

Optimering av backspolning

- Praktik på vattenverket i Gäddvik



0040K

Ronja Eränen

ronern-3@student.ltu.se

Den 2 juni 2016

Sammanfattning

Syftet med denna rapport är att presentera utredningen, optimering av backspolning, i efterfiltreringssalen på Gäddviks vattenverk samt att beskriva upplevelsen av utförd praktik. I rapporten redovisas framtagna backspolningsinställningar för mest optimal backspolning, presentation över insamlad data samt en kort sammanfattning av praktikupplevelsen på vattenverket.

För att framta den mest optimala backspolningsmetoden på vattenverket i Gäddvik arbetades ett åttaveckors försöksschema fram tillsammans med handledarna, Patrik Fahlén och Petra Viklund, där olika backspolningsmetoder framtogs för utredningsperioden. Resultaten påvisade goda möjligheter till att förlänga gångtiden från 48 timmar till 168 timmar samt förkorta första filtrattiden från 17,67 minuter till 11,67 minuter. Optimeringen av backspolningen i efterfiltreringssalen resulterade i en minskad energikostnad med 74 500 kr/år samt en minskad volym vatten till avlopp med 274 320 m³/år.

Innehåll

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	4
Backspolning	5
Effektivisering av efterfiltreringen på vattenverket i Gäddvik.....	5
Bakgrund efterfilter Gäddvik	5
Projektplan.....	6
Resultat och diskussion	6
Tryckstudier	6
Daglig turbiditets- och aluminiumvariation.....	9
Reningskapacitet backspolning.....	12
Första filtrat.....	13
Slutsats.....	15
Erfarenheter och upplevelse	16
Bilagor	17
1. Försöksschema	17
2. Beräknad partikelpåläggning kontra partikelrensning EF22.....	18
3. Beräknad volym vatten till avlopp innan kontra efter optimering	21
4. Beräknad energikostnad före optimering kontra efter optimering.....	22

Inledning

Dagens samhälle är i ständigt behov av vatten och tack vare vårt utvecklade vatten och avloppssystem finns möjligheten att bruka det utan att ägna en tanke om processen bakom systemet. I dricksvattenrening används ofta filter som via mekaniskrening avlägsnar förorening från vattnet. Ett filter måste rengöras med vissa mellanrum och rengöringen sker oftast genom en process kallad backspolning. Att optimera backspolningsprocesserna i ett vattenverk är att eftersträva då mindre energi förbrukas samt en effektivare vattenanvändning erhålls. Syftet med utredningen är att framta en backspolningsmetod som renar filtrena mest effektivt och samtidigt ger en så lång gångtid samt en så kort första filtrattid som möjligt. Frågeställningar som utredningen ska besvara är följande:

- Hur mycket vatten kan sparas genom optimering av backspolningsprocessen?
- Hur mycket kan energikostnaderna minskas genom att optimera backspolningarna?
- Kan gångtiden förlängas?
- Hur stor är backspolningsvolymen innan optimering kontra efter optimering?
- Hur ser tryckfördelningen i filtret ut?

Backspolning

Ett filter avsett för att mekaniskt rena vatten avlägsnar via infiltration partiklar från vattnet och ansamlar dem i filterbädden. För att undvika att filtret stockar igen och riskera eventuella genombrott av förorening krävs rengöring av det med vissa mellanrum, detta görs genom backspolning. Genom att trycka luft, vatten eller en kombination av luft och vatten av en viss hastighet underifrån filtret rensas det och smutsen spolats ur filterbassängen genom en backspolningsränna. Spolvattenhastigheten genom filtret bör anpassas efter årstiderna då olika temperaturer på vattnet kräver olika hastigheter för att uppnå fullgod rengöring av filtret. Efter en backspolning filtreras vatten genom filtret under en viss mognadstid och leds ut i ett avlopp, denna mognadstid kallas första filtrat och är normalt mellan 20 till 30 minuter. När filtret anses ha återgått till att producera vatten av god kvalitet tas filtret i bruk. Huruvida ett filter är i behov av backspolning avgörs av fyra parametrar

- Om den *hydrauliska belastningen* är för liten. Det vill säga, om för lite vatten tränger genom filterbädden på grund av stockning orsakat av partiklar.
- Om *filtermotståndet* är för högt. Ju mer partiklar som ansamlats i filtret desto högre blir trycket och mindre vatten kan passera genom det.
- För hög *turbiditet*. Om backspolning inte sker i tid kan partiklar tränga genom filtret och föras vidare i processen. Därför sätts ofta ett gränsvärde för maximal turbiditet runt 0,2 NTU. Överstiger turbiditeten i utgående vatten inställt värde går filtret i backspolning.
- *Gångtid*, antalet timmar som går mellan två backspolningar. Normalt sett går det mellan 24 och 48 timmar mellan backspolningar i ett vattenverk av Gäddviks storlek.

Varje vattenverk ställer in riktvärden för de ovanstående parametrarna så att backspolningarna optimeras maximalt. Eftersom ett filter vid en backspolning spolats med vatten och tryckluft samt att vatten går ut till ett avlopp via backspolningsrännan eller vid första filtrattiden är processen både vatten- och energikrävande. Att optimera backspolningsprocessen är att eftersträva då både energi och pengar sparas.

Effektivisering av efterfiltreringen på vattenverket i Gäddvik

Bakgrund efterfilter Gäddvik

Utredningen, optimering av backspolning, i Gäddviks vattenverk begränsades till att enbart gälla snabbfiltrena i efterfiltreringssalen. Filtrena består av ett lerfiltermaterial, Filtralite, som lags i två fraktioner, en grövre fraktion i toppen och en mindre i botten. Varje fraktion är 1 meter hög och hela filterbädden är placerad cirka 1 meter under vattenytan. Enligt leverantör av Filtralite bör filterbädden expandera 30 % vid backspolning för optimal rening. Inkommande vattnet till filtrena tillsätts PAX XL60, polyaluminiumklorid, som möjliggör flockulering av bland annat siltpartiklar. När vattnet passerar filtret fastnar flockarna av polyaluminiumklorid och silt i filtermaterialet och avskiljs på så vis från vattnet. För att förhindra att ackumuleringen av partiklar i filterbädden orsakar stockning och eventuella genombrott måste filtrena backspolats med vissa mellanrum.

Projektplan

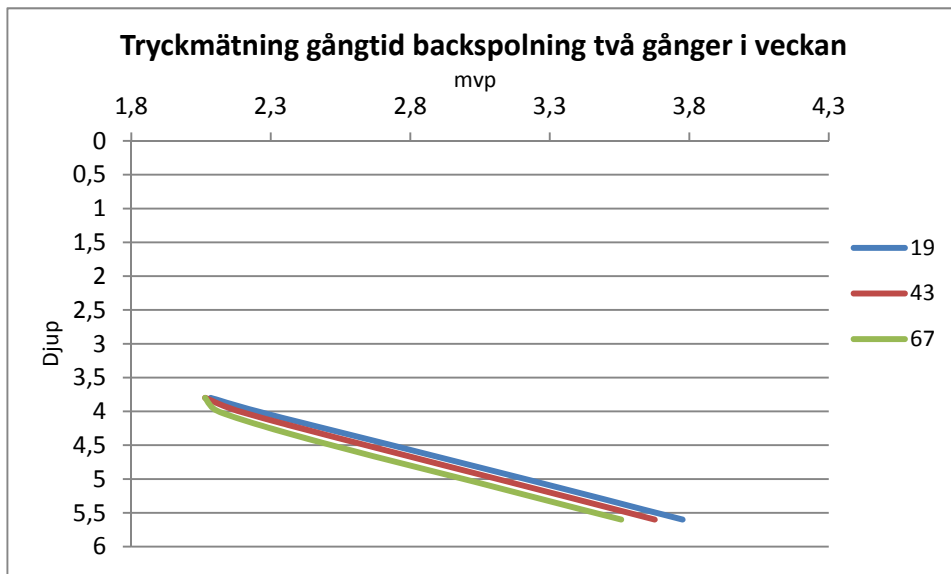
För att framta den mest optimala backspolningsmetoden på vattenverket i Gäddvik arbetades ett åttaveckors försöksschema fram tillsammans med handledarna, Patrik Fahlén och Petra Viklund, där olika backspolningsmetoder framtogs för utredningsperioden. Två filter i efterfiltreringssalen ingick i studien, EF21 och EF22. Filtrena backspolades med olika inställningar per försöksvecka med luft, vatten samt en kombination av luft och vatten av olika hastigheter. För att hänvisa till bästa backspolningsmetod insamlades vid varje backspolning ett prov per minut av första filtratet samt fem prover under 90 sekunders sekvenser från backspolningsrännan. Dagligen insamlades fyra vattenprover på utgående vatten från filtrena. Proverna från första filtratet analyserades på labbet i vattenverket för turbiditet samt aluminiumhalt. De insamlade proverna från backspolningsrännan samt inkommande vatten till filtrena skickades till Alcontrol i Umeå för analys av suspenderat material, aluminiumrest och turbiditet. Resultatet mellan inkommande vatten till filtrena och vatten utgående i backspolningsrännan jämfördes sedan för att avgöra hur mycket suspenderat material som lagts på respektive filterbädd med inkommande vatten och hur effektivt backspolningen renat filtret. De dagliga proverna på utgående vatten från filtrena analyserades också i Gäddvik för turbiditet samt aluminiumrest för att kontrollera filtrens genomsläpplighet av partiklar under en gångtid. Trycket kontrollerades dagligen i filter EF22 med ett ljuslod i monterade observationsrör för att få en uppfattning om hur trycket varierade i olika filterdjup varpå en slutsats kring var störst partikelackumulering i filtret sker. Den hydrauliska belastningen övervakades genom att dagligen kontrollera reglerventilens öppningsgrad för respektive filter. För att kontrollera filterbäddens expansion användes en siktplatta för att avgöra hur högt filtret reste sig vid olika backspolningsinställningar.

