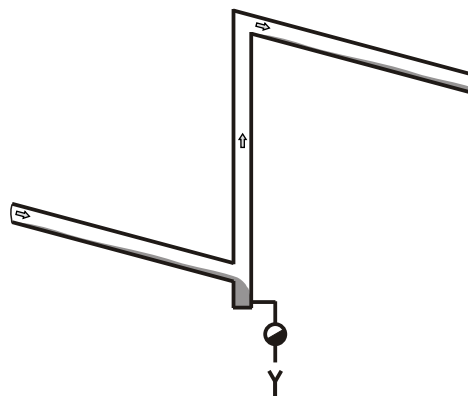
Odvajač za drenažu parovoda ne dimenzionišemo za uslove starta, kada je parovod hladan i kada imamo najviše kondenzata. Tada ćemo koristiti zaobilazne vodove kako bi smo ispustili kondenzat i vazduh. Takoće možemo koristiti automatske drenažne ventile specijalno projektovane za parovode. Kako odvajač dimenzionišemo za radne uslove, obično nam treba sasvim mali odvajač. Preporučujemo ugradnju termostatičkih odvajača tip TKL, TKZ, BPZ i BPL.

Na deonicama cevovoda gde zbog same geometrije parovoda može doći do skupljanja kondenzata obavezno moramo predvideti drenažu, slika 18.



**Slika 18.** Drenaža deonice gde dolazi do zadržavanja kondenzata

Ako parovod mora da ima uspon u smeru strujanja, uspon izvodimo stepenasto iz pomoć vertikalnih deonica. Na taj način obezbeđujemo da parovod i dalje ima pad u smeru strujanja, slika 19.

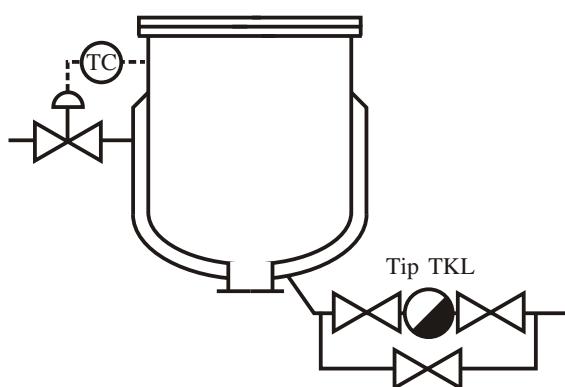


**Slika 19.** Deonica parovoda sa usponom

Ako se kondenzat ne vraća, što preporučujemo kada se radi o deonici van objekata, treba primeniti šemu na slici 17. Ako se kondenzat od drenaže parovoda vraća preporučujemo istu šemu ali treba postaviti zaporni ventil i iza odvajača kondenzata.

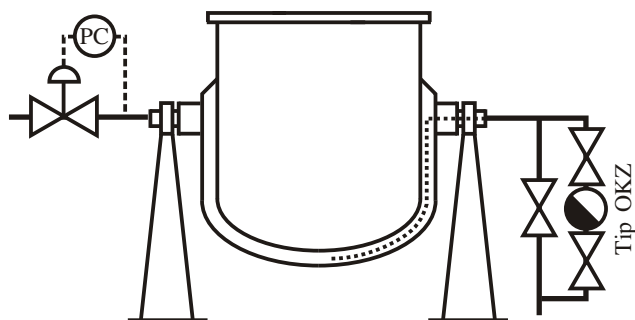
## Odvođenje kondenzata iz duplikatora

Ako je duplikator stabilan, odnosno ako je priključak za odvođenje kondenzata iz duplikatora na najnižoj tački plašta možemo primeniti termostatičke odvajače. Tada najčešće primenjujemo odvajače tip TKL, a za manje duplikatore tip TKZ. Šema ugradnje je prikazana na slici 20.



**Slika 20.** Drenaža stabilnog duplikatora

Ako duplikator ima i regulaciju temperature, dobro je ugraditi i razbijač vakuuma, kao i ventil za od vazdušenje plašta.



**Slika 21.** Drenaža obrtnog duplikatora

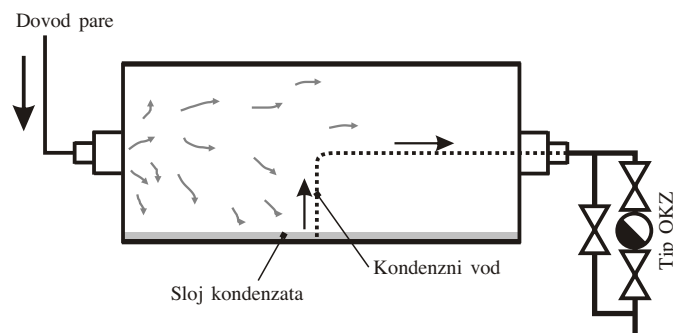
Ako je duplikator projektovan tako da se prazni zaokretanjem kao na slici 22, tada ne možemo da odvajač povežemo sa najnižom tačkom na plaštu. U ovom slučaju kondenzat mora da savlada visinsku razliku da bi dotekao do odvajača. Po pravilu u ovakvim slučajevima primenjujemo odvajač kondenzata sa zvonom tip OKZ. Odvajač mora biti povezan preko cevi koja prolazi kroz plašt sa najnižom tačkom unutar plašta, ova cev je prikazana isprekidano na slici 21.

