

Mekanisk rening

Det inkommande vattnet behandlas först mekaniskt när det anlönt till reningsverket. I vissa fall innebär förbehandlingen även kemisk fällning. Den mekaniska behandlingen består i att avlägsna fasta föroreningar i det inkommande vattnet. Tre huvudbehandlingssteg används

1. Galler (alternativt silar)
2. Sandfång (alternativt silar)
3. Försedimentering

De olika stegen tar bort allt mindre partiklar. Utan den mekaniska förbehandlingen skulle föremål och partiklar följa med vattnet in i verket och orsaka driftproblem. Slitage och igensättningar är några av de problem som uppstår i ett reningsverk med begränsad (mekanisk) förbehandling. Dessutom skulle verket se "skräpigt ut" med flytande föremål i olika anläggningsdelar.

I de fall förbehandlingen innehåller kemisk fällning fälls en del av de lösta föroreningarna ut för att till största delen avskiljas i försedimenteringen. Primärt är det fosforföreningar som fälls ut men även avskiljning av suspenderat och organiskt material ökar vid kemisk fällning.

Den totala uppehållstiden i förbehandlingen ligger runt 2-3 timmar. Efter förbehandling leds vattnet vanligen vidare till det biologiska steget. Ett fåtal verk har förbehandling inklusive kemisk fällning som sina enda reningssteg. Reningsverken benämns då direktfällningsverk.

Historiskt sett är förbehandlingen det som först byggdes ut när reningsverk började anläggas. Förbehandlingen är det steg i reningsverket som ger störst reningseffekt för de satsade pengarna. Reningsgraden är dock inte tillräcklig för dagens höga utsläppskrav.

Galler, sandfång och förluftning

Galler kan ha många utformningar. Vanligen består gallren av metallstavar som sitter monterade på ett visst avstånd från varandra. Den s.k. spaltvidden varierar. De traditionella grovgallren har en spaltvidd på 20-30 mm. De nyare fingallren har en spaltvidd på 3-10 mm.

Föremål och partiklar med en diameter som överstiger spaltvidden fastnar i gallret. Det fastnade rensat tas bort med krattor eller rensarmar som med jämna tidsintervall förs över gallrets yttre sida. Rensningen av gallren kan även styras via tryckfallsmätning över gallret. När inkommande vatten däms över en viss nivå startar krattorna.

Det från filtren borttagna rensat transporteras på band eller med skruvar till en avvattningsutrustning där vatten avskiljs. Det pressade rensat transporteras vidare till en container i väntan på transport till deponi.

Avskiljningsgraden över gallren varierar med bl.a. spaltvidd och flöde. Grovgallren släpper igenom del partiklar och flytande föremål. Dessa ansamlas i flytslamavdrag och i lugnzoner på olika håll i

verket. Problematiskt brukar ansamlingen i rötkamrarna vara, speciellt om omrörningen i övre delen av rökammaren är dålig eller ytslamavdrag saknas.

Rens som kommit in i verket avskiljs antingen med primär- och överskottsslamuttag eller via ytslamavdragen. Ibland måste flytande föremål som "fångats" in i bassänger utan bra ytslamavdrag tas bort manuellt. Renset kan också fastna på i vattnet utstickande föremål såsom omrörare och mätsonder. Rengöring måste planeras oftare för dessa detaljer i verk med grovgaller än i de verk som har fingaller. Igensättning av pumpar och ventiler är andra effekter av rens som passerat inkommande galler.

Den till verket inkommande mängden rens varierar framförallt med flödet och vädret. Långa perioder med uppehållsväder och låga flöden gör att rens ansamlas i ledningar, tunnlar och pumpstationer. Mindre mängder av rens än normalt kommer till verket.

När så flödet åter ökar till verket kommer det sedimenterade och ansamlade rensat att följa med avloppsvattnet till reningsverket. Betydligt mer rens än normalt kommer till verket ofta under en kort tid. Denna first flush innehåller mycket föroreningar. Gallren kan i värsta fall sätta igen med omfattande bräddning som följd.

Det gäller att utforma ledningsnätet så att tillräckligt höga hastigheter uppnås i ledningarna. Självrensningen av ledningarna måste tryggas, även vid låga flöden.

Även om gallren lyckats fånga in det mesta av rensat, trots hög belastning, kan renstransporten sätta igen och rensavvattningen försämrats eller upphöra. Viktigt att komma ihåg är att renscontainrar måste tömmas i god tid för att ha en viss beredskap för en ökad belastning. Översvämmade renscontainrar är varken roligt eller hygieniskt att ta hand om.

Rengöring av pumpstationer där ansamlat flytande rens leds till reningsverket innebär en avsevärd stöbelastning på galler och verk, förutom rens rörs mycket gammal "svart och utrotat" slam upp som kräver fällningskemikalier och förbrukar luft i reningsverket.

Sandfången har som sin uppgift att avskilja partiklar med en diameter större än ca 0,15 mm. Detta innebär att sand, frön och kaffesump skall avskiljas i sandfånget men inte slam. Sandfånget utformas för att ett lämplig hastighet skall uppnås i sandfånget. Den linjära vattenhastigheten sätts ofta till att vara 0,3 m/s för att undvika sedimentering av slam.

Sandfången kan vara luftade eller oluftade. I ett luftat sandfång sker flera processer samtidigt. Vattenhastigheten blir den rätta med hjälp av luftströmningen, eventuellt tillsatt tvåvärt järn kan oxideras, kemisk flock byggs upp och fett avskiljas på sandfångets yta.

Sanden som avskiljs pumpas upp till en sandavvattare och i vissa fall även till en sandtvätt. Efter avvattning samlas sanden i containrar för transport till deponi.

Utan sandfången hade sand och partiklar som inte avskiljts i gallren passerat vidare in till det biologiska steget. Slitage på utrustning, däribland pumpar, och ansamling av sand på botten i luftnings-

bassängen hade ökat. En viss ansamling sker alltid i bassängerna. Värst brukar problemen vara i luftningsbassänger och rötkammare. Sandfångens funktion och tömningsintervallet för bassängerna avgör omfattningen av sandackumuleringen.

Förluftningen fyller flera funktioner. Uppluftning av det inkommande vattnet för att undvika dålig lukt, oxidation av eventuellt tillsatt tvåvärt järn. Förluftningen kan anpassas för att fungera som flockningskammare vid förfällning. Här är det viktigt att anpassa den tillförda luftmängden så att inte de bildade flockarna slås sönder av en alltför kraftig luftning. På en del reningsverk fungerar förluftningen som fördelningskanal för flödet in till försedimenteringsbassängerna.

Luftningen får dock inte vara för dålig så att sedimentering av sand och slam sker i förluftningen. Mycket höga flöden efter en lång tids torka kan ge så stora sandmängder att sandfånget inte hinner med utan sanden avskiljs först i förluftningen. I förluftningen bildas gärna flytslam i eventuella lugnzoner. Flytslammet innehåller oftast mest fett. Vid oljeutsläpp på ledningsnätet kan olja och andra petroleumprodukter ansamlas på ytan i sandfång och förluftning.