Resultat och diskussion

Nedan presenteras resultat samt diskussion för insamlad data av tryck, första filtrat, backspolningsränna, reglerventil samt dagliga prover på utgående vatten från filter. Försöksschema med farmarbetade backspolningsmetoder kan ses i bilaga 1.

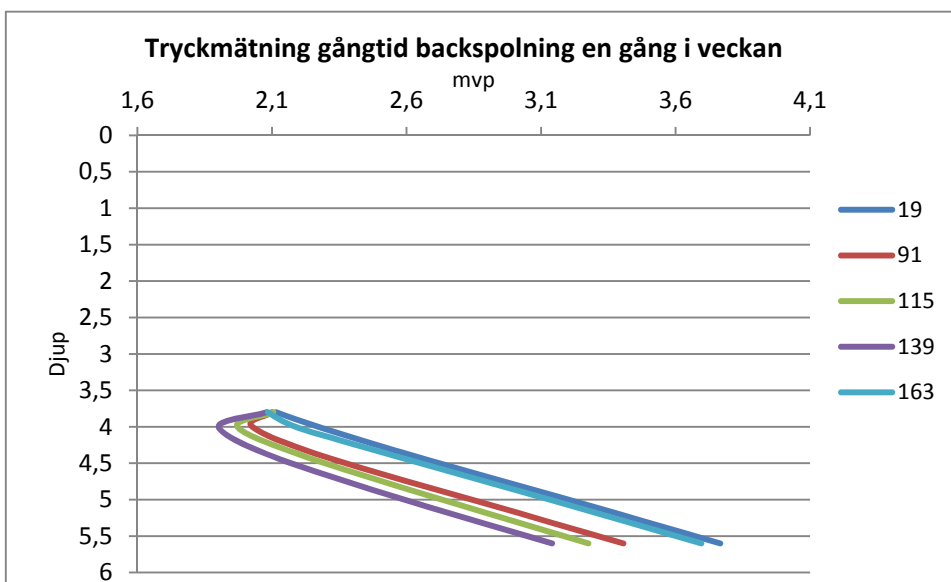
Tryckstudier

Tryckmätningar i filter EF22 med gångtid backspolning två gånger i veckan, påvisar knappt synbara tryckförändringar vilket indikerar ett lågt filtermotstånd genom hela gångtiden samt ett ofullständig nyttjande av filterbäddens slamlagringskapacitet, se figur 1.



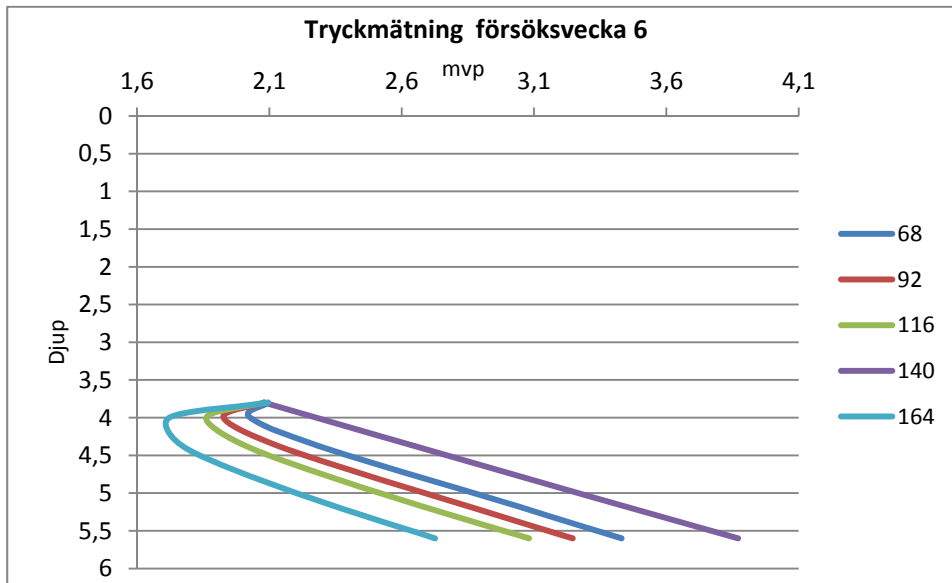
Figur 1 - Tryckmätning i filter EF22 med gångtid backspolning två gånger i veckan. Avsaknad av tryckförändringar, svag antydning till partikelackumulering efter 67 timmar, påvisar tydlig potential till att förlänga gångtiden.

Tryckmätningar i filter EF22 med gångtid backspolning en gång i veckan påvisar tryckförändringar orsakad av partikelackumulering i de övre delarna av filtret, se figur 2. Partikelansamlingen orsakar ett undertryck strax under ackumuleringen, cirka 20-50 cm ned i filtret. Detta på grund av att partikellagringen försvårar infiltrationen av vatten och filterporeerna under ackumuleringen tillhandahålls därför ett lägre vattenflöde. Jämförelse mellan figur 1 och figur 2 påvisar god potential till att förlänga gångtiden till backspolning en gång i veckan och alltså erhålla ett önskvärt filtermotstånd genom hela filtreringscykeln.



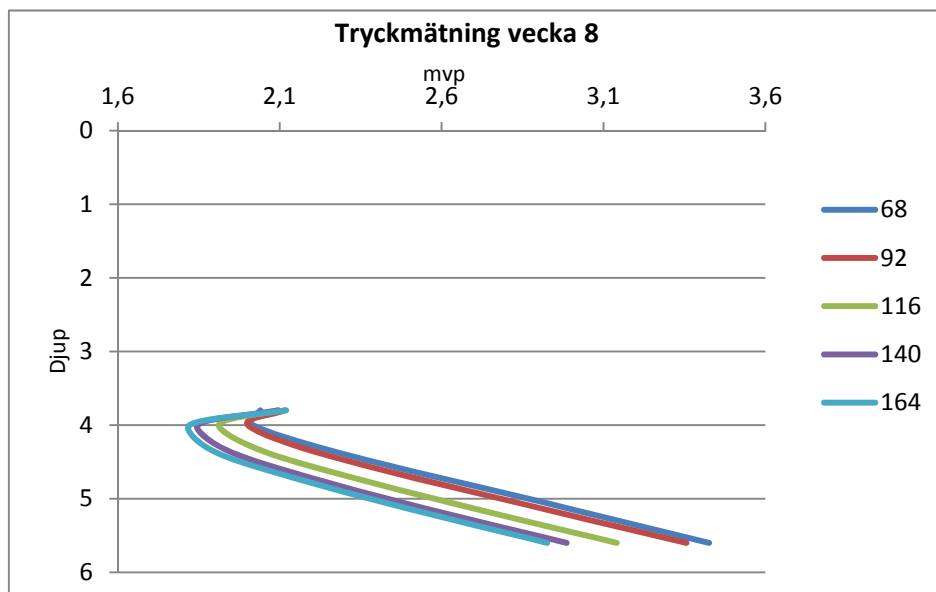
Figur 2- Tryckmätning i filter EF22 med gångtid backspolning en gång i veckan. Ansamling av partiklar i den övre delen av filtret orsakar ett undertryck i delarna, ca 20-50 cm, nedanför partikelansamlingen.

