



Efteruddannelsesudvalget for bygge/anlæg og industri

Spildevand- anvendelse af Renseprincipper

© Undervisningsministeriet. Februar, 2011. Materialet er udviklet for Efteruddannelsesudvalget for bygge/anlæg og industri og revideret i samarbejde med *Ulla Andrup Jensen og Erik Lomstein, AARHUS TECH*. Materialet kan frit viderebearbejdes med angivelse af følgende tekst: "Dette materiale indeholder en bearbejdning af undervisningsmateriale for Spildevand - anvendelse af rensprincipper", Februar, 2011 udviklet for Undervisningsministeriet af Efteruddannelsesudvalget for bygge/anlæg og industri

Forord

Dette kompendium er udviklet til brug for Efteruddannelsesudvalget for bygge/anlæg og industri (BAI, www.ebai.dk) med støtte fra Undervisningsministeriet.

Dette undervisningsmateriale er udarbejdet for at understøtte målet i følgende uddannelse:

44940, Spildevand - anvendelse af renseprincipper

hvorved deltagerne kan ”

- kan forklare og forstå spildevandets vej på renseanlæg fra tilløb til afløb på grundlag af indsigt i principperne bag spildevandsrensning.
- kan gennem forsøgsopstillinger illustrere forskellige renseprincipper og derved opnå større indblik i driften af renseanlæg.
- kan anvende almindeligt forekommende spildevandsterminologi, hvilket letter og fremmer den faglige kommunikation på renseanlæg.
- kan beregne mængde, koncentration, areal og rumfang samt beregne hydraulisk overfladebelastning og hydraulisk opholdstid.
- har indsigt i kemiske og biologiske grundbegreber (pH, symboler, kemiske forbindelser, fotosyntes og stofomsætning).
- får overblik over den relevante arbejdsmiljø- og miljølovgivning, samt kendskab til anvendelse af sikkerhedsudstyr, som sikre at de kan udføre arbejdet sikkerheds og sundhedsmæssigt forsvarligt.
- opnår med indsigt i økologiske begreber samt betydningen af stofomsætning (organisk stof, kvælstof og fosfor) forståelse for driften af renseanlæg.
- kan med indsigt i spildevands dannelse, sammensætning og variationer forstå de driftsændringer der foretages på renseanlæg.
- har forståelse for spildevandets rolle i naturens vand og stofkredsløb.

.

Målgruppe

Uddannelsen henvender sig til personer der har eller ønsker beskæftigelse inden for spildevandsområdet.

Kompendiet

”Udvalget takker faglærere, der har medvirket i udarbejdelsen af dette materiale. Herudover takker vi branchen for ideer til og konstruktiv kritik af materialet.”

Indholdsfortegnelse

Indhold

Forord.....	2
Indholdsfortegnelse.....	3
Spildevandsrensning-historisk set.....	6
Sverige.....	6
Nye krav.....	7
Næringssaltene betydning for forureningen.....	8
Fosfor/fosfater.....	9
Spildevand.....	9
Personækvivalent.....	10
Målinger og analyser.....	10
Recipientkvalitet.....	10
Udlederkrav.....	10
Vandmængde.....	10
Spildevandssystemer generelt.....	11
Kloak- og spildevand.....	11
Spildevand.....	11
Nedbørsvand og infiltrationsvand.....	11
Regnvand.....	11
Fællessystemer.....	11
Pumpestationer.....	12
Overfaldsbygværker.....	12
Regnvandsbassin.....	12
Separatsystem.....	13
Regnvand.....	13
Alternative kloakeringsmetoder.....	14
Nedsivningsanlæg.....	14
Samleanlæg, vakuumanlæg m.v.....	14
Spildevandsrensning.....	15
Renseanlæg og rensemetoder.....	15
Mekanisk rensning.....	15
Ristebygværker og ristetyper.....	16
Grovriste.....	17
Finriste.....	17
Ristestofpresse.....	21
Comminutorer.....	22
Desintegratoren.....	23
Sigter.....	23
Sandfang.....	24
Fedtfang.....	24
Bundfældning.....	25