Ett annat fenomen är att flyktiga komponenter kan drivas av i förluftningen. Utsläpp av lösningsmedel upptäcks ofta först i det luftade sandfånget eller i förluftningen.

Kemisk rening

Förfällning med olika metallsalter

En kemisk fällning som genomförs före biologisk behandling kallas förfällning. Vid denna metod tillsätts fällningskemikalien oftast i verkets inloppsränna och flockbildningen sker i sandfånget eller i förluftningen och flockavskiljningen i försedimenteringsbassängen. Som ett fällningsmedel kan användas olika metallsalter. Ett metallsalt tillsatt till avloppsvatten faller ut löst fosfor i form av ett svårslösligt metallfosfat. Samtidigt faller metallhydroxid ut som bildar geléartade flockar. Dessa flockar binder de utfällda metallfosfaterna samt övriga i vattnet förekommande suspenderade ämnen. Det innebär att vid kemisk fällning reduceras inte bara löst fosfor utan även organiskt bunden fosfor och suspenderat material.

Utfällningen och flockbildningen är starkt beroende av pH-värdet i avloppsvattnet. De bildade fällningarna upplöses både vid för låga och för höga pH-värden. För varje fällning (skemikalie) finns ett visst pH-värde där den har sin lägsta löslighet. Utfällningsreaktionerna sker relativt snabbt medan flockbildningen är en långsammare process. En effektiv utfällning kräver en snabb och bra inblandning av fällningsmedel med avloppsvatten. Flockuppbyggnaden gynnas i första fasen av hög turbulens som bör minska i takt med att flockarna växer i storlek. I slutet av flockuppbyggnaden strävar man efter låg turbulens för att de bildade stora flockarna inte skall slås sönder.

Vid kemisk fällning används framförallt salter av järn och aluminium. För salter av tvåvärt järn fordras att tvåvärda järnjoner först oxideras till trevärda joner som har förmåga att bilda en gelatinös hydroxidfällning. Tvåvärda järnjoner kan bilda svårslösliga fosfatfällningar men saknar flockbildande hydroxidfällningar.

Erforderlig doseringsmängd av fällningsmedel är framförallt beroende av fosforhalten i avloppsvatten och pH-värde. I vissa fall kan bättre resultat erhållas vid högre dosering vilket inte behöver bero på att mer metalljoner tillförs för själva fällningen utan på att den ökade doseringen medför ett lägre pH-värde, vilket ger bättre flockbildning och därmed bättre avskiljning. Detta kan gälla framförallt för aluminiumsulfat som har ett smalt pH-intervall för lämplig utfällning. Detta bästa pH-intervall kan variera beroende på avloppsvattnets sammansättning men för de flesta fallen kan antas intervallet mellan 5,7 och 6,3. Vid fällning med järnsulfat sker utfällning inom ett bredare pH-intervall än vid fällning med aluminiumsulfat. Lämpliga pH-värden är mellan 5,5 och 7,5. Vid optimering av kemikaliedosen för förfällning ska man även ta hänsyn till processer i det efterföljande biologiska steget. Förfällning med metallsalter minskar alkaliniteten i försedimenterat vatten.

Fällning med järn ger större slammängder (räknat som torrsubstans) än fällning med aluminium. Samtidigt brukar järnslam ha bättre avvattningssegenskaper än aluminiumslam.

Innan man väljer fällningskemikalie bör man alltid genomföra fällningsförsök, först i laboratorieskala och sedan i stor skala på verket. Det förekommer att resultaten erhållna i laboratorieskala avviker från resultaten i stor skala. Resultaten uppnådda i laboratorieskala brukar vara bättre än i stor skala på att det är lättare att erhålla optimala förhållanden för fällningen i laboratorium än i verkligheten på verket.

Genomförda fällningsförsök på Stockholm Vattens reningsverk visade att vid användning av fällningskemikalier som innehåller trevärt järn eller aluminiumjoner kan uppnås reduktion bättre av avloppsvattenföroreningar över försedimenteringen än vid användning av fällningsmedel innehållande tvåvärt järn. Reduktionen över försedimenteringen kan uppgå till:

SS > 80 %
COD > 60%
Tot-P > 60%.

Den goda avskiljningen över försedimenteringen ger en avlastning av biosteget och medför minskning av överskottsslamproduktion vilket föranleder högre slamålder. Det ger bra betingelser för tillväxt av nitrifikationsbakterier. Den organiska andelen av slammet i luftningsbassänger kan öka till ca 75 %. Slamhalten i luftningsbassängerna kan då minskas, vilket kan ha positiv effekt på nitrifikationshastigheten. Det kan bidra till bättre tillgång av syre till nitrifikationsbakterier inne i flockarna. En bättre diffusion av syre i flockarna kan medföra lägre värde för halvmättnadskonstanten. Detta innebär att slamhalterna i luftningsbassänger kan hållas lägre utan risk för minskning av nitrifikationsgrad och samtidigt minskar risken för slamflykt. Lägre föroreningshalter i försedimenterat vatten är även av betydelse vid höga flöden. När delar av det försedimenterade vattnet måste ledas förbi biologiska steget vid slamflykt är renare bräddvatten önskvärt för att ej förkorta filtrens gångtid. Ju längre gångtid av filter desto mindre mängd av spolvatten från filter och mindre intern belastning.

I Bromma reningsverks fall kan en förbättrad avskiljning över försedimenteringen ge en betydlig minskning av överskottsslamproduktion, vilket kan innebära att allt överskottsslam skulle kunnas förtjockas i den befintliga centrifugen. På detta sätt kan recirkulation av överskottsslammet till inloppet undvikas. Det innebär att belastningen över försedimenteringen minskar. Det innebär också att material som är svårt sedimenterbart kan snabbare separeras från processen vilket bidrar till bättre sedimenteringsegenskaper av slammet och ytterligare högre separation av suspenderat material över försedimenteringen. Centrifugering av allt producerat överskottsslam ger en bra möjlighet för snabb utpumpning av besvärligt slam t ex slam innehållande *Microthrix parvicella*. Samtidigt minskad andel av överskottsslam i allmän produktion av slam gynnar rötnings- och avvattningsprocessen.

En effektiv förfällning kan påverka processen positivt i hela verket, såväl på vattensidan som på slam-sidan. Av stor betydelse är användning av fällningskemikalier som innehåller låga halter av tungmetaller för att inte tillåta dess ackumulering.

Biologisk rening

I biosteget används mikroorganismer och då främst olika bakterier för biologisk rening av det förbehandlade vattnet. Två huvudsakliga processer förekommer, suspenderade processer och biofilmprocesser.

Aktivslamprocessen utvecklades i England runt sekelskiftet för att förhindra att vattendragen skulle bli ytterligare nedsmutsade. Vattendragen var inte bara recipienter för obehandlat avloppsvatten utan även råvattentäkt för samhällen som lågs nedströms utsläppspunkten för avloppsvattnet. Den biologiska reningen som infördes härjade vattendragens egen självrening, fast i en betydligt kompaktare form. Det syretärande avloppsvattnet fick nu sitt syrebehov i reningsverkets biologiska steg.