Tryckdata från försöksvecka 3 till försöksvecka 6 med gångtid backspolning en gång i veckan påvisar tecken på en ökning av undertryck i filtret, se figur 2 och figur 3. Ökningen av undertrycket tyder på en ofullständig rening av filtret och en trolig ackumulation av partiklar från gångtid till gångtid. Analys av inkommande vatten till filterbädden under samma tidsperiod påvisade högre halt suspenderat material och turbiditet vilket indikerar att gångtiden bör kortas ned under perioder med högre halt partiklar i vattnet.



Figur 3 – Tryckmätning i EF22 med gångtid backspolning en gång i veckan. Påtaglig ökning av undertrycket, vid jämförelse med försöksvecka 3, från 2,18 mvp till 1,72 mvp. Resultatet indikerar ansamling av partiklar i filterbädden från föregående gångtider.

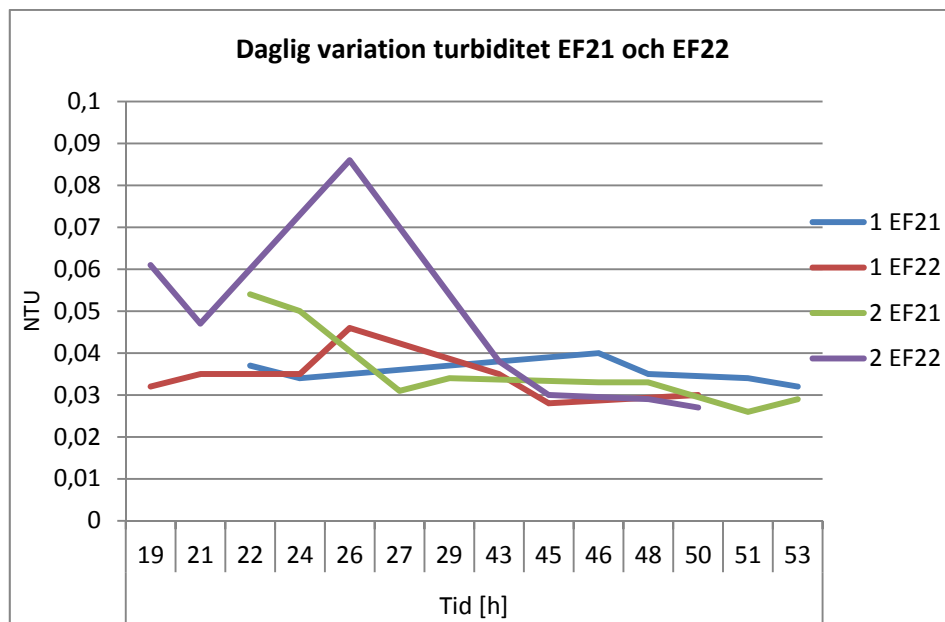
Efterföljande försöksveckor med samma gångtidinställningar, backspolning en gång i veckan, påvisar goda resultat gällande partikelackumulation och filtermotstånd, se figur 4. Resultaten från analysen av inkommande vatten för samma tidsperiod visar på en lägre halt av suspenderat material samt turbiditet i vattnet vilket stärker teorin om att anpassa gångtid efter kvalitén på inkommande vatten.



Figur 4 - Tryckmätning, EF22 med gångtid backspolning en gång i veckan. Undertrycket efter 164 timmars gångtid visar 1,82 mvp.

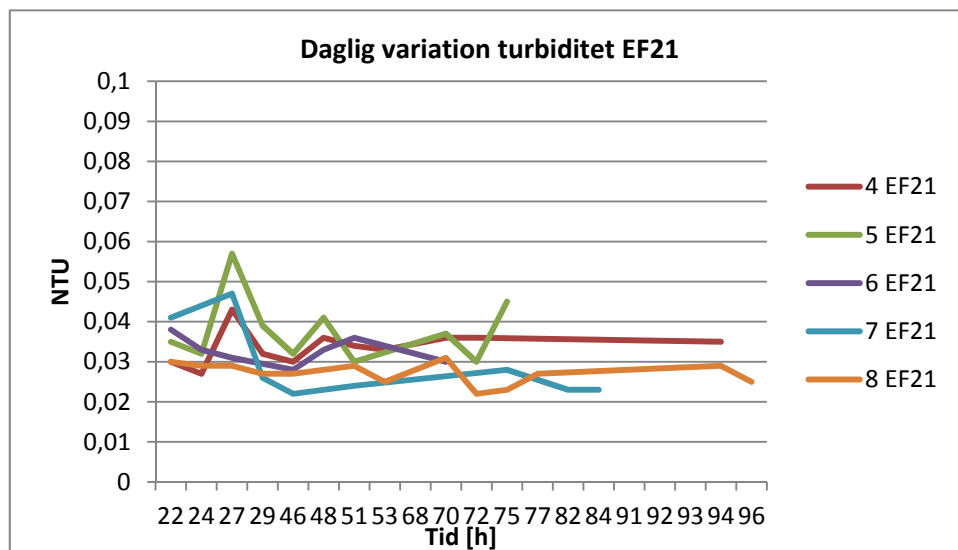
Daglig turbiditets- och aluminiumvariation

Analys av prover som insamlats dagligen på utgående vatten från filter EF21 och EF22 indikerar ett jämt partikelutflöde från filtret. Försöksvecka 1 och 2 med gångtid backspolning två gånger i veckan påvisar låg turbiditet under hela gångtiden med god marginal till gränsvärdet 0,3 NTU, samt livsmedelsverkets gränsvärde på 0,5 NTU, se figur 5.

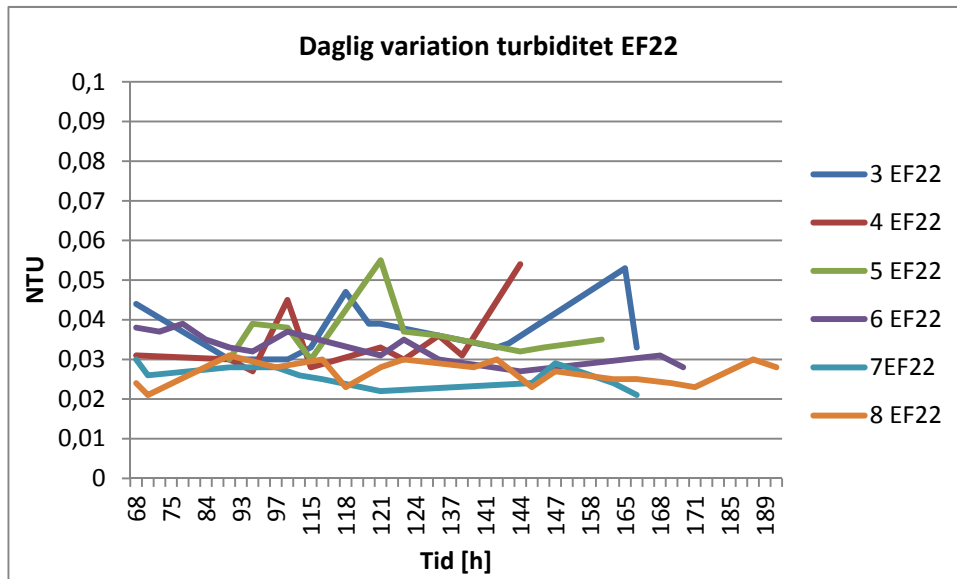


Figur 5 – Analys av daglig turbiditetsvariation på utgående vatten från filter EF21 och EF22 försöksvecka 1 och 2. Resultaten visar låga turbiditetsvärden på utgående vatten från båda filtrena.