## Odvođenje kondenzata iz rotirajućih valjaka

U industriji papira i u tekstilnoj industriji često se koriste rotirajući valjci koji se greju direktnim uvođenjem pare unutar valjka. Da bi površina valjka bila na propisanoj temperaturi neophodno je u ovakvim slučajevima dobro odvođenje kondenzata iz valjaka. Ovaj slučaj je sličan problemu odvođenja kondenzata iz obrtnih duplikatora. I u ovom slučaju moramo primeniti odvajač sa zvonom tip OKZ.

Do odvajača kondenzat dotiče kroz cev koja se nalazi unutar valjka. Ova cev je nepokretna i njen kraj se nalazi na nekoliko milimetara do nekoliko centimetara od najniže tačke valjka. U zavisnosti koliko je ova cev odmaknuta od unutrašnje strane zida valjka, toliko ćemo imati zadržanog kondenzata unutar valjka.

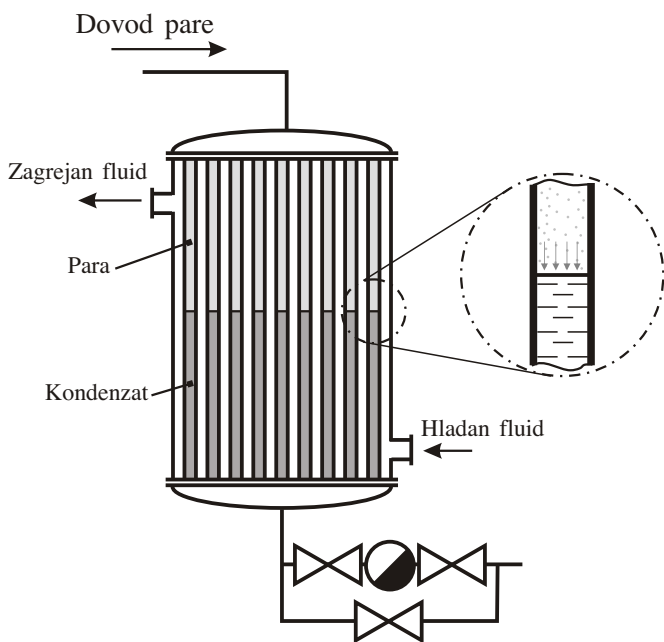
Kako valjci imaju relativno veliku zapreminu, u startu je neophodno dobro od vazdušenje kroz obilazni vod oko odvajača kondenzata.



**Slika 22.** Drenaža obrtnog valjka

## Odvođenje kondenzata iz razmenjivača toplote

Ako je je razmenjivač toplote vertikaln, tada je mogućnost za pojavu hidrauličkih udara veoma mala. Kondenzat se eventualno zadržava u donjim delovima aparata, pri čemu je površina kontakta pare i kondenzata mala. Vertikalni razmenjivači su pogodni za veliko podhlađenje kondenzata, takođe su pogodni za primenu regulacije na strani kondenzata.

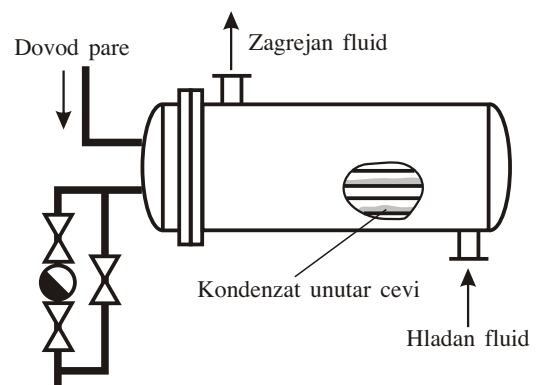


**Slika 23.** Drenaža vertikalnog razmenjivača toplote

Za drenažu vertikalnih razmenjivača primenjujemo termostatičke odvajače tip TKL, TKZ, BPL ili slične.

Kada je reč o horizontalnim razmenjivačima toplote imamo dva slučaja.

Ako se para dovodi unutar cevi, kao na slici 24, tada je najbolje da primenimo odvajače sa zvonom ili plovkom. Kod ovoga tipa razmenjivača postoji opasnost od hidrauličkih udara zbog zadržavanja kondenzata u cevima, posebno pri nagloj promeni radnog režima. Kondenzat u cevima ponešen parom može se u kratkom vremenu pomešati sa parom i izazvati velike udare.



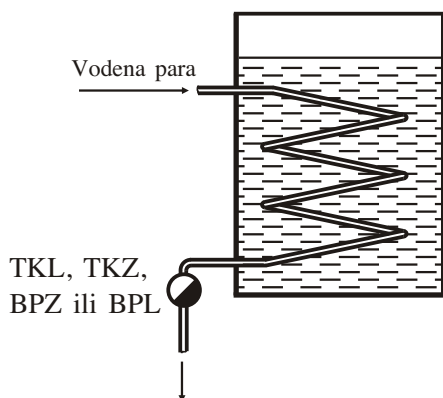
**Slika 24.** Odvođenje kondenzata iz horizontalnog razmenjivača

Drugi slučaj je da se para dovodi u plašt aparata. Tada je mogućnost pojave udara manja, pa preporučujemo primenu termostatičkih odvajača.