Aktivslam processen bygger på att flockar som till huvuddelen består av organiskt material i form av bakterier hålls svävande med luft- och ibland även med mekanisk omrörning. Bakterierna bryter ned det organiska materialet varvid koldioxid och vatten frigörs samtidigt som ny biomassa byggs upp. Efter passage av aktivslambassängen följer slammet med det utgående vattnet. Slammet tillåts sedimentera i den efterföljande mellan- eller eftersedimenteringen.

En stor del av slammet pumpas med returslampumparna tillbaka till luftningsbassängens början där det blandas med "nytt" inkommande vatten. Slamrecirkulationen är nödvändig för att upprätthålla en tillräcklig slamhalt i luftningsbassängen. En liten delström med överskottsslam, dvs det nettoproducerade slammet, tas ut från systemet.

Dimensionerade för ett aktivslamsteg är antingen volymbelastning eller slambelastning mätt som kgBOD7/m^3 , respektive kgBOD7/kgSS . Belastningen på biosteget räknas antingen som volymbelastning, kgBOD7/m^3 , eller slambelastning, kgBOD7/kgMLSS .

Reningsgraden är i allmänhet mycket hög och jämn, mellan 90-95% reduktion av organiskt material mätt som BOD7.

I biosteget avskiljs förutom organiskt material, mätt som BOD7 och COD, även suspenderat material, kväve, fosfor och oorganiska lösta och fasta ämnen däribland metaller. Reduktionsgraden varierar.

I biosteget sker ett antal reaktioner; Fysikalisk/kemisk adsorption och absorption, kemisk fällning och inte minst biokemiska reaktioner och mikrobiella processer som tillväxt och nedbrytning. Dessa processer sker samtidigt och det är svårt att avgöra vilken process som gör vad i det komplexa systemet. Det är följaktligen svårt att exakt svara på frågor om processerna i biosteget.

De biokemiska och mikrobiella processerna är känsliga för störningar, hämningar och förgiftningar. Höga flöden i biosteget kan t.o.m. spola ut den aktiva biomassan i en sklamflykt. Biosteget måste därför skyddas mot onormala påverkningar såsom höga slam- och hydrauliska belastningar, hämmande och toxiska ämnen.

Förvarningssystem om flödesökningar och tillskott av hämmande ämnen kan förbättra driftsäkerheten och höja anläggningens tillgänglighet.

Exempelvis bör höga flödestoppar hellre ledas förbi biosteget under någon eller några timmar än ledas till biosteget varvid det aktiva slammet spolats ut ur systemet. Urspolningen får flera allvarliga konsekvenser bl a förlorad aktivitet i biosteget och höga utsläppta halter av suspenderad substans, fosfor och BOD7.

Biostegets känsliga egenskaper gör att steget ofta är reningsverkets flaskhals, speciellt när biologisk kvävereduktion bedrivs i verket.

Biosteget - slamålder - begrepp och innebörd

Slamålder är ett viktigt och centralt begrepp i biosteget. Slamåldern är den tid som slammet i medeltal befinner sig i biosteget. Reproduktionen eller tillväxten av bakterier är olika för olika arter. Bakterier växer och dör i en ständig dynamik.

Biosteget består vanligen av aktivslambassänger med tillhörande mellan- eller slutsedimenteringsbassänger. En viss mängd slam måste finnas i biosteget för att nedbrytning av organiskt material skall kunna ske. Biologisk kväve- och fosforreduktion ökar behovet av slam och reaktorvolym. Vid de biologiska processerna såsom nedbrytning av organiskt material produceras slam. Slammet består av nyuppsydd cellmassa, utfällning av metallsalter, främst järn och aluminium men även kalcium samt nedbrytningsrester.

Summan av det kontinuerligt producerade slammet måste tas ut genom pumpning från biosteget och benämns överskottsslam. Produktionen av överskottsslam kan mätas som den slammängd som tas ut från biosteget. Ofta relateras överskottsslamproduktionen till den till biosteget inkommande BOD7-mängden. Mängden överskottsslam beror bl.a. på om reningsverket har för- och simultanfällning eller ingen fällning alls.

Överskottsslamproduktionen uppgår vanligen till mellan 0.5-1 kgSS/kgBOD7. Produktionen beräknas per kg nedbruten BOD7. Med förfällning uppnås de lägre siffrorna. Vid simultanfällning och/eller hög intern recirkulation av suspenderat material via försedimenteringen uppnås de högre siffrorna.

Ett viktigt begrepp i aktiv-slam processen är slamåldern. Slamålder definieras som kvoten mellan slammängden i aktivslambassängen och summan av den uttagna mängden överskottsslam och det med det utgående vattnet suspenderade materialet. Vanligen anges slamåldern i enheten dygn. Slamåldern är ett av flera verktyg för att styra processen i biosteget. Olika bakteriearter har olika tillväxthastighet. Genom att anpassa slamålderns längd, kan det aktiva slammets sammansättning styras. Nitrifikationsbakterier har en låg tillväxthastighet medan de flesta heterotrofa bakterier tillväxer relativt snabbt.

Slamåldern kan beräknas på flera sätt. Det traditionella sättet är att relatera den totala slammängden i aktivslamsteget till den uttagna mängden per dygn. Slammet tas ut dels som överskottsslam dels som suspenderat material i det utgående vattnet. Formeln blir:

$$q = V_{\text{bass}} \cdot MLSS_{\text{bass}} \cdot Q_{\text{ös}} + SS_{\text{ös}} + Q_{\text{in}} \cdot SS_{\text{ut}}$$

$$q = \text{Slamålder} \cdot V_{\text{bass}} = \text{Bassängvolym} \cdot MLSS_{\text{bass}} = \text{Slamhalt i bassängen} \cdot Q_{\text{ös}} = \text{Överskottsslamflöde}$$

$$SS_{\text{ös}} = \text{Slamhalt i överskottsslammet}$$

$$Q_{\text{in}} = \text{Inkommande flöde} \quad SS_{\text{ut}} = \text{Susphalt i utgående vatten}$$

Här tas igen hänsyn till recirkulationen av överskottsslam som återkommer via försedimenteringen. Slamåldern måste beräknas under en längre tid. Slamåldern förändras ej momentant med t.ex. en ändrad pumpetid utan det är slammets historiska slamålder som avgör slamåldern och därmed bakteriernas ålder. Vid en ändring av förhållandena t.ex genom en förändrad pumpning, måste operatören vänta tre till fyra slamåldrar innan säkra slutsatser kan dras av förändringens effekt. Slammets har då bytts ut till 95%, vilket får anses vara stabila förhållanden för processen. I ett reningsverk sker dock ständiga förändringar i inkommande belastning vilket försvårar statistiska beräkningar.