Resultaten för samtliga försöksveckor med gångtid backspolning en gång i veckan påvisar stabila turbiditetsvärden med en svag förhöjning av turbiditeten dygnet efter backspolning, se figur 6 och figur 7. Vid tre tillfällen startades automatiskt backspolning dagen innan planerad backspolning. Loggade turbiditetstrender visar en markant höjning av turbiditeten precis innan backspolningens start och tyder på partikelgenombrott vilket antyder att gångtiden maximerats till sin gräns.

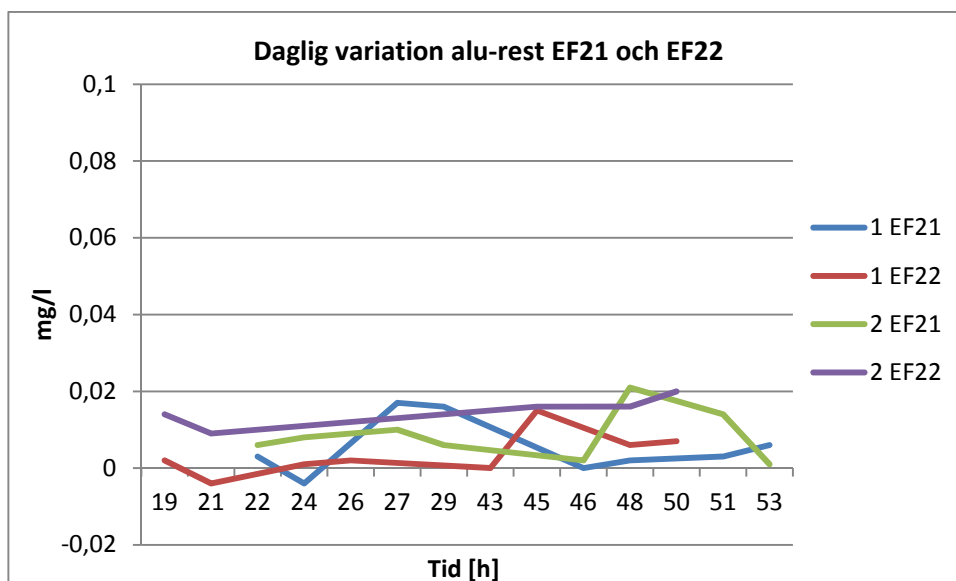


Figur 6 – Analys av daglig turbiditetsvariation på utgående vatten från filter EF21 för försöksveckor med gångtid backspolning en gång i veckan.

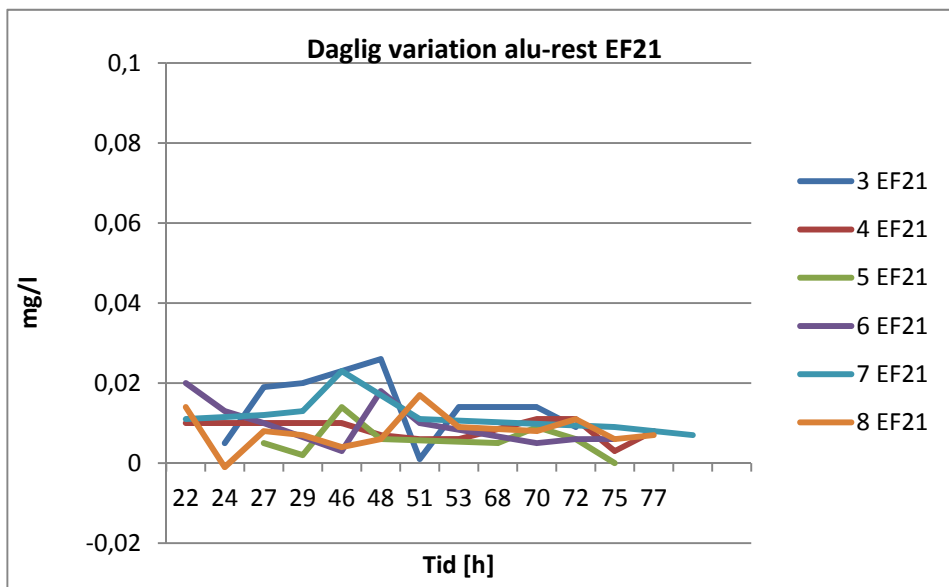


Figur 7 - Analys av daglig turbiditetsvariation på utgående vatten från filter EF22 för försöksveckor med gångtid backspolning en gång i veckan.

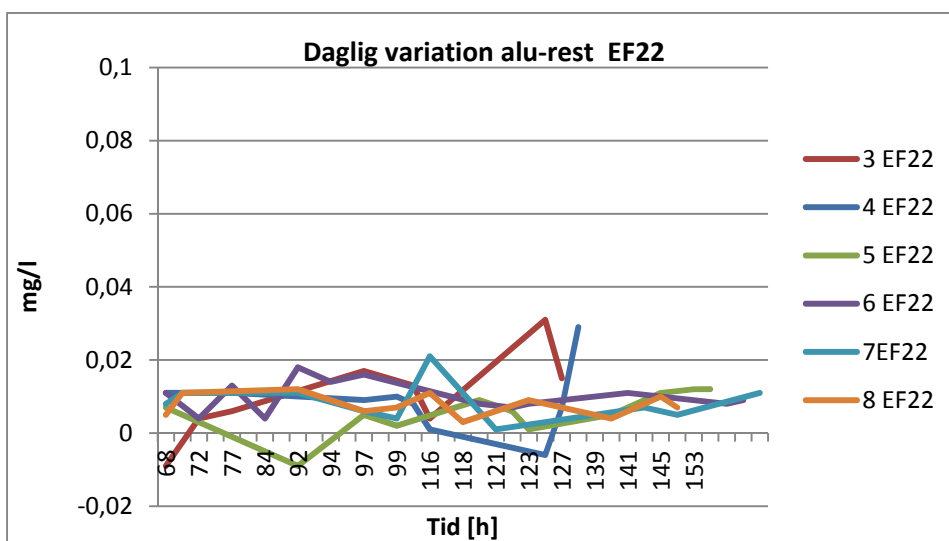
Analyserad data av aluminiumvariation på utgående vatten från filter EF21 och EF22 påvisade lägre värden än livsmedelverkets gränsvärde på 0,1mg/l för både gångtiden backspolning två gånger i veckan och backspolning en gång i veckan, se figur 8, figur 9 och figur 10. Resultaten påvisar ingen antydning till att stiga vid slutet av varken gångtid backspolning en gång i veckan eller backspolning två gånger i veckan.



Figur 8 – Analys av daglig aluminiumvariation på utgående vatten från filter EF21 och EF22, försöksvecka 1 och 2, gångtid backspolning två gånger i veckan. Resultaten påvisar låg aluminiumhalt i båda filtrena genom hela gångtiden.



Figur 9 - Analys av daglig aluminiumvariation i utgående vatten från filter EF21 försöksvecka 3 till 8, gångtid backspolning en gång i veckan. Utgående vatten från filter EF21 påvisar låg aluminiumhalt under hela gångtiden.



Figur 10 - Analys av daglig aluminiumvariation i utgående vatten från filter EF22 försöksvecka 3 till 8, gångtid backspolning en gång i veckan. Utgående vatten från filter EF21 påvisar låg aluminiumhalt under hela gångtiden.