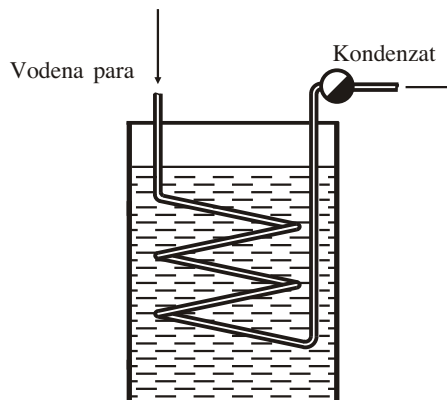
Ako je razmenjivač manje snage možemo i u slučaju da se para dovodi u cevi cevnog snopa primeniti termostatički odvajač.

## Drenaža cevnih razmenjivača (cevnih zmijsa)

Spiralni cevni razmenjivači se često koriste u industriji. Najčešće su potpuno uronjeni u grejanu sirovinu. U zavisnosti od konstrukcije aparata, odvajač se može nalaziti ispod cevne zmijsa. Tada možemo primentiti termostatičke odvajače, slika 24.



**Slika 24.** Odvođenje kondenzata iz cevne zmijsa kada se odvajač nalazi na najnižoj tački

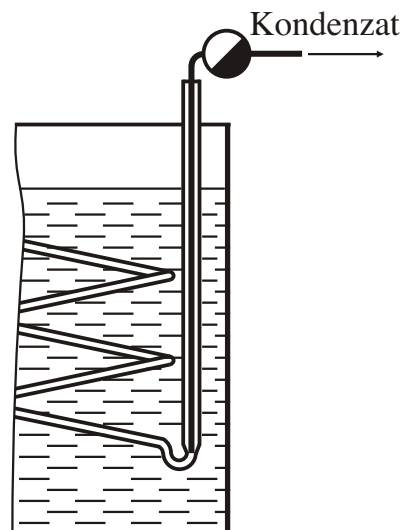


**Slika 25.** Odvođenje kondenzata iz cevne zmijsa kada se odvajač iznad cevne zmijsa

Ako je odvajač iznad cevne zmijsa, dobro je da je vertikalna deonica izvedena kao cev u cev, pri čemu na početku deonice preporučujemo da spoljna cev bude povijena kao U cev, slika 26.

U nekim slučajevima zbog same konstrukcije aparata, nismo u mogućnosti da postavimo odvajač ispod cevne zmijsa, tako da kondenzat ne može pod uticajem gravitacije da se sliva do odvajača, slika 25.

Ako moramo da odvajač postavimo iznad cevne zmijsa, tada primenjujemo odvajač sa zvonom tip OKZ ili OKZ - VP u zavisnosti od pritiska pare.



**Slika 26.** Preporučena veza odvajača sa cevnom zmijsom

## Izbor veličine odvajača kondenzata

Nakon izbora odgovarajućeg tipa odvajača, potrebno je izabrati odgovarajuću dimenziju odvajača.

Ako je odvajač premali, kondenzat će se predugo zadržavati u aparatu, što će izazvati smanjenje toplotne snage aparata. Ovo smanjenje snage može izazvati da radna materija nije dovoljno zagrejana, ili da je potrebno više vremena za zagrevanje radne materije, pa se smanjuje produktivnost.

Predimenzionisan odvajač neće uticati na rad aparata međutim cena odvajača raste sa porastom nazivnog otvora. Tako da ćemo bespotrebno upotrebiti veći i skuplji odvajač.

Dotok kondenzata iz potrošača zavisi od trenutne potrošnje toplote. U slučaju da se kao grejni fluid koristi zasićena vodena para, dotok kondenzata se može

$$m_{\text{kond}} = \frac{Q}{r + c_p(t_s - t_k)}$$

gde su:

- Q - trenutna potrošnja toplote
- r - toplota promene faze vodene pare
- c<sub>p</sub> - specifični toplotni kapacitet vode
- t<sub>s</sub> - temperatura kondenzacije vodene pare
- t<sub>k</sub> - temperatura kondenzata na izlazu iz aparata

Dotok kondenzata u odvajač je funkcija vremena i zavisi od trenutne toplotne snage aparata. Za izbor odvajača merodavna je maksimalna količina kondenzata koja odgovara maksimalnoj toplotnoj snazi aparata. Maksimalana toplotna snaga aparata je obično data u propratnoj tehničkoj dokumentaciji. Proračunski potreban kapacitet odvajača dobijamo prema formuli:

$$m_{\text{pror}} = K \cdot (m_{\text{kond}})_{\text{max}}$$

Koeficijent K se kreće do 1,5 do 4. Svaki odvajač mora biti bar 1,5 puta predimenzionisan. To je iz razloga neujednačenog dotoka kondenzata u odvajač i variranja pritiska u aparatu, kao i ne mogućnosti pouzdanog proračuna pritiska u kondenznom vodu. U zavisnosti od aparata preporučujemo da koeficijent K uzme sledeće vrednosti:

Kalorifersko grejanje  
K=1,5 do 1,7

Podstanice za daljinsko grejanje bez regulacije na strani pare  
K=1,5 do 2

Podstanice za daljinsko grejanje sa regulacijom na strani pare  
K=2 do 2,5

Duplikatori za šaržno grejanje radne materije  
K=2 do 3

Diplikatori sa kontinualnim grejanjem radne materije  
K=3 do 4

Razmenjivači za grejanje procesnih fluida (tehnološki razmenjivači)  
-sa regulacijom temperature K=3 do 4  
-bez regulacije temperature K=2 do 3

Veliki procesni aparati kao što su destilacione kolone, uparivači, sušare  
K= 2 do 3

Pasterizatori i slični aparti sa malim pritiskom pare i preciznom regulacijom temperature  
K = 2 do 3

Pored proračunskog kapaciteta odvajača, da bi smo usvojili dimenziju odvajača, potrebno je da imamo i podatak o raspoloživoj razlici pritiska ispred i iza odvajača.

Do odvajača kondenzat najčešće dotiče pod dejstvom gravitacije. Najbolje je da odvajač bude ispod najniže tačke aparata. Kroz odvajač kondenzat struji usled razlike pritiska koji vladaju u aparatu odnosno u kućištu odvajača i pritiska neposredno iza odvajača. Što je veća razlika ova dva pritiska, to nam je potreban manji odvajač. Ovu razliku pritiska  $\Delta p$ , moramo proceniti na osnovu konkretnog aparata i kondenzne instalacije. U slučaju da nismo sigurni za raspoložive podatke o pritislima u aparatu i kondenznom vodu moramo usvojiti veće vrednosti za koeficijent K.

## Primer izbora dimenzije odvajača

Potrebno je da odvodimo kondenzat iz razmenjivača toplote koji greje procesni fluid parom nadpritiska 1,5 bar. Maksimalna snaga aparata je 500kW. Procenjen je nadpritisk u kondenznom vodu od 0,5 bar. Temperatura grejanog fluida se ne kontroliše.

Kako je relativno mali pritisak pare, a velika snaga aparata usvajamo odvajač sa plovkom.

Odvajač kondenzata sa plovkom ne zadržava kondenzat u aparatu pa možemo usvojiti da nema podhlađenja kondenzata. Temperatura kondenzata i temperatura kondenzacije su jednake. u tom slučaju maksimalan dotok kondenzata je:

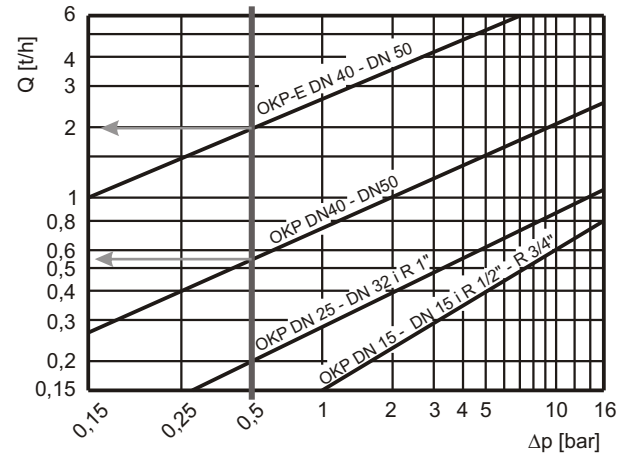
$$m_{kond} = \frac{Q}{r + c_p(t_s - t_k)} = \frac{500kW}{2202kJ/kg} = 0,227kg/s$$

$$m_{kond} = 817kg/h$$

Usvojimo  $K=2$ , pa je proračunski kapacitet odvajača:

$$m_{pror} = 2 \cdot 817 = 1634kg/h$$

Na slici je dat propratni dijagram kapaciteta odvajača u zavisnosti od diferencijalnog pritiska. Ovaj dijagram je dat za usvojene odvajače sa plovkom tip OKP i OKP-E.



Raspoloživa razlika pritiska je  $\Delta p=0,5bar$ . Ova linija je naznačena na dijagramu. Potreban kapacitet odvajača je 1634 kg/h. Vidimo da ovaj kapacitet ima jedino OKP-E DN40, koji za date uslove ima približno 2000kg/h mogući protok kondenzata. Odvajač OKP DN40 ima kapacitet od 550kg/h što je daleko manje od potrebnog.

Dakle usvajamo odvajač tip OKP - E nazivni otvor DN40.



"Termoenergetika" više od decenije radi rekonstrukcije kondenzno - parnih instalacija, a sa ciljem racionalnije potrošnje toplotne energije.

Iskorišćenje para koja nastaje otparavanjem vrelog kondenzata, predstavlja veliku mogućnost za smanjenje potrošnje toplote. Investicije u ovakve rekonstrukcije po našim iskustvima se otplaćuju za manje od šest meseci.

U ovom tekstu, dali smo ukratko neka naša iskustva na ovom polju. Naši inženjeri Vam uvek stoje na raspolaganju za konsultacije o mogućnosti iskorišćenja otparka u Vašem postrojenju.