Dortmundtanken	26
Lamelsedimentation	29
Slamkoncentrering	29
Biologisk rensning	30
Vandets pH-værdi	33
Temperatur	33
Koncentration af BI ₅ og biomasse	33
Sammensætning af biomasse	33
Hæmmende eller giftige stoffer	33
Spormetaller	33
Biologiske filtre - aktivslam anlæg	34
Aktiv-slam anlæg	34
Mikroorganismers livscyklus	35
Aktiv-slam processerne	36
Slambelastning	36
Slamalder	36
Temperatur	36
Recirkulationsgrad	36
Ilttilførsel og iltindhold	37
Kemisk rensning	37
Principper for kemisk rensning	38
Kolloider	38
Kemisk fældning	38
Forfældning	39
Simultanfældning	39
Efterfældning	39
Efterklaring	39
Hydraulisk overfladebelastning	40
Efterpolering	40
Lavteknologi	41
Rensningsgraden	41
Kemiske grundbegreber	42
Hvad er kemi?	42
Grundstoffer	42
Atomer	42
Det periodiske system	43
Kemisk formelsprog	43
Kemiske bindinger	44
Syre og Baser	46
pH-værdi	47
Reaktionsskemaer	48
Molbegrebet	49
Organisk stof	50
Opbygning af organisk stof	51
Nedbrydning af organisk stof	52
Gæring (forrådnelse)	53
Sikkerhedsorganisationen	54

Arbejdsmiljøloven.....	55
Lov om arbejdsmiljø.....	55
Lovens formål	55
Loven er en rammelov	55
Bekendtgørelse om kloakarbejde m.v. nr. 473 af 7. okt. 1983 med senere ændringer	56
Hvad siger bestemmelserne	56
Introduktion til modelrenseanlægget	59
Øvelse: Omsætning af organisk stof i spildevand.....	60
Opgaver.....	62

Spildevandsrensning-historisk set

Den øgede befolkningstilvækst, industrialiseringen samt skærpede krav til rensning af spildevand har betydet, at kemisk rensning af spildevand er blevet aktuel. Metoden er imidlertid ikke et moderne begreb. Allerede i 1600-tallet begyndte man i de større byer at bygge afløbskanaler til spildevand. Disse kanaler ledte vandet direkte ud i nærmeste recipient, hvor også latrinspandene blev tømt. De fleste steder ledtes spildevandet dog stadig direkte ud på gaden. Dette skabte naturligvis store problemer for samfundenes vandforsyning med store epidemier som følge.

Fra midten af 1800-tallet udbyggedes vandforsyningerne. Samtidig kom tidens store revolutionerende opfindelse - vandklosettet til. Begge ting medførte et øget behov for bortledning af spildevand.. Medvirkende til den store belastning af recipienterne var også den kraftige udbygning af industrier i denne periode. Store mængder industrispildevand blev udledt sammen med hus spildevandet.

London og Paris var de første til at bygge lukkede afløbssystemer, og andre bysamfund fulgte hurtigt efter. Vandforbruget - og dermed også udledningen - øgedes hurtigt. Vandet ledtes stadig direkte til nærmeste recipient, og problemer med slamaflejringer, lugt og iltsvind viste sig hurtigt. Themsen, Seinen og andre vandløb omdannedes til stinkende forurenede kloakker.

Man blev således dagligt mindet om, at en rensning af spildevandet var påkrævet og begyndte derfor at arbejde med udviklingen af rensemetoder. Den konkrete viden på dette område var imidlertid begrænset.

Sverige

I Sverige blev man tidligt opmærksom på problemet og man gjorde noget ved det. I 1950'erne havde man haft de store poliepidemier, og man havde derfor fremskyndet udbygningen af de kommunale renselanlæg fortrinsvis mekanisk/biologisk rensning.

Tidligt i 60'erne fandt man ud af, at denne rensning ikke var tilstrækkelig. Søer og vandløb viste tegn på plantetilvækst og overproduktion af alger (eutrofiering). Man blev hurtigt klar over, at dette bl.a. skyldes for store udledninger af fosfor, som blandt andet stammede fra moderne fosfatrige maskinvaskemidler. Renseprocesserne blev udvidet til også at omfatte kemisk rensning. Sverige blev således et foregangsland på dette område.