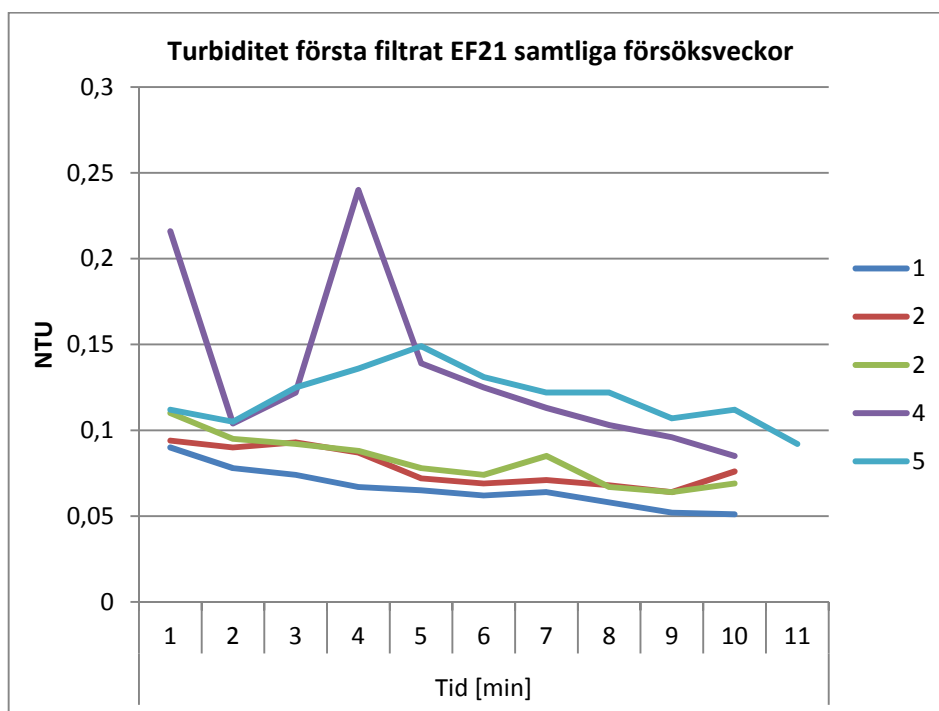
Reningskapacitet backspolning

Beräkningar av suspenderat material pålagt filterbädden samt avlägsnad suspenderat material vid backspolning, se bilaga 2, ger ett medelvärde på ca 70 % rening av filtret. För att möjliggöra beräkning av avlägsnad suspenderat material från bädden gjordes grova antaganden. Prover insamlades var 90 sekund ur backspolningsrännan. Uppmätt halt suspenderat material avlägsnat via rännan användes sedan som referensvärde för avlägsnat suspenderat material för hela 90 sekunders sekvensen. I praktiken flödar vid backspolning en större ansamling av partiklar till backspolningsrännan i pulser och beräkningsantagandet kan vara för grovt för att ge korrekt värde för filtrets reningskapacitet. En annan förklaring kan vara att halten suspenderat material i vattnet varierar med årstiden, vid vattenverket i Gäddvik är halten suspenderat material också beroende på vilka brunnar som pumpas. Försöksvecka 2 och 3 påvisade högre halter av suspenderat material på inkommande vatten vilket kan bero på snösmältning men också på konditionen i älven samt vilka brunnar som pumpas och detta kan vara en förklaring till den sämre reningskapaciteten. Eftersom tryckmätningarna inte påvisar ackumulation i filterbädden under en längre tid ligger troligtvis reningskapaciteten något högre än det beräknade värdet 70 %.

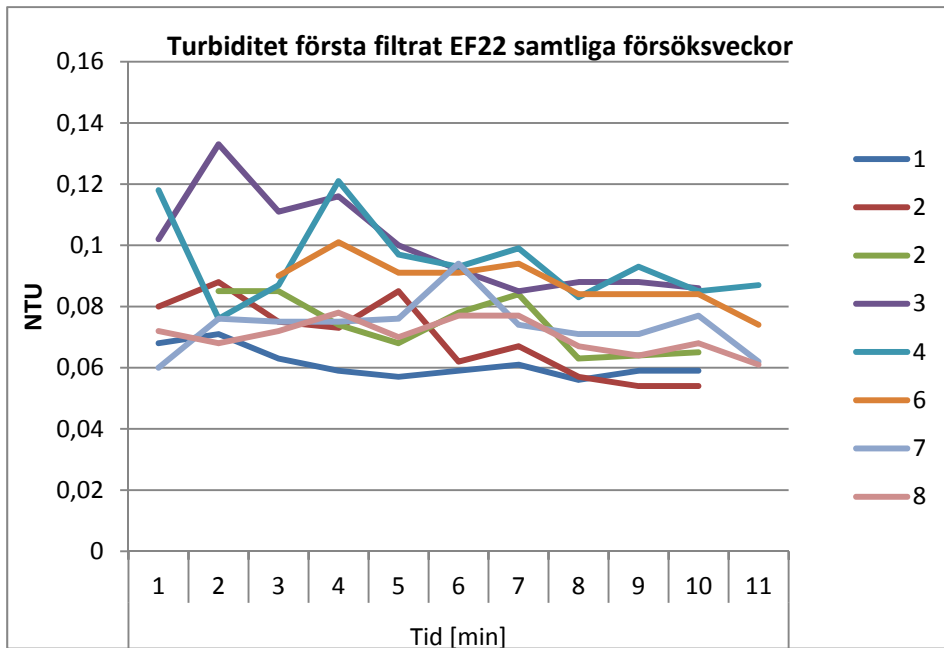
Försök att mäta filterbäddens expansion vid backspolning påvisade en höjning av filterbädden med 2 cm vid flöde 55 m/h vilket motsvarar 1 % expansion. Vid spolflöde 59 m/h ökades filterexpansionen till cirka 15 %. Varken spolflöde 55 m/h eller 59 m/h ger en optimal expansion av filtret men resultaten för samtliga analyser påvisar god kvalitet på såväl vatten och filter och därför anses ett spolflöde på 59 m/h vara tillräcklig. Fördelen med att behålla spolflöde 59 m/h är att en mindre mängd vatten flödar till backspolningsrännan.

Första filtrat

Analysen av första filtratet i EF21 och EF22 påvisade låga turbiditetsvärden för samtliga försöksveckor med något högre halt turbiditet i försöksvecka 4, se figur 11 och figur 12, vilket troligtvis beror på felkällor vid analys. Resultaten i sin helhet påvisar potential till att förkorta första filtrattiden.

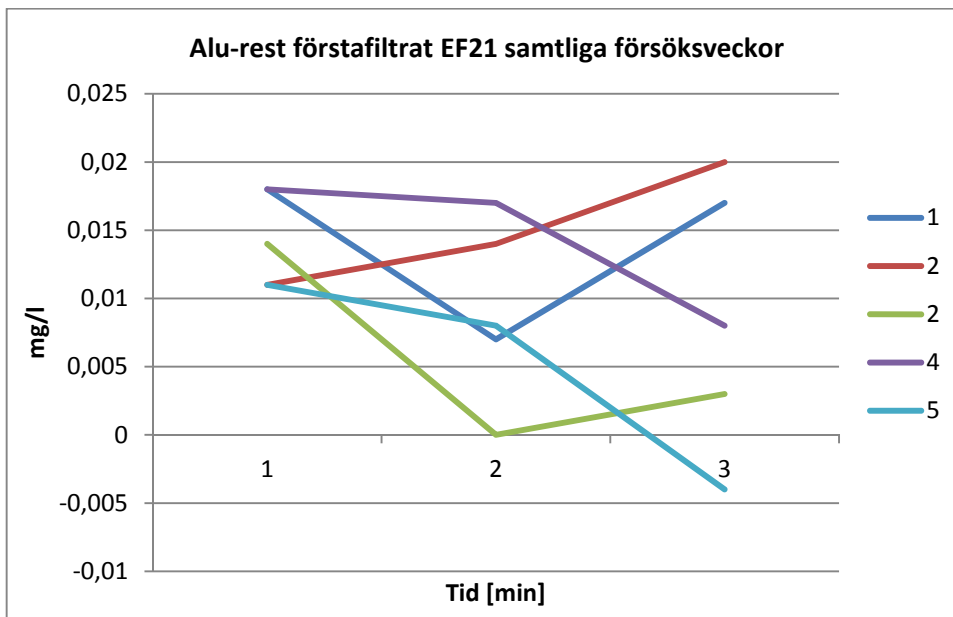


Figur 11 – Turbiditetsvärden för prover insamlade från EF21 en gång per minut genom hela första filtratet. Oavsett inställningar på gångtid samt spollöden påvisade resultaten låga turbiditetsvärden genom hela första filtrattiden.

