

FILTRIRANJE



Zadatak filtera u hidrauličnim sustavima

Vrsta nečistoće:

- *tvrde i oštre čestice čvrstog materijala*: glavni uzročnici habanja kod komponenata, uklanjanje pomoću filtra u sustavu
- *meke i želatinaste čestice*: zatvaraju zazoru i dovode do zastoja na komponentama u sustavu, zatvaraju mjesta za podmazivanje čime sprečavaju podmazivanje komponenata

Djelovanje čvrstih čestica prljavštine:

- mehaničko habanje
- povećanje curenja
- zaglavljivanje klipova
- zastoj na komponentama
- promjena karakteristike regulacije



Zadatak filtra u hidrauličnim sustavima

Zadaci koje treba ispunjavati pravilno dimenzionirani filtarsustav:

- odstranjivanje nečistoće od čvrstog materijala iz hidrauličnog protoka
- sprečavanje funkcijskih smetnji uslijed nečistoće od čvrstog materijala
- izbjegavanje promjene vremena aktiviranja uslijed oštećenja upravljačkih bridova
- skraćivanje prekida rada između intervala za održavanje
- povećanje radnog vijeka komponenata
- mogućnost preventivnog održavanja
- sprečavanje starenja hidraulične tekućine, koja je prouzročena kemijskim pojavama
- zadržavanje mazivih sposobnosti hidraulične tekućine
- produživanje intervala zamjene hidraulične tekućine
- zadržavanje visoke pogonske sigurnosti između pojedinih intervala održavanja
- filtriranje čvrstog materijala za vrijeme cjelokupnog rada pogona
- visok kapacitet zadržavanja nečistoće



Zahtjevi za hidrofiltre

Kriteriji za izbor filtarskih elemenata:

- Visoka stabilnost β_x -vrijednosti u širokom opsegu razlike tlaka:
 - broj izbrojenih djelića nečistoća ispred filtarskog elementa, veći od određene čestice x , stavljaju se u međusobni odnos sa brojem djelića nečistoće koji su izbrojeni iza filtarskog elementa (iste veličine čestica, pri istoj razlici tlaka, u isto vrijeme). Izračunati bezdimenzionalni broj predstavlja β_x -vrijednost
- Zadržavanje nečistoće u filtarskom elementu:
 - pri ocjeni filtarskih elemenata ne treba uzeti u obzir samo finoću filtriranja i cijenu, već i kapacitet zadržavanja nečistoće a sa time i vrijeme rada, kao daljnji važan faktor za ukupnu ocjenu filtarskog elementa jer duži radni vijek ne znači samo duže intervale održavanja već i niže troškove servisiranja.



Zahtjevi za hidrofiltre

Kućište filtra:

- **zahtjevi:**
 - **niža razlika (pad) tlaka u kućištu**
 - **trajno izdržljiva konstrukcija kućišta**
 - **izbor materijala za kućište**

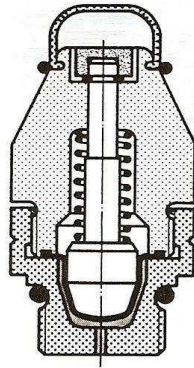
Pokazivači zaprljanosti:

- za kontrolu zaprljanosti elementa potrebno je hidraulični filter opremiti s pokazivačem zaprljanosti

Vrste pokazivača:

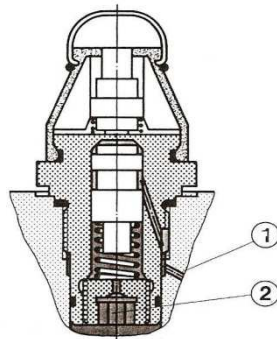
- Pokazivači tlaka uspora (pokazivači apsolutnog tlaka):
 - Mjere tlak u kućištu filtra prema tlaku koji trenutno djeluje u atmosferi. Oni se skoro isključivo ugrađuju u filtre kod kojih se izlaz iz filtra vodi neposredno u spremnik (filtri za povratni vod).