Ett alternativt sätt är att med kännedom om utbyteskoefficienten beräkna den producerade slammängden som funktion av mängden organiskt material, BOD₇, som tillförs biosteget. Enligt ovan relateras sedan den producerade mängden till slamm mängden i biosteget.

$$q = V_{\text{bass}} \cdot MLSS_{\text{bass}} \cdot Y_{\text{obs}} \cdot BOD_{\text{nedbr}}$$

q = Slamålder V_{bass} = Bassängvolym $MLSS_{\text{bass}}$ = Slamhalt i bassängen Y_{obs} = Utbyteskoefficient (bildad slammängd) för

slamproduktion av tillförd BOD₇-mängd BOD_{nedbr} = Nedbryten BOD₇-mängd

I Bromma reningsverk är Y_{obs} 1,1 g/g.

I ovanstående formel tas ingen hänsyn till det kemiska och oorganiska slammets. Slammets verkliga ålder kommer därför att bli lägre i många reningsverk med kemisk fällning än vad beräkningen ger vid handen. Hålls en konstant slamhalt i biosteget varierar den organiska andelen av slamåldern med fördelningen mellan organiskt och oorganiskt material i inkommande vatten.

Simultanfällning eller stor inströmning av oorganiskt material, t.ex. lerpartiklar, sänker slammets andel av organiskt material. Detta har betydelse vid tolkningen av uppmätta aktiviteter eller reaktionshastigheter. Aktiviteten relateras därför till slammets organiska del, exempelvis analyserad som glödförlust vid 550°C. Slamåldern kan behövas justeras beroende på slammets innehåll av oorganiska ämnen. En större andel oorganiskt material innebär att slamhalten måste höjas.

Beräkningen av slamåldern kan ske för biosteget som helhet eller kan slamåldern beräknas för biostegets olika zoner. Vanligen beräknas slamåldern för zoner med olika syre förhållanden. Slamåldern benämns då anaerob, anoxisk och aerob slamålder. Den anaeroba slamåldern beräknas för biologisk fosforreduktion. Den anoxiska för denitrifikation och den aeroba för nitrifikation.

Slamålder är ett begrepp som inbegriper flera olika processer. Exempelvis innebär ett stort inflöde av oorganiskt partikulärt material att den uttagna överskottsslamm mängden blir stor. Detta innebär att den beräknade slamåldern blir lägre än den verkliga. Det mest korrekta är att betrakta tillväxten av den/de önskade bakterierna. Praktiska analysproblem gör dock att slamåldern får tjäna som "indikator"-parameter.

En massbalans över biosteget i Bromma reningsverk visar att en icke oväsentlig del av det uttagna överskottsslammet kommer med in med det försedimenterade vattnet. Inkommande suspenderad substans kan dock ha förändrats och delvis brutits ned.

Slamm mängden som återfinns i sedimenteringen räknas definitions mässigt ej med i slamåldern. Slammets aktivitet anses sakna betydelse i sin vistelse i sedimenteringen. Tillväxten är försumbar i sedimenteringen p.g.a. låga substratkoncentrationer och ofördelaktiga syreförhållanden. Slamm mängden i sedimenteringsbassängen kan dock vara betydande. Efter flödestoppar har ofta en stor mängd slam

transporterats ut till sedimenteringen och när flödet åter minskar pumpas slammet tillbaka till aktiv-slambassängen. En lägre slamålder än den verkliga kan erhållas om beräkningen utförs under fel period. Slamåldern bör beräknas för en lägre tidsperiod, helst flera dygn, eller under klara "steady-state" förhållanden.

Vid nedbrytning av enbart organiskt material erfordras en slamålder mellan två och tre dygn. Den resulterande slamåldern beror av överskottsslamproduktionen. Eftersträvas nitrifikation i biosteget krävs en betydligt högre slamålder än vid enbart nedbrytning av organiskt material.

Överskottsslamproduktionen i biosteget kan påverkas på flera sätt. Ett sätt är att minska belastningen av organiskt material på biosteget. En effektiv försedimentering/förfällning avlastar. Ett annat sätt är att minska simultanfällningen. Vid simultanfällning tillsätts fällningskemikalie i direkt anslutning till biosteget. Det bildade kemslammet höjer överskottsslamproduktionen avsevärt och minskar slamåldern. Den organiska andelen i slammet minskar dessutom.

En onödigt hög slamålder innebär en belastning för biosteget. Slammet mineraliseras allt mer och den oorganiska delen i slammet ökar. Aktiviteten avtar per slamekvivalent. Slamåldern bör därför inte hållas speciellt mycket högre än den erforderliga. Slamåldern kan ibland behöva vara så hög att slamhalten i sin tur måste höjas vilket medför att slamybelastningen blir för hög på eftersedimenteringsbassängen. En övre flödes gräns behöver då sättas till biosteget.

Flödesgränsen påverkas också av slammets sedimenteringsegenskaper. Det är bättre att leda förbi förbehandlade extrema flödestoppar med relativt låg koncentration av föroreningar. Alternativet är att ta in allt vatten, skölja ut slammet, förlora aktiviteten och förorena utgående vatten med stora mängder suspenderat material och därmed fosfor. Målet måste således vara att behålla slammet i anläggningen med väl dimensionerade sedimenteringsbassänger och/eller ett avslutande filtersteg. Slamåldern i biosteget kan påverka slamstabiliseringen av överskottsslammet. En högre slamålder ökar mineraliseringsgraden i det aktiva slammet. Slammet blir mer stabiliserat. Den oorganiska andelen i slammet ökar relativt sett. Mängden utvinnbar gas vid eventuell rötning minskar. Trots den högre stabiliseringsgraden vid långa slamåldrar rötas överskottsslammet vid de flesta kväveverk. En relativt stor gasmängd kan fortfarande utvinnas. Värden från Henriksdal visar att den producerade gasmängden minskat med 15-20% efter idrifttagandet av den nya kvävereningen (fördenitrifikation).

Filter

Filter blir allt mer vanliga vid reningsverk. Anledningen är i första hand de skärpta fosforkraven för reningsverken. Filtren har även visat sig ge möjlighet till ökad kväveavskiljning genom att de används som biologiska biofilmsreaktorer. Tillsats av kolkälla kan ge en betydande denitrifikation.

Filtren ger en extra säkerhet i driften av reningsverket. Slamflykt kan stoppas och försedimenterat vatten, som biosteget inte kunnat ta emot, kan genomgå en extra rening i filtren innan det leds ut till recipient.

I Bromma reningsverk är 24 stycken nedströms tvåmediafilter i drift sedan sommaren 1993.

Filtermaterialet, som vilar på en betongbotten med 2900 dysor per filter, består av 0,5 m sand underst och 1 m Blähschiefer ovanpå. Varje filter är 60 m². Totalt har de 24 filtren en yta av 1440 m².

Avskiljningen av suspenderad substans och fosfor är mycket god. Normalt ligger halten av den utgående suspenderade substansen runt 1 mgSS/l och totalfosfor runt 0,1 mgP/l.

Under 1996 infördes även fällning direkt på filtren och då kunde samtidigt dosen vid förfällningen minskas. Idag doseras 1-2 mg Fe/l straxt före filtren. Fosforreduktionen har i och med detta förbättrats. Halten totalfosfor i utgående vatten ligger numera runt 0,08-0,09 mgP/l mot tidigare 0,10-0,20. Spolintervallen i filtren har dock halverats, från tidigare 48 h till 24 h.