De første forsøg herhjemme var at man forsøgte sig med udvanding på marker. Men blandt andet på grund af folks "overdrevne" brug af WC blev spildevandet mere og mere slamholdigt. Dette slam måtte nødvendigvis fjernes før udvanding. Forskellige metoder både mekanisk, kemisk og biologisk blev afprøvet. Oftest anvendte man kalk som fældningsmiddel, men det lykkedes ikke at løse problemerne med den stadigt voksende mængde slam.

Resultatet af de mange forsøg blev, at den mest anvendte metode blev en eller

anden form for mekanisk og/eller biologisk rensning. Rensning med filtre, luftning, septiktanke, aktivslam, emschertanke m.fl. var totalt dominerende frem til omkring 1960.

Nye krav

I den senere tid er der sket en betydelig forringelse af vandkvaliteten i vore vandsystemer. Forureningen viste sig først i vandløb, åer og søer, senere i fjordene og de indre farvande. Et af de steder, hvor man først så problemet herhjemme var ved Gudenå-systemet - et system der afvander et område på størrelse med Fyn. Systemet består af selve Gudenåen samt de store søer omkring Skanderborg, Ry og Silkeborg.

Tidligere havde disse områder en særdeles stor fiskebestand. I løbet af 60'erne var det noget, der gik galt. Ørred og laks forsvandt kun "skidtfiskene" blev tilbage. Derfor startede man i 1972 en nærmere undersøgelse af forholdene. Denne undersøgelse resulterede i Gudenå-rapporten, som senere er blevet retningsgivende for krav til spildevandsrensning i området. Disse krav omfatter foruden biologisk rensning også krav til fjernelse af næringssaltene.

Men det var ikke kun i søer og åer, man kunne se disse symptomer. Også i vore fjorde og indre farvande kunne man nu spore virkningerne af forureningen. Selvom vandmængden her var langt større, blev det tydeligt både for erhvervsfiskere og fritidsfiskere, at der var noget galt.

De seneste årtiers øgede forbrug af kemikalier og vaskemidler inden for industri og almindelig husholdning har medført behov for alternative rensemetoder. Især spildevandets indhold af fosfater har gjort dette nødvendigt.

Undersøgelser af vandløb viste et alt for stort indhold af næringsalte - herunder bl.a. kvælstof og fosfater. For at værne om dyre- og planteliv blev der derfor fra myndighederne stillet nye krav til spildevandskvaliteten. Dette resulterede i 1992 i Vandmiljøplan I hvori der blev stillet krav til at renseanlæg større end 5000 PE skulle nedbringe udledningen af totalfosfor til under 1,5 mg/L.

Biologisk rensning kræver store mængder energi. I midten af 1970'erne steg energipriserne voldsomt, hvorfor man begyndte at interessere sig for driftsomkostningerne i forbindelse med renseanlæg. Det var derfor naturligt, at man igen begyndte at interessere sig for kemisk rensning, da denne også reducerer den organiske forurening og dermed aflaster den biologiske del

Dette betød at mange kommuner blev tvunget til at gøre rensningen mere effektiv. Nye metoder med kemisk rensning har vist sig at være særdeles effektive. Da anlægsomkostningerne i forbindelse med kemisk rensning er relativt lave i forhold til udbygning af eksisterende renseanlæg, har der således også været en økonomisk tilskyndelse til at interessere sig for den kemiske renseproces.

Kemisk fældning

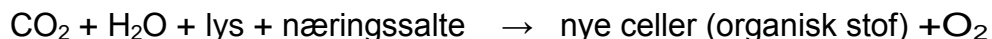
Algeblomstring og til voksning af søer og vandløb kan som nævnt hæmmes ved at reducere fosfatudledningerne. Under gunstige forhold er det muligt at fjerne fosfor ved biologisk rensning.

Man har desuden arbejdet med forskellige elektrolytiske og fysisk-kemiske metoder, men foreløbig uden større udsigt til succes.

Derimod har de metoder, der bygger på kemisk fældning vist sig som værende særdeles effektive. I henhold til Vandmiljøplanen skal der være mindre end 1,5mg fosfor pr. liter i det rensede spildevand. Dette betyder, at omkring 90% af det fosfor der kommer til rensesanlægget må fjernes. Forsøg og erfaringer har vist at dette er muligt med de metoder og kemikalier, man anvender i dag.