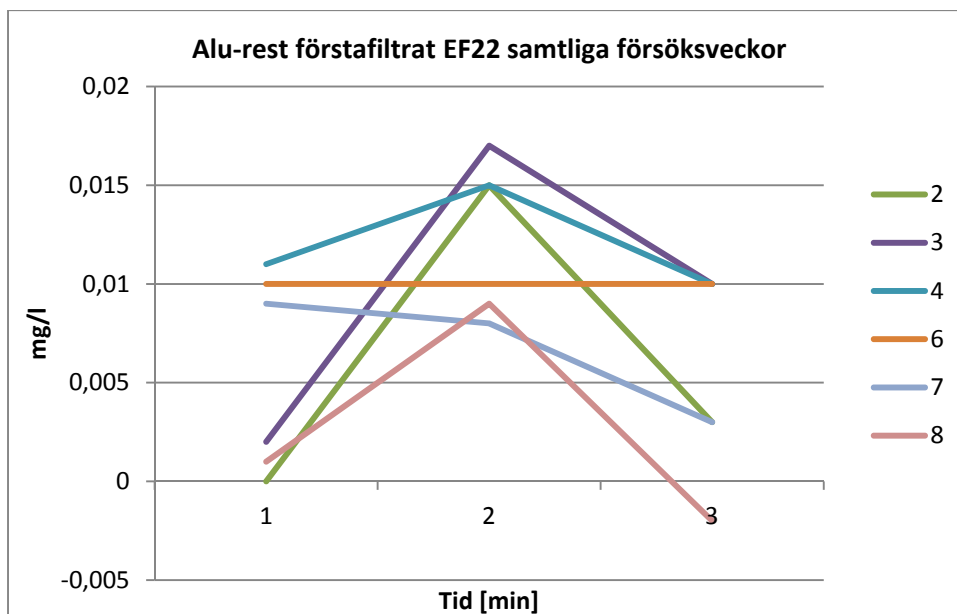


Figur 12- Turbiditetsvärden för prover insamlade från EF22 en gång per minut genom hela första filtratet. Oavsett inställningar på gångtid samt spollöden påvisade resultaten låga turbiditetsvärden genom hela första filtrattiden.

Under samtliga försöksveckor påvisade analyser av första filtratet även på låg aluminiumhalt med god marginal till livsmedelsverkets gränsvärde på 0,1 mg/l, se figur 13 och figur 14.



Figur 13 - Resultat aluminiumhalt från första filtrat, filter EF21.



Figur 14 - Resultat aluminiumhalt från förstafiltrat, filter EF22.

Förstafiltrattiden förkortades från 17,65 minuter till 11,65 minuter i försöksvecka 3 och påvisade goda resultat till att behålla fortsatta tidsinställningar. Oavsett inställd gångtid genererade respektive filter låga turbiditetsvärden samt låga halter aluminium i första filtratet. Det samma gällde oavsett flödesinställningar, vilotider samt backspolningslängd.

Slutsats

Resultaten från utredningen tyder på god kapacitet till att spara energi samt pengar i Gäddviks vattenverk. Optimala inställningar för filtrena i efterfiltreringssalen föreföll vara ett backspolningsflöde på 59 m/h vilket genererar tillräcklig expansion av filtret utan att sända ut mer vatten än nödvändigt till avlopp via backspolningsrännan. Till fas 1 i backspolningsprocessen föreföll en kombination av luft och vatten med vardera flödesinställningen 1000 m³/h och drifttid 175 sekunder vara bäst lämpad. Fas 2 förlängdes från 30 sekunder till 60 sekunder och backspolningsinställningarna för fas 3 ställdes in till 1900 m³/h vatten i drifttiden 400 sekunder. Gångtiden tycks vara maximerad till sju dagar. Första filtrattiden förkortades från 17,65 minuter till 11,65 minuter. Följande slutsatser till frågeställningarna har erhållits av utredningen.

– Hur mycket vatten kan sparas genom optimering av backspolningsprocessen?

Innan optimering av backspolningsprocessen skickades cirka 48 550 m³ vatten per år till avloppet via första filtratet. Från fas 3 spolades med backspolningsinställningarna innan optimering cirka 322 750 m³ vatten per år ut i backspolningsrännan. Totalt spolades 371 300 m³ vatten årligen ut i avloppet. Efter optimering av backspolningsprocessen i efterfiltreringssalen spolas ungefär 9 160 m³ vatten per år som första filtrat ut i backspolningsrännan och cirka 87 820 m³ vatten per år till backspolningsrännan via fas 3. Tillsammans blir volymen vatten till avlopp efter optimering 96 980 m³/år. Genom att optimera backspolningsprocessen i efterfiltreringssalen på vattenverket i Gäddvik minskar vattenvolymen till avlopp med 274 320 m³ vatten per år vilket motsvarar en minskning med cirka 75 %. Beräkningar kan ses i bilaga 3.

– Hur mycket kan energikostnaderna minskas genom att optimera backspolningarna?

Innan backspolningsoptimeringen var den totala energikostnaden för backspolningarna i efterfiltreringssalen ungefär 109 270 kr/år. Efter optimeringen är den totala energikostnaden för backspolningarna i efterfiltreringssalen 34 770 kr/år. Totalt sparas 74 500 kr/år vilket motsvarar ungefär 30 %. För att se beräkningar, se bilaga 4.

– Kan gångtiden förlängas?

Gångtiden för en backspolning har visat sig kunna förlängas från backspolning var 48: timme till backspolning var 168:e timme. Vattenverket i Gäddvik producerar vatten med fortsatt god kvalitet och har en tre gånger längre gångtid efter optimering av backspolningsprocessen.

– Hur stor är backspolningsvolymen innan optimering kontra efter optimering?

Volymen vatten som användes till backspolning innan optimering var 255 m³. Efter optimering av backspolningsprocessen används cirka 230 m³ vatten per backspolning vilket innebär en effektivisering av backspolningsvolymen med 25 m³ per backspolning. För beräkning se bilaga 3.

– Hur ser tryckfördelningen i filtret ut?

En av frågeställningarna innan utredningens start var att ta reda på vart i filterbädden den största partikelackumuleringen sker. Via tryckmätningarna i observationsrören på olika djup i filtret visar resultaten att den största partikelansamlingen sker ovanpå filterbädden samt i filtrets övre delar. Ingen ackumulering av partiklar kan avläsas längre ned i filtret.

Erfarenheter och upplevelse

Praktiken på Gäddviks vattenverk har varit enormt lärorik. Att få möjlighet att vara en del i att leda en utredning har för mig lett till personlig utveckling och vetskap att kunskaper från tidigare kurser kan appliceras i verkliga arbetsutmaningar.

Att under en period av tio veckor utreda backspolningen har varit spännande men också betydelsefullt på ett personligt plan. Det har varit en drivkraft att veta att vattenverket som försör Luleå med dricksvatten kommer att använda resultaten från mitt arbete till att optimera backspolningsprocessen. Den största utmaningen har varit att lita till egna kunskaper och erfarenheter. Den största utdelningen i kursen har för mig blivit en starkare tilltro till mina egna kunskaper och att tiden i programmet faktiskt är applicerbart i arbetslivet.

Projektet har gett en försmak på hur framtida arbeten kan gå till och en extra kick i hur enormt spännande det kommer vara att komma ut i arbetslivet. Att praktisera hos kommunen har även gett inblick i en kommunalt anställd ingenjörs vardag vilket är enormt varierande.

Kursen var bra inplanerad tidsmässigt i programmet och gav extra energi och motivation. Nu ser jag fram mot nya kurser och inom en snar framtid examen.