En konstant vattennivå eftersträvas ovan filterbädden. Nivån regleras genom en vridspjällsventil som sitter på utgående rör.

Spolningen styrs genom att filtren tas ur drift när vridspjällsventilen på utgående rör har varit fullt öppen under en viss tid. Filtren spolas helst nattetid för att spolvattenmängderna skall påverka verket så litet som möjligt. Vidare är elströmmen billigare och inflödet är lägre, vilket gör att en spolning belastar de övriga filtren mindre än den hade gjort under "högbelastning".

Filtren spolas med luft och vatten. Spolningen sker i regel två till tre gånger efter varandra för att filtren skall bli riktigt rena. Det sista spolningen görs enbart med vatten för att sanden och blähschiefer skall separeras ordentligt från varandra.

Filtren är försedda med flödesmätare på utgående ledning. Varje filter har en definerad yta på 60 m², vilket gör att flödesmätaren enkelt kan kalibreras vid avsänkning av vattennivån. En kontroll gjordes av samtliga flödesmätare vilket visade att den genomsnittliga felvisningen var 0,5%! Felvisningen varierade mellan +- 3%. Summering av filtrens samtliga flödesmätare ger därför ett bra begrepp om den behandlade vattenmängden. En jämförelse med flödesmätningen på hela verkets flöde gav att verkets flödesmätare visade 10% för mycket. Filtermätarna kunde således användas för kalibrering av verkets flödesmätare.

Ytbelastning på filter

Filter dimensioneras normalt för en ytbelastning av 5-10 m/h. Ytbelastningen kallas även filtrerings-hastighet. Vattnet rör sig då räknat på tom bädd mellan 5-10 meter på en timme. Vanligen är filter-bädden 1-2 m vilket innebär att vattnet passerar bädden på 6-12 minuter med en ytbelastning av 10 m/h.

Filtren i Bromma reningsverk har dimensionerats för en ytbelastning på 10 m/h. Filtren skall klara 4 m³/s vilket är ca 2,7 gånger normalflödet. Den genomsnittliga belastningen uppgår till 3,8 m/h. Möjligheter finns att variera antalet filter i drift. Inledningsvis kördes 16 filter i normalfallet och allt fler filter kopplades in i takt med att flödet ökade. Det visade sig dock enklare och bättre att alltid ha alla filter i drift. Något eller några filter kommer dock att vara ur drift p.g.a. spolkö eller reparationer och översyn.

Drifttiden var i början 100 timmar eller mer. Idag spolas dock filtren kanske en gång per dygn för att de skall hållas i god kondition utan någon upplagring av suspenderat material. Fällningen på filtren har förkortat gångtiderna till ungefär hälften. När vatten leds förbi biosteget ökar suspbelastningen på filtren och drifttiden förkortas ytterligare. Drifttiden för filtren med den nuvarande tvåpunkts-fällningen bör inte överstiga 40 h. Orsaken är framförallt filtrens nedsatta kapacitet i samband med plötsliga och kraftiga flödesökningar.

Fosfor- och suspreduktion i filter

De skärpta fosforkraven för stora reningsverk, fler än 100 000 pe anslutna, har ofta tvingat fram till-byggnader av filter för att man säkert skall kunna uppfylla kraven. I bland har rikligt dimensionerade kemiska fällningssteg klarat fosforkraven utan att filter behövt byggas.

Henriksdals reningsverk och Bromma reningsverk har nyligen byggts om. Efter ombyggnaden drivs verken med kväverening med fördenitrifikation och nitrifikation i luftningsbassängerna. För att erhålla fullständig nitrifikation krävs att man upprätthåller en hög slamålder i luftningsbassängerna. Detta uppnås genom att slamhalten i bassängerna höjs. Från tidigare ca 1200 mg SS/l i luftningsbas-sängernas utlopp på Henriksdals reningsverk hålls slamhalten idag vid 3000 mg/l. Detta innebär en väsentlig belastningsökning på efterföljande eftersedimenteringsbassänger avseende suspenderad sub-stans. Man räknar med att sedimenteringarnas funktion kommer att försämrats, speciellt vid hydrau-liska belastningsökningar dvs. vid regn o. dyl.

I Henriksdals reningsverk inträffar slamflykt ibland även utan slamsvällning om returslamflödet är för lågt eller vid höga hydrauliska belastningar. Då fylls hela eftersedimenteringsbassängen med slam upp till utloppsskibordsrännorna. Höga halter SS i eftersedimenteringsbassängerna kan också erhållas om flödet genom reningsverket är så högt att redan sedimenterat aktivt slam rivs upp från bassäng-botten. Ren slamsvällning är ytterst sällsynt i Henriksdals reningsverk.

En betydande andel av totalfosfor i utloppet är bunden till den suspenderade substansen. Eftersom kraven på fosfor är skärpta från ca 0,5 mg P/l till 0,3 mg P/l, krävs en avskiljning av SS efter efterse-dimenteringsbassängerna. Vattnet filtreras i ett nedströms tvåmediafilter.

Filterbädden

Filtren rengörs från avskild SS genom uppströms spolning med luft och vatten s. k. backspolning. Under backspolningen blandas filtermaterialet om i bädden för att sedan sedimentera när backspolningsflödet sänks eller stängs av. De tyngsta sandkornen sedimenterar först och lägger sig på botten. Eftersom flödet av eftersedimenterat vatten tillförs filtret uppifrån skulle de största SS-flockarna möta sand med minst kornstorlek om filterbädden bestod enbart av sand, och filtret skulle sätta igen direkt. För att undgå detta valde man att applicera ytterligare ett bäddlager ovanpå sandlagret. Den övre bädden ska ha ett material med stor kornstorlek men med lägre densitet än sand så att sjunkhastigheten blir lägre än för sand. Ett lämpligt material visade sig vara Filtra purl, som är ett keramiskt material uppblåst med små luftbubblor. Detta krossas först och rostas sedan i +1100 °C för att få en hård yta. Kornstorleken är 2,5-4,0 mm. Filtra purl kallas också blähschiefer av den tyska tillverkaren. Fullskalefiltren har en total bäddhöjd på 1,5 meter.

Driftresultat vid försök

Utformningen av fullskalefiltren i Bromma och Henriksdals reningsverk föregicks av försök i pilotskala. I Henriksdal gav försök med tre filter i pilot plantskala gav analys av filtratet med avseende på SS, Tot-P, PO₄-P, Fefiltrerad, CODfiltrerad, CODofiltrerad och NH₄-N ungefär samma värden. I stort sett hela tryckfallet i de tre filtren låg över blähschieferytan, dvs. det var oberoende av sandkornstorlek och sandbäddhöjd. De tre filtren hade 0,3 m 0,8-1,2 mm sand och 1,2 m blähschiefer, 0,3 m 0,6-0,8 mm sand och 1,2 m blähschiefer, och 0,5 m 1,2-1,5 mm sand och 1,0 m blähschiefer. Filtrens driftresultat var alltså oberoende av sandkornstorlek och sandbäddhöjd.