Zahtjevi za hidrofiltre



- Pokazivači razine tlaka:

- mjere razinu tlaka između prljave i čiste strane, kućište pokazivača mora biti prilagođeno radnom tlaku kućišta filtra, primjenjuje se kod filtra za vodove i tlačne filtre



1 Prljava strana 2 Čista strana



Zahtjevi za hidrofiltre

Filtar za provjetravanje

- Uslijed odvođenja i vraćanja hidraulične tekućine dolazi do promjene razine tekućine u spremnicima.
- Zbog toga se u spremnicima vrši usisavanje ili istiskivanje zraka, sa visokom razinom nečistoća pa čestice nečistoća tim putem dospijevaju u hidrauličnu tekućinu.
- Da bi se nečistoća okoline zadržala izvan spremnika, na spremnik se mora ugraditi filter za zrak.
- Finoća filtriranja filtra za provjetravanje mora biti usklađena s najmanjom finoćom filtriranja hidrauličnog filtra koji je ugrađen u hidrauličnom sustavu.

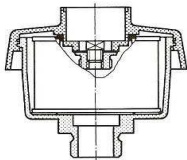
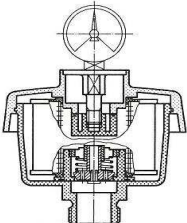
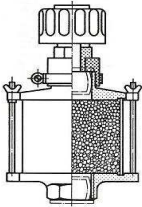
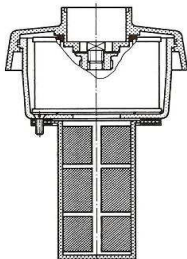
Zahtjevi za filter za provjetravanje:

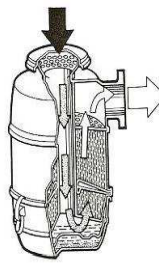
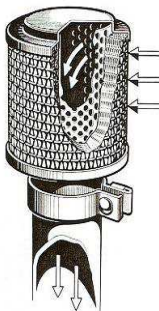
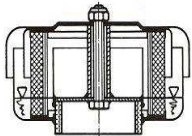
- Ugrađeni filterarski element mora biti zamjenjiv i sa velikom površinom filtra
- Izabrana finoća filtriranja mora biti usklađena s glavnim filtrom
- Otvori za usisavanje moraju po mogućnosti biti iznad poklopca spremnika da bi se spriječilo usisavanje nečistoće koja se nataložila na spremniku
- Za kontrolu količine nečistoće u filteru potreban je pokazivač količine nečistoće



Zahtjevi za hidrofiltare

Vrste konstrukcija filtra za provjetravanje:

Naziv	Prikaz	Finoća filtriranja	Primjedba
Filter za provjetravanje		3 μm 5 μm 10 μm 20 μm	<ul style="list-style-type: none"> - Sa zamjenjivim filterskim elementom - Dimenzioniranje prema Cetop RP 98 H moguće - Priključak za pokazivač zaprjanosti postoji
Filter za provjetravanje sa nepovratnim ventilom		3 μm 5 μm 10 μm 20 μm	<ul style="list-style-type: none"> - Sa zamjenjivim filterskim elementom - Dimenzioniranje prema Cetop RP 98 H - Priključak za pokazivač zaprjanosti postoji - Ugrađen nepovratni ventil za minimiziranje izmjene zraka - Uvjeti usisavanja pumpe poboljšani
Filter za provjetravanje sa sušiocem zraka		3 μm 5 μm 10 μm 20 μm	<ul style="list-style-type: none"> - Sa zamjenjivim filterskim elementom - Dimenzioniranje prema Cetop RP 98 H - Priključak za pokazivač zaprjanosti postoji - Ulaznoj struji zraka oduzima se voda
Filter za punjenje i provjetravanje		3 μm 5 μm 10 μm	<ul style="list-style-type: none"> - Sa zamjenjivim filterskim elementom - Dimenzioniranje prema Cetop RP 98 H - Priključak za pokazivač zaprjanosti postoji - Moguće punjenje spremnika - Prema izboru ugrađen nepovratni ventil

Naziv	Prikaz	Finoća filtriranja	Primjedba
Filter za zrak sa uljnom kupkom		40 μm	Za provjetravanje spremnika, nije prikladan za hidraulične sustave
Filter za vlažan zrak		40 μm	Loša finoća filtriranja Finoća filtriranja jako zavisna o stanju održavanja. Nije prikladan za hidraulične sustave
Filter za provjetravanje sa uronjenim filterskim elementom u uljnu kupku		3 μm 5 μm 10 μm 20 μm	Nema poboljšanja kapaciteta sa uljnom kupkom. Smanjenje vremena zamjene elementa uslijed prekrivanja površine filtera sa uljnom kupkom. Nije prikladan za hidraulične sustave.