Bilagor

1. Försöksschema

Försöksvecka	Gångtid	Nivå	Fas 1	Fas 2	Fas 3
1 EF21	Backspolning två gånger i veckan, mån. och tors.	- 0.5 m	Luft: 2000 m ³ /h Vatten: 0 m ³ Drifftid: 240 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 60 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1900 m ³ /h Drifftid 420 s
1 EF22	Backspolning två gånger i veckan, mån. och tors.	-1,65 m	Luft: 1500 m ³ /h Vatten: 1500 m ³ /h drifftid: 75 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 27 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1900 m ³ /h Drifftid: 400 s
2 EF21	Backspolning två gånger i veckan, mån. och tors.	-1,90 m	Luft: 1500 m ³ /h Vatten: 1500 m ³ /h Drifftid: 100 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 27 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1900 m ³ /h Drifftid 400 s
2 EF22	Backspolning två gånger i veckan, mån. och tors.	-1,65	Luft: 1500 m ³ /h Vatten: 1500 m ³ /h drifftid: 75 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 27 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1900 m ³ /h Drifftid: 400 s
3 EF21	Backspolning två gånger i veckan, mån. och tors.	-1,90	Luft: 1500 m ³ /h Vatten: 1500 m ³ /h Drifftid: 100 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid 27 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1900 m ³ /h Drifftid: 400 s
3 EF22	Backspolning en gång i veckan, torsdag.	-1.65 m	Luft: 1500 m ³ /h Vatten: 1500 m ³ /h Drifftid: 75 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 27 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1900 m ³ /h Drifftid: 400 s
4 EF21	Backspolning en gång i veckan, måndag.	-1,90 m	Luft: 1000 m ³ /h Vatten: 1000 m ³ /h drifftid: 175 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 60 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1760 m ³ /h Drifftid 400 s
4 EF22	Backspolning en gång i veckan, torsdag.	-1,90 m	Luft: 1000 m ³ /h Vatten: 1000 m ³ /h drifftid: 175 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 60 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1900 m ³ /h Drifftid: 400 s
5 EF21	Backspolning en gång i veckan, måndag.	-1,90 m	Luft: 1000 m ³ /h Vatten: 1000 m ³ /h drifftid: 175 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: m ³ /h Drifftid: 60 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1760 m ³ /h Drifftid 400 s
5 EF22	Backspolning en gång i veckan, torsdag.	-1,90 m	Luft: 1000 m ³ /h Vatten: 1000 m ³ /h drifftid: 175 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 60 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1900 m ³ /h Drifftid: 400 s
6 EF21	Backspolning en gång i veckan, måndag.	-1,90 m	Luft: 1000 m ³ /h Vatten: 1000 m ³ /h drifftid: 175 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid 60 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1760 m ³ /h Drifftid 400 s
6 EF22	Backspolning en gång i veckan, torsdag.	-1,90 m	Luft: 1000 m ³ /h Vatten: 1000 m ³ /h drifftid: 175 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 60 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1900 m ³ /h Drifftid: 400 s
7 EF21	Backspolning en gång i veckan, tisdag	-1,90 m	Luft: 1000 m ³ /h Vatten: 1000 m ³ /h Drifftid: 175 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 60 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1760 m ³ /h Drifftid: 400 s
7 EF22	Backspolning en gång i veckan, fredag.	-1,90 m	Luft: 1000 m ³ /h Vatten: 1000 m ³ /h Drifftid: 175 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 60 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1900 m ³ /h Drifftid: 400 s
8 EF21	Backspolning en gång i veckan, måndag.	-1,90 m	Luft: 1000 m ³ /h Vatten: 1000 m ³ /h Drifftid: 175 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 60 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1760 m ³ /h Drifftid: 400 s
8 EF22	Backspolning en gång i veckan, fredag.	-1,90 m	Luft: 1000 m ³ /h Vatten: 1000 m ³ /h Drifftid: 175 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 0 m ³ /h Drifftid: 60 s	Luft: 0 m ³ /h Vatten: 1900 m ³ /h Drifftid: 400 s

2. Beräknad partikelpåläggning kontra partikelrensning EF22

Medelflöde genom filter 22 enligt rapport:

7/4-11/4: $10\,221,24\text{ m}^3 = 10\,221\,240\text{ l}$

14/4-21/4: $18\,146,74\text{ m}^3 = 18\,146\,740\text{ l}$

21/4-28/4: $17\,886,98\text{ m}^3 = 17\,886\,980\text{ l}$

Uppmätt suspenderatmaterial inkommande vatten till filter enligt Alcontrol:

11/4: $20\text{ mg/l} = 2 \cdot 10^{-5}\text{ kg/l}$

21/4: $20\text{ mg/l} = 2 \cdot 10^{-5}\text{ kg/l}$

28/4: $7\text{ mg/l} = 0,7 \cdot 10^{-5}\text{ kg/l}$

Beräknad pålagd suspenderat material till filter:

7/4-11/4: $10\,221\,240\text{ l} \cdot 2 \cdot 10^{-5}\text{ kg/l} = 204,4248\text{ kg}$

14/4-21/4: $18\,146\,740\text{ l} \cdot 2 \cdot 10^{-5}\text{ kg/l} = 362,9348\text{ kg}$

21/1-28/4: $17\,886\,980\text{ l} \cdot 2 \cdot 10^{-5}\text{ kg/l} = 125,20886\text{ kg}$

Uppmätt suspenderat material utgående vatten från filtret enligt Alcontrol:

$2,5\text{ mg/l} = 2,5 \cdot 10^{-6}\text{ kg/l}$

Beräknad utgående mängd suspenderat material från filter:

7/4-11/4: $10\,221\,240\text{ l} \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}\text{ kg/l} = 25,5531\text{ kg}$

14/4-21/4: $18\,146\,740\text{ l} \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}\text{ kg/l} = 45,36685\text{ kg}$

21/1-28/4: $17\,886\,980\text{ l} \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}\text{ kg/l} = 44,71745\text{ kg}$

Beräknad reningskapacitet vid backspolning 11/4-16:

Tabell 1 – Analys av prover tagna från backspolningsrännan i EF22 vid backspolning med gångtid backspolning två gånger i veckan (7/4-11/4). Proverna är analyserade av Alcontrol för suspenderat material och proverna är tagna i tidsintervall om 90 sekunders sekvenser.

Tid	0-90 s	90-180	180-270	270-360	360-400
Susp.[mg/l]	140	71	51	16	5,1

Flödesinställning backspolning fas 3: $1900\text{ m}^3/\text{h}$

Tidsinställning backspolning fas 3: 400 s

Nedan följer beräkning av backspolningens reningskapacitet under första tidsintervallet 0-90 sekunder. Volymen vatten som spolas till rännan under 90 sekunder beräknas enligt ekvation [1]

$$V=Q \cdot t \quad [1]$$

Där:

Q = Backspolningsflöde [m^3/h]

t = Tid [s]

V = Volym [m^3]

$$V= 1900\text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,025\text{ h} = 47,5\text{ m}^3 = 47\,500\text{ l}$$

Beräknad suspenderat material som följer med volymen vatten ut i rännan under de första 90 sekunderna beräknas enligt [2]

$$\text{STR} = \text{AS} \cdot V$$

[2]

Där:

STR = beräknat utflöde av suspenderat material till backspolningsrännan under tidsperioden (Susp. till ränna)

AS = Analyserat suspenderat material för tidsperioden, se tabell 1

$$\text{STR} = 14 \cdot 10^{-5} \text{ kg/l} \cdot 47500 \text{ l} = 66,5 \text{ kg}$$

Beräknat utflöde suspenderat material för resterande tidsperioder:

Tidsperiod 90-180 s: STR = 33,725 kg

Tidsperiod 180-270 s: STR = 24,225 kg

Tidsperiod 270-360 s: STR = 7,6 kg

Suspenderat material som rensas ut till backspolningsrännan under tidsperioden 360- 400 s beräknas enligt ekvation [1] men med parametervärden

$$Q = 1900 \text{ m}^3$$

$$t = 40 \text{ s} = 0,011 \text{ h}$$

till

$$V = 1900 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,011 \text{ h} = 20,9 \text{ m}^3 = 20900 \text{ l}$$

Enligt ekvation [2] beräknas massan suspenderat material under tidsperiod 360-400 s till

$$\text{STR} = 0,51 \cdot 10^{-5} \text{ kg/l} \cdot 20900 \text{ l} = 1,0659 \text{ kg}$$

Genom att addera samtlig mängd suspenderat material ut i backspolningsränna från alla tidsperioder får ett värde för backspolningens reningskapacitet den 11/4-16.

$$\text{Tot. STR} = 66,5 + 33,725 + 24,225 + 7,6 + 1,0659 = 133,1159 \text{ kg}$$

Partikelinflöde till filter: 204 kg

Partikelutflöde från filter: 25,5531 kg

Partikelrensning vid backspolning: 133,1159 kg

Reningskapacitet: 75 %

Beräknad reningskapacitet backspolning 21/4-16

Tabell 2- Analys av prover tagna från backspolningsrännan i EF22 vid backspolning med gångtid backspolning en gång i veckan (11/4-21/4). Proverna är analyserade av Alcontrol för suspenderat material och proverna är tagna inom specifika tidsintervall om 90 sekunder.