## Nastanak otparka

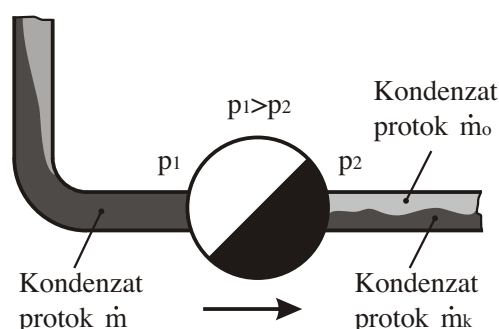
Ispred odvajača kondenzata uvek vlada viši pritisak od pritiska iza odvajača. Kada odvajač pređe u otvoren položaj, kondenzat struji iz prostora sa višim pritiskom u prostor nižeg pritiska. Usled ovoga, dolazi do naglog pada pritiska kondenzata. Ako je kondenzat ispred odvajača na temperaturi iznad temperature ključanja za pritiska koji vlada iza odvajača, doći će do naknadnog otparenja kondenzata. Nastalu paru nazivamo - otparak. Otparak se gotovo uvek javlja, i za pojavu otparka ne možemo kriviti odvajače kondenzata. Uglavnom najmanju količinu otparka imamo ako primenimo termostatičke odvajače kondenzata, ali ima dosta slučajeva kada je aparat takav da moramo primeniti neki drugi tip odvajača.

Otparak po nastajanju u kondenznom vodu, struji zajedno sa kondenzatom u sabirni rezervoar kondenzata, gde kroz odušnu cev ističe u atmosferu. Što je pritisak pare viši to je i količina otparka veća.

Prosipanje otparka je gubitak u energiji i napojnoj tehničkoj vodi i kao takav je ne dopustiv u postrojenjima.

Otparak možemo izraziti kao procenat kondenzata koji otpari. Odnosno, prema slici 1 procenat otparka je:

$$x = \frac{\dot{m}_o}{\dot{m}} \cdot 100\%$$



Slika 1. Šema nastajanja otparka

Procenat otparenja kondenzata zavisi od pritiska ispred i iza odvajača i stepena pothlađenja kondenzata. Ako je kondenzat nepothlađen imamo najveći procenat otparka. Za ovaj slučaj procenat otparka je dat u tabeli.

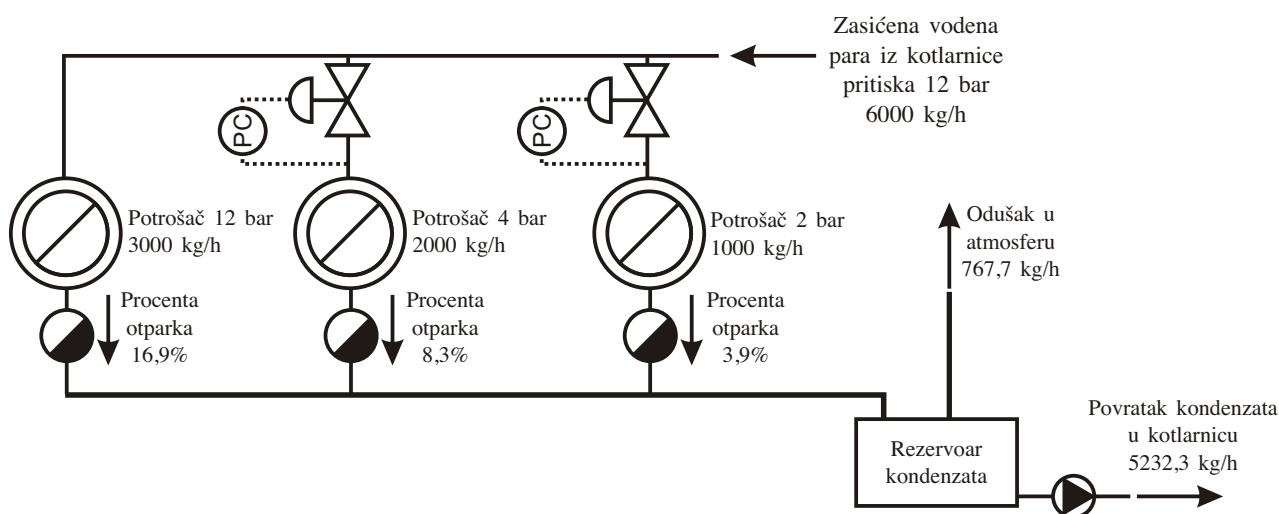
x [%]	Apsolutni pritisak iza odvajača [bar]				
	1	2	3	4	5
1	0	-	-	-	-
2	3,9	0	-	-	-
3	6,4	2,6	0	-	-
4	8,3	4,5	2,0	0	-
5	9,9	6,1	3,6	1,7	0
6	11,2	7,5	5,0	3,1	1,4
7	12,4	8,7	6,3	4,3	2,7
8	13,4	9,8	7,4	3,8	1,4
9	11,2	7,5	5,0	3,1	2,4
10	15,3	11,7	7,4	5,8	4,4
12	16,9	13,3	10,9	9,1	7,5
14	18,3	14,8	12,4	10,6	9,0
16	19,5	16,1	13,7	11,9	10,3
18	20,7	17,2	14,9	13,1	11,6

Procenat otparenja kondenzata, kondenzat nije pothlađen



Na slici 2, data je šema jednog postrojenja koje radi na tri različita pritiska pare. Ovo postrojenje nema iskorišćenje otparka, pa se otparak ispušta u atmosferu. Postrojenje na slici 2 ćemo iskoristiti za objašnjenje na koji način možemo iskoristiti otparak i na taj način povećati energetska efikasnost postrojenja.