Sa strane filtracije postavljaju se slijedeći zahtjevi za hidraulične tekućine:

- nezatni sadržaj nečistoće u isporučenom stanju
- dobra mogućnost filtriranja
- neutralan odnos prema materijalima



Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Kod izbora pogodnog hidrauličnog filtra treba voditi računa o slijedećim kriterijima za dimenzioniranje:

- propisana finoća filtriranja
- radni nadtlak
- broj radnih ciklusa
- stupanj odvajanja
- kapacitet zadržavanja nečistoće filtarskog elementa
- mjesto ugradnje hidrauličnog filtra

Prednosti pravilno i dobro dimenzioniranog filtarskog postrojenja su:

- viša pouzdanost postrojenja
- produžena sposobnost upotrebe, kako uređaja tako i hidraulične tekućine
- manje vrijeme zastoja, manje potrebe za rezervnim dijelovima



Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Filtri glavne struje

– filtriranje hidraulične tekućine u hidrauličnom krugu

Usisni filter: - ugrađeni između hidrauličnog spremnika i hidropumpe
- zadatak zadržati grubu prljavštinu ispred hidropumpe
- za izbjegavanje oštećenja hidropumpe uslijed kavitacije ovi se filteri mogu opremiti samo s grubim sitastim elementima

Pritisni filter: - raspoređeni su između pumpe i komponenata u sustavu
- zadatak održavati za hidraulične komponente neophodnu klasu zaprljanosti hidraulične tekućine

Povratni filter: - zadatak filtrirati hidrauličnu tekućinu koja se vraća u spremnik
- kod dimenzioniranja povratnih ventila mora se uzeti u obzir ukupan protok tekućine koja se vraća u spremnik



Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Sporedni filtri

- zadatak je cirkulacijom filtrirati hidrauličnu tekućinu koja se nalazi u spremniku
- najčešće se primjenjuju kompletne sporedne filtarske jedinice koje se sastoje iz pumpe, filtra i hladnjaka ulja
- prednost je što ovaj filter može raditi nezavisno od radnih ciklusa hidrauličnog postrojenja, a filtarski elementi su stalno prostrujavani s postojanom strujom elastičnosti

Sporedne filtre treba upotrijebiti u slučaju:

- kad se očekuje prodor velike nečistoće (velika postrojenja u prašnjavoj okolini, postrojenja za čišćenje)
- kod instalacije separatnog kruga za hlađenje



Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Kriteriji za dimenzioniranje filtra:

Osjetljivost na nečistoću: - voditi računa o finoći filtra ili zahtijevanoj klasi čistoće

Područje primjene kompletnog hidropostrojenja: - pri tome se mora uzeti u obzir eventualno opterećenje nečistoćom okoline (laboratorijsko postrojenje ili postrojenje u talionici)

Određivanje strujne količine koja teče kroz filter: - ova može s vremenom biti veća od maksimalnog protoka pumpe (kod diferencijalnih cilindara ili povratnih vodova iz više radnih krugova)

Dozvoljena razlika tlaka: - filtarski element mora odgovarati zahtjevima sustava na mjestu ugradnje filtra

Podnošljivost materijala filtra: - sa hidrauličnom tekućinom mora biti zajamčena

Određivanje tlaka kućišta filtra: - osigurana trajna čvrstoća kućišta filtra

Radna temperatura ili projektirana temperatura: - iz te veličine određeni radni viskozitet hidraulične tekućine je jedan važan faktor za utvrđivanje veličine filtra.

Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Određivanje finoće filtra:

Klasa čistoće cjelokupnog postrojenja ravna se prema neophodnoj klasi čistoće za komponentu u sustavu koja je najosjetljivija na nečistoću. «Najosjetljiviji element» određuje finoću filtra za cjelokupni sustav

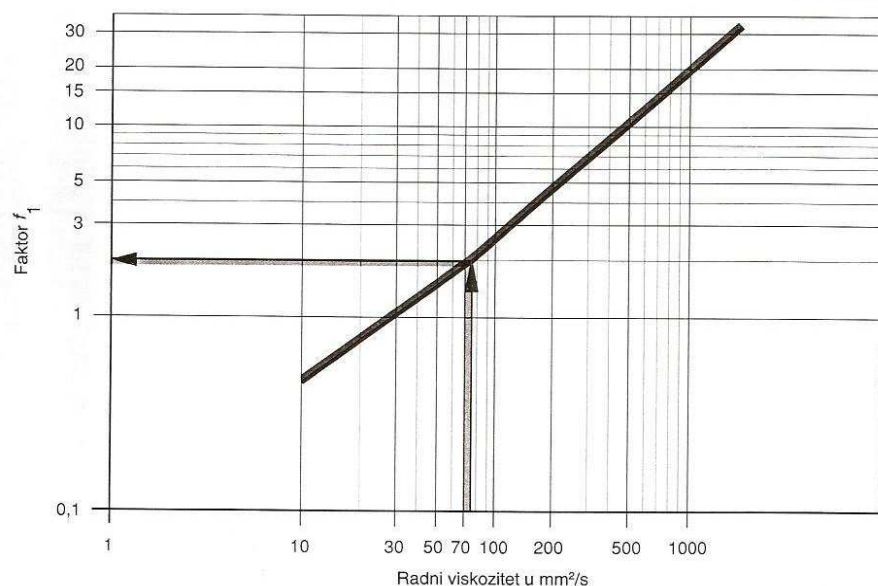
Hidrosistem	Preporučljiva apsolutna finoća filtra ($\beta_x \geq 100$)	Postignuta klasa čistoće prema	
		NAS 1638 kod čestica > 5 μm	ISO DIS 4406
Postrojenja sa servoventilima	5	7	17/13
Postrojenja sa regulacionim ventilima	5	7 do 8	17/13
Postrojenja sa proporcionalnim ventilima	10	9	18/14
Opšta hidropostrojenja	10 do 20	9 do 10	18/14

Hidraulička komponenta	Klasa čistoće prema		Preporučljiva apsolutna finoća filtra u μm
	NAS 1638	ISO DIS 4406	
Zupčaste pumpe	10	19/15	20
Cilindri	10	19/15	20
Razvodni ventili	10	19/15	20
Sigurnosni ventili	10	19/15	20
Prigušni ventili	10	19/15	20
Klipne pumpe	9	18/14	10
Krilne pumpe	9	18/14	10
Pritisni ventili	9	18/14	10
Proporcionalni ventili	9	18/14	10
Servoventili	7	17/13	5
Servocilindri	7	17/13	5

Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Utjecaj hidraulične tekućine na dimenzioniranje filtra

U katalogima date karakteristike kućišta filtra i filtarskog elementa odnose se na viskozitet tekućine od 30 mm²/s. Odstupa li projektirani viskoznost od ovog referentnog viskoziteta, tada se mora preračunati gubitak tlaka na filtarskom elementu na gubitak kod radnog viskoziteta. Preračunavanje se radi pomoću faktora povišenja viskoziteta f_1 .



Izračunavanje gubitaka tlaka u kućištu vrši se prema formuli:

$$\Delta p_{GB} = \Delta p_{GP} \cdot \frac{\rho_B}{\rho_P}$$

Δp_{GB} = razlika tlaka kod radne tekućine

Δp_{GP} = razlika tlaka, katalogski podaci

Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Određivanje veličine filtra

Dimenzioniranje filtra glavne struje

- Cilj kod određivanja veličine filtra je ostvarivanje ravnoteže u sustavu između nastale nečistoće i preko filtra odvojene nečistoće. Pri tome se mora ostvariti ekonomično vrijeme zamjene filtarskog elementa.
- Stoga se kod utvrđivanja veličine filtara mora uzeti u obzir stupanj nečistoće okoline stroja kao i održavanje i njega hidrosustava. Ovi uvjeti okoline su uzeti u obzir sa faktorom f_2 , prikazani u tablici.