Tid	0-90 s	90-180	180-270	270-360	360-400
Susp.[mg/l]	140	71	51	16	5,1

Flöde: 1900 m³ /h

tid: 400 s

Beräkningar med ekvation [1] och [2] ger följande värden på STR för varje tidsperiod:

Tidsperiod 0-90 s: STR = 66,5 kg

Tidsperiod 90-180 s: STR = 33,725 kg

Tidsperiod 180-270 s: STR = 24,225 kg

Tidsperiod 270-360 s: STR = 7,6 kg
Tidsperiod 360-400 s: STR = 1,0659 kg

Sammanlagt värde för reningskapaciteten av filter EF22 vid backspolning den 11/4-16:

Tot. STR = 66,5 + 33,725 + 24,225 + 7,6 + 1,0659 = 133,1159 kg

Partikelinflöde till filter: 362,9348 kg
Partikelutflöde från filter: 45,36685 kg
Partikelrensning vid backspolning: 133,1159 kg
Reningskapacitet: 42 %

Beräknad reningskapacitet backspolning 28/4-16

Tabell 3 - Analys av prover tagna från backspolningsrännan i EF22 vid backspolning med gångtid backspolning en gång i veckan (21/4-28/4). Proverna är analyserade av Alcontrol för suspenderat material och proverna är tagna inom specifika tidsintervall om 90 sekunder.

Tid	0-90 s	90-180	180-270	270-360	360-400
Susp.[mg/l]	780	490	290	70	33

Flöde: 1760 m³ /h
tid: 400 s

Beräkningar med ekvation [1] och [2] ger följande värden på STR för varje tidsperiod:

Tidsperiod 0-90 s: STR = 34,32 kg
Tidsperiod 90-180 s: STR = 21,56 kg
Tidsperiod 180-270 s: STR = 12,76 kg
Tidsperiod 270-360 s: STR = 3,08 kg
Tidsperiod 360-400 s: STR = 0,63888 kg

Sammanlagt värde för reningskapaciteten av filter EF22 vid backspolningen den 21/4-16:

Tot. STR = 34,32 + 21,56 + 12,76 + 3,08 + 0,63888 = 72,35888 kg

Partikelinflöde till filter: 125,20886 kg
Partikelutflöde från filter: 44,71745 kg
Partikelrensning vid backspolning: 72,35888 kg
Reningskapacitet: 90 %

3. Beräknad volym vatten till avlopp innan kontra efter optimering

Innan optimering av backspolningsprocessen i efterfiltreringsalen

Vatten från filter till backspolningsränna i fas 3

Backspolningsinställningar

$$t = 420 \text{ s} = 0,1166 \text{ h}$$

$$Q = 1900 \text{ m}^3/\text{h}$$

Där:

$$t = \text{tid [s]}$$

$$Q = \text{flöde [m}^3/\text{h]}$$

$$\text{VTR} = \text{vatten till ränna} = t \cdot Q = 0,1166 \text{ h} \cdot 1900 \text{ m}^3/\text{h} = 221,66654 \text{ m}^3/\text{backspolning}$$

$$\text{Antal backspolningar/vecka} = 3,5 \text{ st}$$

$$\text{VTR} = 221,66654 \text{ m}^3 \cdot 3,5 = 775,83289 \text{ m}^3/\text{vecka}$$

$$\text{VTR} = 775,83289 \text{ m}^3/\text{vecka} \cdot 52 = 40\,343,31 \text{ m}^3/\text{år}$$

$$\text{Total VTR} = 40\,343,31 \text{ m}^3/\text{år} \cdot 8 \text{ st filter} = 322\,746,48 \text{ m}^3/\text{år}$$

Vatten från filter till avlopp första filtrat:

$$\text{Första filtrattid} = 17,67 \text{ min} = 0,2945 \text{ h}$$

$$\text{Flöde ut ur filter} = 113,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{FTA} = \text{filtrat till avlopp} = 113,2 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,2945 \text{ h} = 33,3374 \text{ m}^3/\text{backspolning}$$

$$\text{FTA} = 33,3374 \text{ m}^3 \cdot 3,5 = 116,6809 \text{ m}^3/\text{vecka}$$

$$\text{FTA} = 116,6809 \text{ m}^3 \cdot 52 = 6067,4068 \text{ m}^3/\text{år}$$

$$\text{Total FTA} = 6067,4068 \text{ m}^3/\text{år} \cdot 8 \text{ st} = 48\,539,254 \text{ m}^3/\text{år}$$

Totalt vatten till avlopp

$$\text{Total VTR} + \text{Total FTA} = 322\,746,48 \text{ m}^3/\text{år} + 48\,539,254 \text{ m}^3/\text{år} = 371\,285,73 \text{ m}^3/\text{år}$$

Efter optimering av backspolningsprocessen i efterfiltreringsalen

Vatten från filter till backspolningsränna fas 3

Backspolningsinställningar

$$t = 400 \text{ s} = 0,1111 \text{ h}$$

$$Q = 1900 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{VTR} = 0,1111 \text{ h} \cdot 1900 \text{ m}^3/\text{h} = 211,11109 \text{ m}^3/\text{backspolning}$$

$$\text{VTR} = 211,11109 \text{ m}^3 \cdot 52 = 10977,776 \text{ m}^3/\text{år}$$

$$\text{Total VTR} = 10\,977,776 \text{ m}^3/\text{år} \cdot 8 \text{ st filter} = 87\,822,208 \text{ m}^3/\text{år}$$

Vatten från filter till avlopp första filtrat:

$$\text{Första filtrattid} = 11,67 \text{ min} = 0,1945 \text{ h}$$

$$\text{Flöde ut ur filter} = 113,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{FTA} = \text{filtrat till avlopp} = 113,2 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,1945 \text{ h} = 22,0174 \text{ m}^3/\text{backspolning}$$

$$\text{FTA} = 22,0174 \text{ m}^3 \cdot 52 = 1\,144,9048 \text{ m}^3/\text{år}$$

$$\text{Total FTA} = 1\,144,9048 \text{ m}^3/\text{år} \cdot 8 \text{ st} = 9\,159,2384 \text{ m}^3/\text{år}$$

Totalt vatten till avlopp

$$\text{Total VTR} + \text{Total FTA} = 87\,822,208 \text{ m}^3/\text{år} + 9\,159,2384 \text{ m}^3/\text{år} = 96\,981,446 \text{ m}^3/\text{år}$$

4. Beräknad energikostnad före optimering kontra efter optimering

Före optimering av backspolningsprocessen

Förbrukad kWh/backspolning = 8 kWh

Fas 1 förbrukar 1 kWh i 0,0666 h

Fas 3 förbrukar 7 kWh i 0,1166 h

Antal kW beräknas enligt ekvation [3]

$$P(\text{kW}) = E(\text{kWh}) / t(\text{hr}) \quad [3]$$

$$P_1 = 1 / 0,0666 = 15,015 \text{ kW}$$

$$P_2 = 7 / 0,1166 = 60,034 \text{ kW}$$

$$\text{Total } P = 15,015 + 60,034 = 75,049 \text{ Kw/backspolning}$$

Antal backspolningar i veckan = 3,5 st

$$\text{Förbrukad kW per vecka} = 75,049 \cdot 3,5 = 262,673 \text{ kW}$$

$$\text{Förbrukad kW per år} = 262,673 \cdot 52 = 13658,973 \text{ kW}$$

Pris per kW=1 kr

$$\text{Energikostnad för att backspola ett filter per år} = 13658,973 \text{ kr/år}$$

$$\text{Total energikostnad per år} = 13658,973 \text{ kr} \cdot 8 \text{ st filter} = 109\,271,78 \text{ kr/år}$$

Efter optimering av backspolningsprocessen

Förbrukad kWh/backspolning = 8 kWh

Fas 1 förbrukar 1 kWh i 0,0486 h

Fas 3 förbrukar 7 kWh i 0,1111 h

$$P_1 = 1 / 0,0486 = 20,576 \text{ kW}$$

$$P_2 = 7 / 0,1111 = 63,006 \text{ kW}$$

$$\text{Tot } P = 20,576 + 63,006 = 83,582 \text{ Kw/backspolning}$$

Antal backspolningar i veckan = 1 st

$$\text{kW per år} = 83,582 \text{ kW} \cdot 52 = 4\,346,280 \text{ kW}$$

Pris per kW=1 kr

$$\text{Energikostnad för att backspola ett filter per år} = 4\,346,280 \text{ kr}$$

$$\text{Total energikostnad} = 4\,346,280 \text{ kr} \cdot 8 \text{ st filter} = 34\,770,836 \text{ kr/år}$$