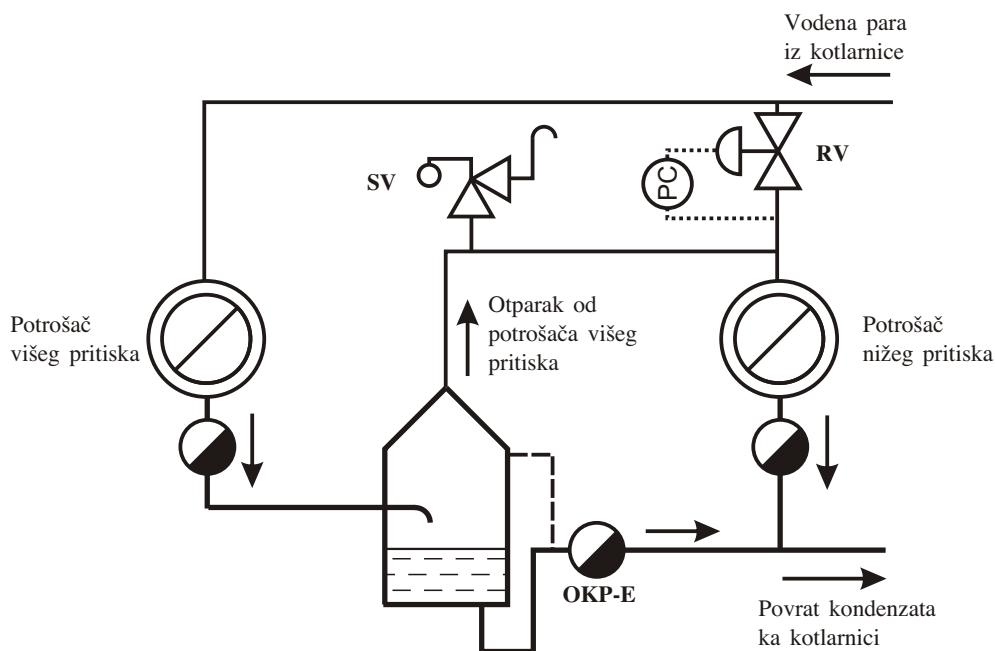
Kao što je prikazano na slici 2, od ukupno 6000 kg/h pare koje se koristi u procesu 767,7 kg/h pare se ispušta u atmosferu. Ovo predstavlja 12,7% ukupne potrošnje pare u procesu. Tako da bi za ovo postrojenje iskorišćenje otparka, predstavljalo veliku uštedu.



**Slika 2.** Postrojenje u kome se ne koristi otparak

Da bi iskoristili otparak potrebno je da izvršimo odgovarajuće rekonstrukcije na postrojenju. Ideja je da se otparak od potrošača koji rade na višem pritisku iskoristi za rad potrošača koji rade na nižem pritisku. Pri ovakvim rekonstrukcijama moramo voditi računa da li su potrošači koji rade na nižem pritisku dovoljno veliki potrošači pare tako da mogu da potroše sav otparak koji nastaje od potrošača na višem pritisku.

Da bi iskoristili otparak potrebno je da razdvojimo kondenzat od nastalog otparka. Za ovu svrhu "Termoenergetika" proizvodi namenske posude takozvane otparivače. Otparivač je jedna posuda u kojoj se pod dejstvom gravitacije razdvaja kondenzat od otparka. Šema povezivanja otparivača sa kondenzno parnom instalacijom je prikazana na slici 3.



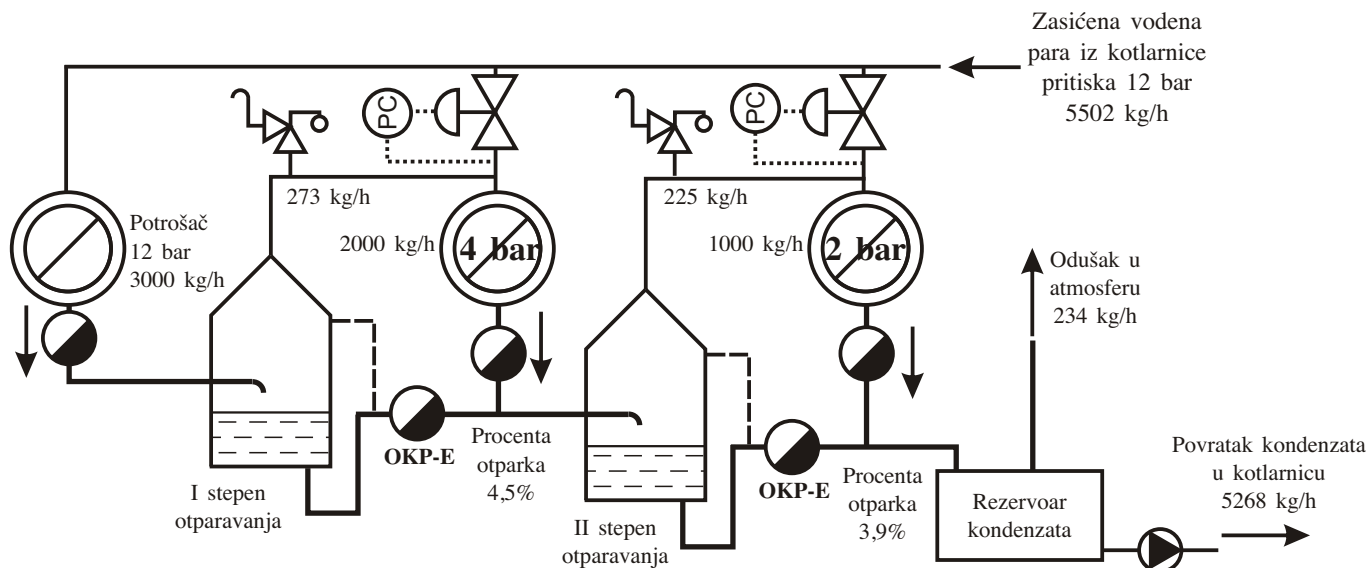
**Slika 3.** Šema povezivanja otparivača sa kondenzno parnom instalacijom