Održavanje i njega hidrosustava	Stupanj nečistoće okoline uređaja		
	nizak	prosječan	visok
- stalna kontrola filtra - trenutna zamjena filterskog elementa - mali ulaz nečistoće - dobra zatvorenost hidrauličkog spremnika	1,0	1,0	1,3
- povremena kontrola filtra - mala primjena cilindra	1,0	1,5	1,7
- nezatna ili nikakva kontrola filtra - puno nezaštićenih cilindara - veliki prodor nečistoće u hidrosustav	1,3	2,0	2,3

Napomena:

nizak: npr. strojevi za ispitivanje u zatvorenim klimatiziranim prostorijama
prosječan: npr. alatni strojevi u zagrijanim halama

prosječan: npr. uređaji za proizvodnju keramike, uređaji za kalibriranje



Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Dimenzioniranje filtara glavne struje

Određivanje dozvoljenog gubitka tlaka na filteru računa se prema slijedećoj formuli:

$$\Delta p_{\text{Ges}} = (\Delta p_{\text{GB}} + f_1 \cdot \Delta p_{\text{E}}) \cdot f_2$$

Δp_{Ges} = ukupa razlika tlaka filtera pri radnoj temperaturi, čistom filterskom elementu i djelujućoj strujnoj zapremnini

Δp_{GB} = razlika tlaka kućišta filtera kod radne tekućine

Δp_{E} = razlika tlaka kod čistog elementa kod djelujuće strujne zapremnine (podaci iz kataloga)

f_1 = faktor preračunavanja viskoziteta

f_2 = faktor uvjeta okoline

Određivanje gubitka tlaka na filteru određuje se pri djelujućoj strujnoj količini koja struji kroz filter, a koja se određuje:

$$Q_{\text{W}} = Q_{\text{p}} \cdot \ddot{U}$$

Q_{W} = djelujuća strujna količina

Q_{p} = strujna količina pumpe

\ddot{U} = povećanje strujne količine pumpe uslijed ugradnje akumulatora ili cilindra

Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Dimenzioniranje filtra glavne struje

Kod određivanja veličine filtra ne smiju se prekoračiti maksimalne početne razlike tlaka prikazane u tablici.

Raspored filtra u hidrosustavu	Tip filtra	Ukupna razlika pritiska filtra sa novim filterskim elementom	
		Kod primjene pojedinih dijagrama za kućište filtra i filterski element	Kod primjene dijagrama za dimenzioniranje
Radni filter	Povratni filter Pritisni filter sa Bypass - ventilom	$f_2 (\Delta p_{\text{kućište}} + f_1 \cdot \Delta p_{\text{Element}}) \leq 0,5$	$Q_{\text{dimenzije}} = Q_{\text{система}} \cdot f_1 \cdot f_2$
Zaštitni filter	Pritisni filter bez Bypass - ventila	$f_2 (\Delta p_{\text{kućište}} + f_1 \cdot \Delta p_{\text{Element}}) \leq 1,0$	$Q_{\text{dimenzije}} = Q_{\text{система}} \cdot f_1 \cdot f_2$
Sporadni filter	Cijevni filter separadni agregat	—	—
Usisni filter		$f_2 (\Delta p_{\text{kućište}} + f_1 \cdot \Delta p_{\text{Element}}) \leq 0,01$	$Q_{\text{dimenzije}} = 5 \text{ bis } 10 \cdot Q_{\text{pumpe}} \cdot f_2$



Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Određivanje neophodne veličine filtra glavne struje

Određivanje ukupne razlike tlaka filtra može se izvršiti:

- pomoću pojedinačnih dijagrama za kućište filtra i elemente:

Pri tome se moraju izračunati pojedini gubici tlaka na kućištu filtra i filtarskom elementu kod djelujućeg strujnog volumena Q_w .