Gångtiden

Gångtiden, dvs. drifttiden innan ett visst tryckfall erhållits, var starkt beroende av filtrets uppbyggnad. Gångtiden sänktes med 0-50 %, och som ett medelvärde med 25-33 %, i 0,6-0,8 mm-filtret jämfört med 0,8-1,2 mm-filtret. Detta berodde troligen på en lägre sandkornstorlek i det första filtret. Försöken uppvisar en 0-5 % längre gångtid i 0,8-1,2 mm-filtret jämfört med 1,2-1,5 mm-filtret. Detta berodde troligen på en högre Blähschieferbädd i 0,8-1,2 mm-filtret, eftersom tryckfallskurvorna tyder på att blähschiefer är det dominerande materialet för att fånga upp SS med. Till denitrifikationsförsöken valdes därför 0,8-1,2 mm-filtret. Man ville ha 0,5 m sand i botten på fullskalefiltret då man fruktade att övre delen av sandbädden skulle blanda sig med blähschiefer och att lagret med enbart sand skulle bli för liten.

Tidigare försök i Bromma reningsverk har visat att ett filter med 0,5 m 0,8-1,2 mm sand och 0,5 m blähschiefer satte igen för snabbt, dvs. gångtiden blev för kort. (Ett filter med 0,3 m 0,8-1,2 mm sand och 0,8 m blähschiefer, och ett filter med 0,5 m 1,2-2,0 mm sand och 0,5 m blähschiefer samt ett filter med 0,5 m 1,2-1,5 mm sand och 0,8 m blähschiefer uppvisade alla 3 goda resultat.)

Därför valdes ett fullskalefilter på Henriksdals reningsverk med 0,5 m 1,2-1,9 mm sand ($d_{10}/d_{90}=1,18/1,88$) och 1,0 m 2,5-3,5 mm blåschiefer. På Bromma reningsverk blev sandens d_{10}/d_{90} istället 1,21/1,60 dvs. 1,2-1,6 mm. 0,5 m av denna sand valdes som fullskalefilter under 1,0 m 2,5-3,5 mm blåschiefer ($d_{10}/d_{90}=2,5/3,5$).

Fullskalefiltren uppvisar goda drifterfarenheter. Filtren som är byggda för att i första hand reducera suspenderat material och därmed fosfor i det utgående vattnet. Reduktionen är mycket god. I genomsnitt reduceras det suspenderade materialet med 70%. Utgående halt av suspenderat material är ca 1 mgSS/l.

Fosformängden har halverats tack vare filtren. Den totala fosforreduktionen över reningsverket har ökat från 96 till 98%. Utgående totalfosforhalt ligger runt 0,05-0,10 mgP/l.

Filtren har givet verket en ökad driftsäkerhet. Sker slamflykt från biosteget förstörs inte utgående vattenkvalitet.

Förbildningen av försedimenterat vatten direkt till filtren har inneburit en ökad belastning av suspenderat material och fosfor. Filtren har dock avskiljt den allra största delen utan problem. Halterna av suspenderad substans har stigit till 2 mgSS/l och fosforhalten från 0,1 till 0,15 mgP/l. Aktiviteten har kunnat bevaras i biosteget vilket varit mycket värdefullt för den övergripande reningen.

Fosforreduktionen kan förstärkas ytterligare genom att fällningskemikalier doseras direkt på filtren. Totalfosformängden kan sänkas från 0,10 till 0,07 mgP/l. De extra doseringen får således en begränsad men dock effekt. Doseringen binder in det lilla fosfatfosfor som tidigare passerade filtersteget.

Järn som upplagrats i filtret hjälper till att utjämna eventuella variationer i fosfathalt ut från biosteget.

Spolning av filtren

Den vanliga typen av nedströmsfilter avskiljer partiklar som anrikas i filterbädden. Tryckfallet ökar successivt över filtret. Efter ett antal timmar måste filtret spolas rent. Vanligen tas då filtret ur drift och ställs i spolkö. Vatten och ibland luft trycks i motsatt riktning mot den normala strömningsriktningen. Partiklar som fastnat i bädden spolas bort och anrikas i vattnet ovanför filterbädden. Detta spolvatten leds antingen till verkets inlopp eller till biosteget.

Spolvattnet leds vid normala fall till verkets inlopp där den suspenderade substansen avskiljs i försedimenteringen. Under perioder med slamflykt bör spolvattnet återledas till biosteget. Aktiviteten i biosteget kan då snabbt åter komma igång.

Drifftiden mellan spolningarna beror på mängden suspenderat material som kommit till filtren. Vidare innebär kemisk fällning direkt på filtren att drifftiden minskar. De försök med denitrifikation på filtren som genomförts visar att drifftiden minskar även här. Till en mindre del p.g.a. den extra slamtillväxten men till den större delen p.g.a. den vid denitrifikationen utvecklade kvävgasen. (Kontinuerligt spolade filter t.ex. Dynasandfilter får dock inte dessa problem med förkortad drifftid.)

Slamflykt kan uppkomma delvis p.g.a. dåliga slamegenskaper. Det är således inte bara flödena som orsakar slamflykten. Slamflykten innebär att slam med dåliga egenskaper recirkuleras i verket. Oavsett om slammet leds till verkets inlopp eller direkt tillbaka till biosteget återkommer slammet till biosteget och flyktar på nytt till filtren. Då är det viktigt att försöka få ut slammet så fort som möjligt via överskottsslamuttaget. En drastisk sänkning av slamhalten är det vanligaste sättet för att förbättra slammets sedimenteringsegenskaper.

En risk finns att oönskat material skall anrikas i anläggningen när ett filtersteg byggs till ett reningsverk. I Bromma reningsverk har fjädermyggor i stora mängder kunna växa till sedan deras ägg eller larver fångats in av filtren. Fjädermygglarverna trivs i kanaler med långsamt strömmande vatten och med förekomst av lugna zoner i vilka tillgång på föda finns.

Det är viktigt att se till att ett riktigt utformat flytslamavdrag finns någonstans i anläggningen, speciellt sedan filter byggs till. Fett, hydrofoba ämnen och flytande föremål anrikas lätt på ytor och måste tas ut någonstans. Annars ansamlas stora mängder flytande ämnen i filtren.

Spolvattenmängderna uppgår till i genomsnitt 1,5%, vilket får anses vara lågt, 5% är en vanlig siffra. Gångtiderna för filtren, dvs tiden mellan spolningarna, har också visat sig vara mycket längre än antaget. Upp till 100 h drift har noterats under längre perioder. Gångtiden styrs i första hand av hur mycket suspenderat material som kommer till eller

Slambehandling

Målet med slambehandlingen är att ta hand om det slam som avskiljs i vattenbehandlingslinjen. Primärslam och biologiskt överskottsslam skall stabiliseras och vatteninnehållet i slammet skall minskas. Slutligen skall slammet kunna transporteras bort från reningsverket och vara så pass rent att det kan användas i jordbruket.