Kondenzat od potrošača višeg pritiska se vodi u otparivač. U otparivaču kondenzat pod dejstvom gravitacije ističe na donjem priključku kroz namenski odvajač tip OKP - E koji u isto vreme održava stalan nivo kondenzat u otparivaču. Otparak se preko gornjeg priključka na otparivaču vodi u potrošač nižeg pritiska. Kako obično imamo manje otparka nego što je potrebno, dovodi se i određena količina pare preko regulacionog ventila. Ovaj ventil uvek održava pritisak u otparivaču koji je jednak pritisku na kome radi potrošač nižeg pritiska. Kondenzat iz potrošača nižeg pritiska i iz otparivača se vode zajedničkim vodom u kotlarnicu.

Ako je količina otparka veća od potrošnje pare potrošača na nižem pritisku doći će do otvaranja ventila sigurnosti.

Otparivače za šemu na slici 2 možemo primeniti na dva mesta. Na potrošaču od 12 bar i na potrošaču od 4 bar. Ako bi smo izvršili rekonstrukciju na ovaj način dobili bi postrojenje prikazano na slici 4.

Otparak od potrošača na najnižem pritisku nismo iskoristili. Ovaj otparak ne možemo iskoristiti primenom otparivača, jer u konkretnom primeru nemamo potrošač koji može koristiti paru na atmosferskom pritisku. Tako da i posle rekonstrukcije imamo gubitak otparka od 234 kg/h, ali sada umesto 6000kg/h imamo potrošnju pare od 5502kg/h, pa smo ovom rekonstrukcijom ostvarili uštedu od 498 kg/h pare.

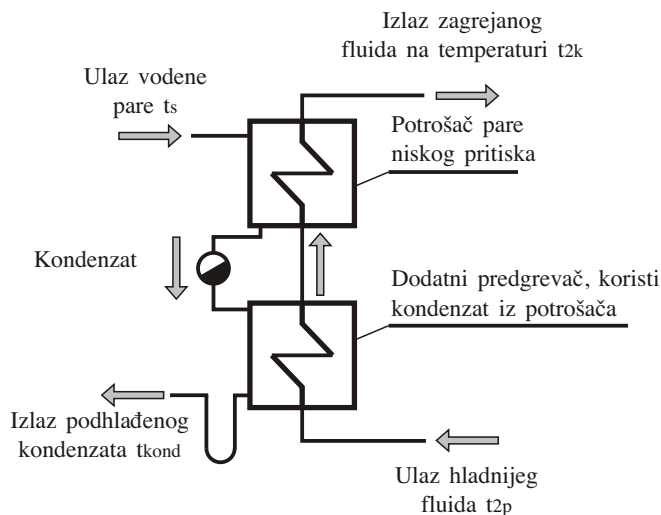


Slika 4. Šema postrojenja sa slike 2 posle rekonstrukcije

Dalje smanjenje gubitka otparka se može izvesti uglavnom na dva načina:

- Maksimalnim pothlađenjem otparka u potrošačima na nižem pritisku
- Korišćenjem otparka i kondenzata za grejanje tehnološke ili sanitarne vode

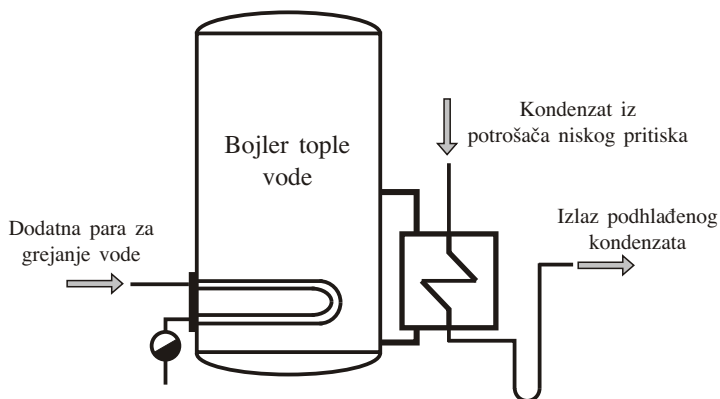
Što je kondenzat pothlađeniji to je količina otparka manja. Kada je kondenzat pothlađen na temperaturu ispod 100 °C tada nemamo naknadno otparenje. Da bi smo pothladili kondenzat u samom aparatu potrebno je da aparat bude predimenzionisan ili da imamo dodatne grejače unutar aparata koji bi bili korišćeni za hlađenje kondenzata, a na račun predgrevanja sirovine kao na slici 5.