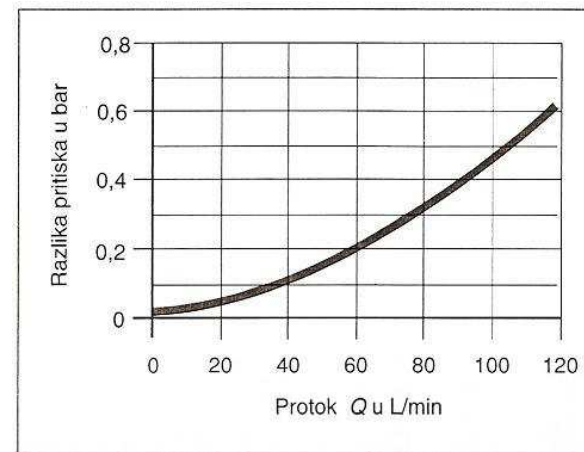
Za proračun neophodne veličine filtra mora se izračunata ukupna razlika tlaka pomnožiti sa faktorom f_2 uz uzimanje u obzir uvjeta okoline.

Ako je tako izračunati ukupni pad tlaka filtra viši od vrijednosti date u prethodnoj tablici, mora se ponoviti cijeli proračun za veći filter.

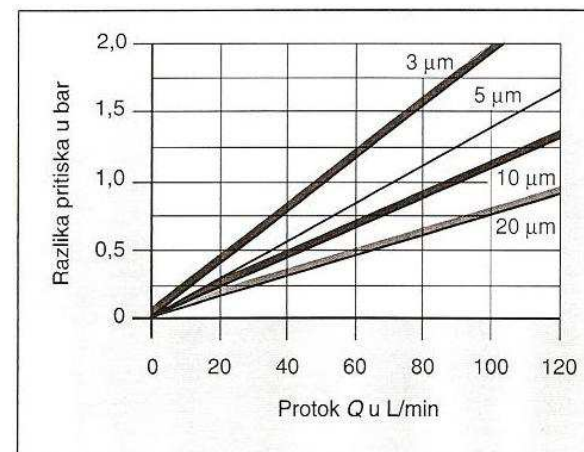
Tek kad je izračunata ukupna razlika većeg filtra jednaka ili manja od maksimalno dozvoljene razlike tlaka, filter je pravilno dimenzioniran.

Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Slika pokazuje gubitak tlaka na kućištu filtra kod filtracije hidraulične tekućine



Slika pokazuje gubitak tlaka na čistom filtarskom elementu pri viskozitetu hidraulične tekućine od $30 \text{ mm}^2/\text{s}$.



Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

- pomoću dijagrama za dimenzioniranje:

Da bi se skratio i pojednostavnio relativno komplicirani način rada na dimenzioniranju veličine filtra razvijeni su dijagrami za dimenzioniranje filtra. Ovi se dijagrami odnose na viskozitet hidraulične tekućine od 30 mm² /s.

Strujni volumen za dimezioniranje filtra:

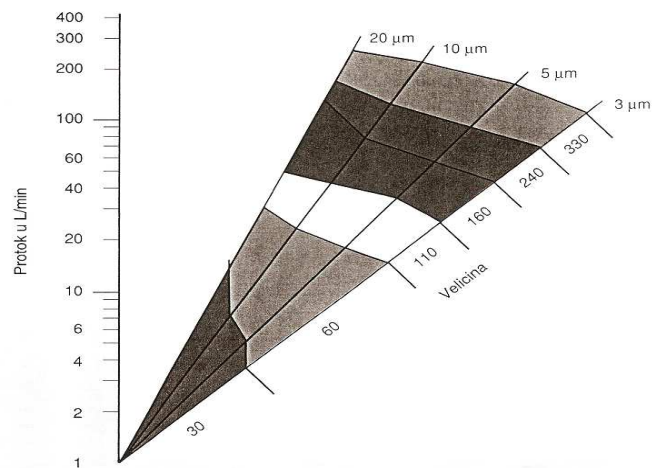
$$Q_A = Q_W \cdot f_1 \cdot f_2$$

Q_A = strujni volumen za dimenzioniranje filtera

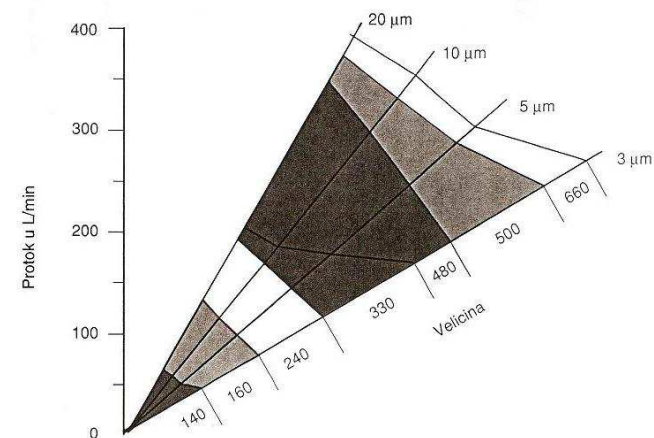
Q_W = djelujući strujni volumen

f_1 = faktor povećanja viskoziteta

f_2 =faktor uvjeta okoline



Određivanje veličine filtra za povratne filtre



Određivanje veličine filtra za potisne filtre



Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Dimenzioniranje sporednih filtara

Čišćenje hidraulične tekućine koja cirkulira u hidrauličnom agregatu može se poboljšati instaliranjem sporednog filtra. Isto tako sa ugradnjom sporednog filtra, u već postojeće hidraulično postrojenje, moguće je smanjiti zaprljanost od čvrstih čestica kod hidrauličnih tekućina.

Određivanje strujnog volumena kroz sporedni filter:

$$Q_N = \frac{Q_A \cdot T_{TA} \cdot T_{WA} \cdot f_2}{T_{TN} \cdot T_{WN}}$$

Q_N = strujni volumen za sporedni filter

Q_A = ukupni strujni volumen pumpe instaliran u hidrauličnom agregatu

T_{TA} = radno vrijeme hidrauličnog agregata po danu

T_{WA} = radno vrijeme hidrauličnog agregata tjednu

T_{TN} = radno vrijeme sporednog filtra po danu

T_{WN} = radno vrijeme sporednog filtra po tjednu

f_2 = faktor za uvjete okoline



Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Određivanje površine filtra za sporedni filter:

$$A = \frac{Q_N \cdot f_1}{q}$$

A = neophodna površina filtra

Q_N = strujni volumen kroz sporedni filter

q = specifično opterećenje površine

f_1 = faktor povećanja viskoziteta

Specifično opterećenje površine za dimenzioniranje sporednog filtra:

Finoća filtra $\beta_x \geq 100$	Specifično opterećenje površine L/min/cm ²
3 μm	0,0025
5 μm	0,0035
10 μm	0,005
20 μm	0,005



Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Dimenzioniranje filtra za provjetravanje

Kod dimenzioniranja filtra za provjetravanje treba uzeti u obzir:

- finoća filtriranja: $\beta_x > 100$ (uskладiti prema filtru sustava)
- određivanje protoka zraka za filter zraka: 5 do 10-struki maksimalni kapacitet pumpe
- određivanje razlike tlaka: 0,01 bar (kod čistog filterarskog elementa i projektiranog protoka)



Dimenzioniranje hidrauličnih filtara

Dimenzioniranje filtra kod filtriranja teškozapaljivih hidrauličnih tekućina

Izračunavanje površine ovih filtara radi se prema formuli:

Za potisne filtere: $A = 30 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot Q_w$

Za povratne filtere: $A = 60 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot Q_w$

A = neophodna površina filtra

f_1 = faktor povećanja viskoziteta
(kod HFA i HFB: $f = 1$)

f_2 = faktor uvjeta okoline

f_3 = faktor povećanja gustoće

Q_w = aktivni strujni volumen

Oznaka tekućine	Faktor f_3
HFA	1,16
HFB	1,16
HFC	1,27
HFD	2,21

Za određivanje neophodne veličine filtra mora se birati filter, čija je površina filtra jednaka ili veća od gore izračunate površine filtra.