Arbetet med att få ett rent slam börjar redan med att upplysa VA-abonenterna om att reningsverket inte kan behandla giftiga metaller och organiska ämnen. Dessa ämnen måste tas om hand på annat sätt, om de överhuvudtaget skall hanteras i samhället.

En överenskommelse har träffats mellan VAV, LRF och SNV om riktlinjer och gränsvärden för slammetts innehåll av skadliga ämnen. Överenskommelsen innebär en skärpning av framförallt tungmetallinnehåll i slam. Målet är att öka lantbrukarnas vilja att ta emot slammet och en förutsättning för detta är konsumenternas acceptans av slamgödslade jordbruksprodukter.

Slambehandling börjar i allmänhet med att primär- och överskottsslammet förtjockas så att vatteninnehållet minskar. Slammen innehåller från början ca 96-98 respektive 99,5% vatten. Efter förtjockning kanske vattenhalten är nere i 94-96%! Slammet leds nu till något stabiliseringssteg. Vanligast är rötning men även aerob stabilisering förekommer. Efter stabiliseringen har TS-halten minskat varför en ytterligare förtjockning kan vara nödvändig. Det förtjockade slammet leds så till pressar eller centrifuger där vattenhalten minskas från 96% till 65-75%. Det avvattnade slammet lagras i väntan på borttransport.

Primärslam och överskottsslam

Under avloppsvattenbehandlingen avskiljs dels ett råslam och dels ett biologiskt överskottsslam. I vissa fall avskiljs även ett kemiskt slam. Råslammet benämns vanligen primärslam eftersom det ofta innehåller även det biologiska överskottsslammet.

Primärslammet pumpas till förtjockning eller direkt till slamstabiliseringen. Slamtäcket på bassängbotten mäts (lodas) ofta varje arbetsdag för att primärslamtäcket inte skall bli för tjockt. Lodningen ger också besked om för mycket slam tas ut så att TS-halten sjunker. Primärslammet skall ha så hög TS-halt som möjligt. Primärslampumparna måste dock klara av att pumpa slammet. TS uppgår normalt till 3-6 % i primärslammet. Försök att mäta TS-halten kontinuerligt i primärslammet har ofta misslyckats. Det är svårt att få fram givare som klarar av det ofta heterogena slammet. Med en fungerande mätning skulle utpumpningen av primärslam underlättas och ge högre TS i slamstabiliseringen.

I samband med biologisk fosfor- och kvävereduktion erfordras ett så lättillgängligt organiskt material som möjligt. Försök har gjorts att låta primärslammet stanna så länge i försedimenteringen att surjäsnings (sur biologisk hydrolys) inträder. Det försedimenterade vattnets innehåll av flyktiga syror ökar.

Det biologiska överskottsslammet tas ofta ut ur returslamflödet. Antingen med separata pumpar, gärna med excenterskrupumpar som ger ett konstant flöde, eller över ett mätskibord. Mätskibordet kan regleras antingen manuellt eller hellre med en ställmotor som ser till att en viss slamhalt hålls i biosteget. En alternativ styrning är på inkommande flöde vilket dock ofta får slamhalten att variera under veckans dagar.

TS-halten i överskottsslammet är lätt att mäta. Slammet är homogent och "vanliga" slamhaltsmätare fungerar. Mätområdet 0-15000 mgSS/L används vanligen.

Primärslammet förtjockas normalt i gravimetriska förtjockare, vilka också används för förtjockning av biologiskt överskottsslam. Bräddvattnet från förtjockarna leds ofta till verkets inlopp.

Förtjockningscentrifuger för biologiskt överskottsslam blir allt vanligare. Med förtjockningen avlastas försedimenteringen och biosteget. Ett av de interna recirkulationsflödena minskar i verket.

Förtjockning

För att minska mängden slam som skall behandlas inleder man slambehandlingen med förtjockning. Slammet kan förtjockas enligt tre metoder, gravitations- och flotationsförtjockning eller genom centrifugering. Metoderna kan tillämpas med eller utan kemikalietillsatser. Polymerer sätts ibland till för att bättre klumpa ihop partiklarna. Kolkälla (och eventuellt nitrat) kan tillsättas vid biologisk flotationsförtjockning. Polymerer kan tillsättas vid överskottsslamcentrifugering för att öka centrifugens kapacitet.

Slam består av partiklar uppslammade i vatten. Förtjockning innebär att en del av vattnet avlägsnas medan återstoden bildar ett tjockare slam. Vattnet i slammet brukar indelas i cellbundet vatten, adsorptionsvatten, kapillärvatten samt hålrumsvatten. Hålrumsvattnet utgör huvuddelen av vattnet och det är en del av detta som avlägsnas vid förtjockningen. Detta brädd- eller rejektvatten leds tillbaka till vattenbehandlingen.

Förtjockarna spelar en viktig roll i reningsverket. Ett så tjockt slam som möjligt är att föredra eftersom slammängden som skall pumpas, värmas, rymmas i slamstabiliseringen bör vara så liten som möjligt för att energi skall sparas.

Bräddvattnet från förtjockare kan ofta innehålla mycket suspenderad substans. Vid förtjockning av rötat slam innehåller bräddvattnet dessutom mycket kväve. Bräddvattnet kan därför vara en stor intern belastning på verket.

Gravimetrisk förtjockning

Den gravimetriska förtjockaren är den allra vanligaste typen av förtjockare. Slammet tillåts sedimentera i förtjockaren varvid bräddvattnet leds tillbaka till verkets inlopp. Bland de gravimetriska förtjockarna förekommer två typer; den satsvisa och den kontinuerliga förtjockaren.

Den satsvisa förtjockaren kallas även dekanteringstank. Den dimensioneras för ett dygns slamproduktion. Klarfasen dras av genom skibord på olika höjder eller via utpumpning med flytande pumpar ned till en viss nivå.

De kontinuerliga förtjockarna blir allt vanligare. Förtjockaren är försedd med omrörare som långsamt för runt slammet så att större partiklar kan bildas som lättare avskiljs vid förtjockningen. Det förtjockade slammet pumpas vidare till stabilisering eller avvattning. Klarfasen dras av över ett skibord i bassängens periferi.

För dimensionering av förtjockare används:

- 1) TS-belastningen på förtjockarens yta uttryckt i $\text{kgTS/m}^2, \text{h}$
- 2) Hydrauliska belastningen uttryckt i m/h
- 3) Uppehållstiden uttryckt i h

Driftproblem kan vara att slammet börjar rötas med gasbildning och luktproblem som följd. Slammet bör vara så färskt som möjligt. Uppehållstiden får inte heller vara för lång. Temperaturen påverkar också den gravimetriska förtjockningen. Vid temperaturer över 18°C avtar förtjockningen kraftigt p.g.a. den biologiska aktiviteten som medför bl.a. gasbildning. Vid temperaturer under 14°C försämras dock slammets sjunkegenskaper allt mer, vilket gör att temperaturintervallet $14\text{-}18^\circ \text{C}$ lämpar sig bäst för förtjockning.

Vid en kontinuerlig gravitationsförtjockning bör tillförsel och uttag ske så jämt som möjligt för att förhindra störningar och nivåförändringar i förtjockaren.