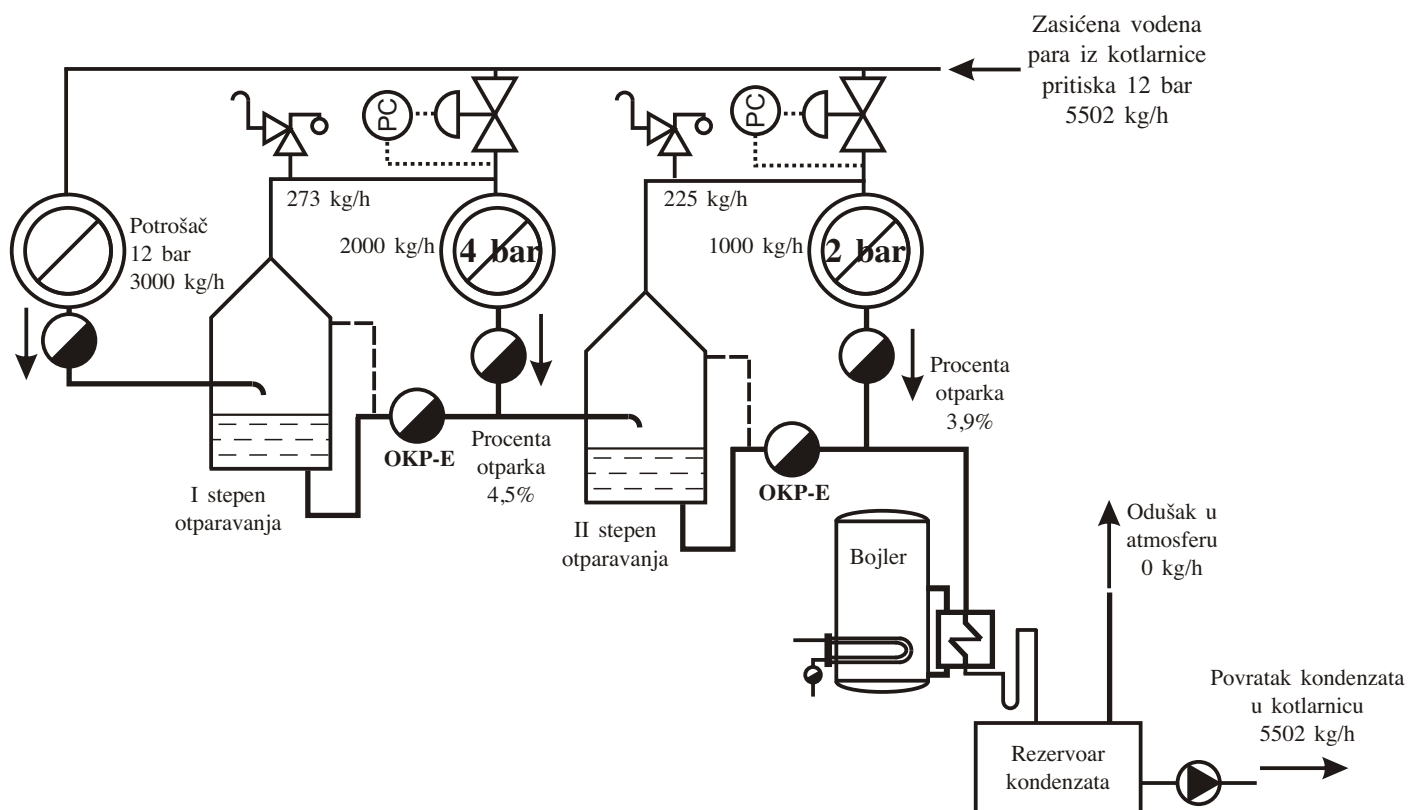
Slika 5. Pothlađenje kondenzata uz pomoć predgrevачa fluida (sirovine)

Druga mogućnost je da se kondenzat i otparak iz potrošača niskog pritiska koriste za zagrevanje sanitarne ili tehnološke vode. Kako u većini fabrika imamo veliku potrošnju tople vode, možemo iskoristiti već postojeće bojlere i grejače i utrošiti otparak kao i delimično pothladiti kondenzat grejući vodu. Na slici 6 prikazana je šema ovakvog rešenja, pri čemu je ugrađen dodatni grejač kroz koji protiče kondenzat iz potrošača niskog pritiska. Parni grejač služi samo da zagreje vodu ako nema dovoljno kondenzata iz potrošača niskog pritiska.

Primenom šema ne slici 7, možemo postrojenje sa slike 4 rekonstruisati tako da potpuno iskoristimo toplotu otparka. Tada bi rekonstruisano postrojenje izgledalo kao na slici 7.



**Slika 5.** Pothlađenje kondenzata grejanjem tehnološke vode



**Slika 6.** Potpuno iskorišćenje otparka