Förtjockningen kan förstärkas med polymertillsats. Kostnaderna för polymererna blir dock höga. Det lönar sig bättre att centrifugera slammet än att tillsätta polymerer.

Bräddvattnet från förtjockare kan ofta innehålla mycket suspenderad substans. Vid förtjockning av rötat slam innehåller bräddvattnet dessutom mycket kväve i löst form, ammoniumjoner. Koncentrationen ligger mellan 300 och 1000 $\text{mgNH}_4\text{-N/l}$ och är lika hög som i rejektivattnet från rötslamcentrifugerna. Bräddvattnet utgör därför en viktig internbelastning i verket som bör följas och utredas med avseende på effekter för den övriga reningen.

Förtjockning genom centrifugering

I Bromma reningsverk togs överskottsslammet tidigare ut ur processen via primärslammet genom att först återpumpas till reningsverkets inlopp. Detta förfarande fungerar bra med hänsyn till slanhanteringen så länge slamegenskaperna i biosteget är goda. Primärslammet som går till rötningen är då väl blandat och av jämn kvalitet. Slammet till avvattning är även det av jämn kvalitet, vilket underlättar inställningen av centrifugerna.

Om slammet är dåligt, dvs har ett högt slamindex, avskiljs bara det som lättast sedimenterar i försedimenteringen. Resten går vidare till biosteget. En ackumulering i biosteget sker därmed av det sämsta slammet. Detta är ytterligare besvärande när filter finns för en extra avskiljning av partiklar. Inget slam lämnar då anläggningen via ytavdrag och det är lätt att flytslam ackumuleras i anläggningen.

Vid dåliga slamegenskaper och därmed dålig avskiljning i försedimenteringen fås en stor rundgång av suspenderat material i anläggningen. Mycket slam belastar biosteget och ger upphov till ett stort uttag av överskottsslam. Denna interna belastning medför att biosteget inte kan drivas optimalt. Gammalt slam återförs och kontrollen över biosteget blir svår eller omöjliggörs helt. Åtgärder som ökat överskottsslamuttag för att sänka slamhalten får liten verkan eftersom slammet hela tiden återkommer till biosteget.

Förtjockningscentrifuger för biologiskt överskottsslam blir allt vanligare. Med centrifugering kan TS-halten i bästa fall höjas kraftigt, från 0,5% till 8% utan tillsats av polymerer. Vanliga förtjockare gör att TS-halten går från 0,5% till 2-3 %. Rejektvattnet från förtjockningscentrifugen leds vanligen till verkets inlopp men kan även ledas till biosteget direkt.

Slamstabilisering - rötning

En vanlig stabiliseringsmetod för det slam som samlas och bildas på ett reningsverk är rötning. Vid rötning bryts delar av det organiska materialet i slammet ner i anaerob (syrefri) miljö till metangas och koldioxid. Gasen som bildas består av 65-70 % metangas och resten koldioxid. I ett stabilt slam har de störande lukterna från slammet eliminerats. Vid stabilisering avdödas även en stor del av de patogena bakterier och virus som finns i slammet.

Förtjockningen som föregått rötningen har reducerat slammängderna in till rötkammaren. Slammet från förtjockarna värmeväxlas med det från rötkammaren utgående slammet. Temperaturen hålls vid mesofil rötning runt 35° C.

Rötkammaren i sig är en reaktorvolym som ger en uppehållstid åt det inpumpade slammet på minst 15 dygn. Efter rötning och eventuell förtjockning, avvattnas det rötade slammet i centrifuger eller med annan utrustning för avvattning.

Rötningen innehåller tre huvudprocesser:

- 1) Hydrolys av organiskt material
- 2) Syrajäsning
- 3) Metanbildning

Den tredje processen är den ömtåligaste och kräver hög temperatur.

Driftstörningar som noteras är oftast förändringar i pH. Syrabildningen går ibland för fort så att metanbildningen inte hinner med. Detta är speciellt vanligt när rötkammaren belastas hårt och framförallt ojämnt.

Den bildade gasen som kallas biogas är mycket energirik. Gasen används för att producera värme och elektricitet. Gasutbytet är ca 35 l/pe, d. Av ett kg tillförd organisk substans bildas 500-700 l biogas.

Avvattning av rötat slam

Under rötprocessen sjunker slammets TS-halt 1-2% beroende på utrötningsgraden. Rötslammet samlas i en utjämnings tank på 1500 m³, vilket motsvarar 2-3 dygns slamproduktion. I slamtanken sker en omrörning med syfte att driva av gas och att förhindra sedimentering och flotation av slammets. Det är av stor vikt för optimeringen av centrifugerna att slammets håller en jämn kvalitet.

Slammets består till största delen fortfarande av vatten. Endast 2-5% är fast material. Avsikten med avvattningen är att minska vatteninnehållet i slammets för att därmed minska transportkostnaderna.

Hålrumsvattnet, ca 70% av vattnet, är minst hårt bundet till partiklarna. Kapillärvattnet utgör ca 20% av vattnet och adsorption och cellvatten ca 10%. De olika typerna av vatten är bundet till partiklarna olika hårt. Hålrumsvattnet är lättast att avskilja. Med gravitationsförtjockning kan hälften av hålrumsvattnet tas bort. För att avskilja resten av hålrumsvattnet och kapillärvattnet måste starkare krafter tillföras och slammets struktur förändras.

Genom centrifugering kan tyngdkraften ökas och därmed mer vatten avskiljas. Med dosering av polymer kan strukturen förändras. Efter centrifugering innehåller slammets ca 30% torrsustans. Återstoden av vattnet är hårt bundet till partiklarna och kan avskiljas med torkning.

Med filter som slutsteg lämnar nu en mycket liten del av partiklarna anläggningen i utgående vatten. Detta innebär dels att den avvattade mängden slam har ökat motsvarande grad dels att slammets delvis får en annan sammansättning. Eftersom partiklar endast kan lämna anläggningen med utgående avvattat slam är det av stor vikt att avskilningsgraden är hög, dvs att rejektivattnet håller en låg slamhalt. Annars kommer detta slam att på nytt belasta biosteget, rötningen och slamavvattningen. Ett mål för slamavvattningen är att slamhalten i rejektet inte skall överstiga 600 mg/l.

Av ekonomiska skäl drivs centrifugerna så att torrsustansen blir så hög som möjligt. En ökad torrsustans ger minskade volymer och därmed lägre transportkostnader. Det avvattade slammets faller ner i två torrslamsilos med den totala volymen 150 m³. Slammets vägs innan det lämnar anläggningen. Det vägda slammets är ett bra mått på belastningen på anläggningen och kan enkelt användas vid upprättande av slambalanser över anläggningen.

Rejektivattnet från slamavvattningen innehåller förutom partiklar en hög halt ammonium. Denna återföring av ammonium utgör 15-20% av inkommande mängd ammonium. Detta ammonium belastar nitrifikationen i biosteget och förbrukar därvid syre. Genom att återföra detta ammonium till processen när belastningen är låg eller under nattaxa på elektriciteten kan både kostnader minska och processen förbättras.