Næringssaltene betydning for forureningen

For at forklare dette må vi først se på, hvad der sker, når vi tilsætter fosfor og kvælstof til recipienten. Vi kan iagttage, at vandet bliver uklart og grumset. Den øgede algevækst viser sig somme tider som en voldsom opblomstring. Algerne kan findes i så store mængder, at overfladen kommer til at ligne grønkålsuppe. Processen kaldes fotosyntese og ser således ud:



Når cellerne dør frigives det organiske stof. Ved nedbrydning af det organiske stof forbruges en mængde ilt. Ved nedbrydningen frigøres kvælstof og fosfor, som på ny kan medvirke ved opbygningen af organisk stof. Processen er således selvforstærkende, og der er skabt en ond cirkel.

Der findes desuden alge arter, der er giftdannende. Disse gifte kan forårsage udslæt og irritation på hud og slimhinder på mennesker. Nogle algearter kan være så giftige, at dyr dør af at drikke vandet. Ofte er det nødvendigt at forbyde såvel fiskeri som badning grundet disse algeforgiftninger. Andre arter kan optages i muslinger og andre dyr uden at skade disse. Men forgiftningen kan så ramme dyr eller mennesker i næste led i fødekæden.

En anden følge af algevæksten kan være en ændring af syre/base-forholdet. Algerne optager kulsyre (CO_2) fra vandet. Derved forhøjes pH-værdien dvs. vandet bliver basisk. Hvis der i vandet er ammoniumsalte, som ved normale syre/base-forhold er uskadelige, vil disse salte ved højt pH afgive luftarten ammoniak. Ammoniak er ren gift for fisk, og følgen kan altså blive en omfattende fiskedød.

Den store algevækst forhindrer desuden lyset i at trænge ned i vandet. Derved ødelægges bundplanternes livsbetingelser, disse kræver lys for at kunne leve. Når bundplanterne dør, ødelægges også livsbetingelserne for områdets dyreliv.

I sensommeren - ofte efter nogle dage med stille, varmt vejr og lavt lufttryk - kan udskiftningen mellem bund- og overfladevand blive så ringe, at bundvandet bliver

iltfrit. Derved foregår nedbrydningen af bundlaget uden ilt. Der sker en forrådnelse. Ved denne proces udvikles der både ammoniak og svovlbrinte (H₂S). Begge stoffer er gift for både de større og mindre dyr. Endvidere udvikles gas. Denne gas vil ofte bringe en del af bundlaget med sig op til overfladen. Man får det, der kaldes bundvending.

Fosfor/fosfater

Fosfor er et grundstof. I naturen findes det næsten udelukkende som fosfater, der er uundværlige for alt levende inden for dyre- og planteriget. Fosfater findes bl.a. i husspildevand, industrispildevand, kunstgødning og staldgødning.

Vort kommunale spildevand tilføres dagligt 2,5-4 g fosfor pr. person. Langt størstedelen af denne mængde tilføres som fosfat. 20-30% af de fosfater vi kan finde i spildevandet, stammer fra moderne vaskemidler (maskinvaskepulver) fra såvel den private husholdning som fra industrielle vaskerier. Til eksempel kan nævnes, at der i Danmark findes 150 vaskerier, der vasker 200.000 t tøj årligt. Hertil bruges 6 mill. m³ vand - altså 30 L vand pr. kg tøj. Tidligere udledtes der 40-80 mg fosfater pr. L vand herfra. Dette er dog ikke altid tilfældet i dag.

Spildevand

Spildevandet er karakteriseret, dels af dets fysiske, biologiske, hygiejniske og æstetiske egenskaber, og dels af dets indhold af fremmede stoffer.

1. Fysiske egenskaber

Disse omfatter væsentligst temperatur, bundfældelighed og korrositet.

2. Biologiske egenskaber

Indhold af forskellige organiske stoffer samt disses nedbrydelighed (herunder nedbrydningshastighed).

Stoffernes indvirkning på renseanlægget, der kan f.eks. være tale om hæmning eller direkte giftvirkning.

3. Hygiejniske egenskaber

Indhold af sygdomsfremkaldende bakterier og virus.

4. Æstetiske egenskaber

Farve, lugt, indhold af slam, flydestoffer m.v.

5 Indhold af fremmede stoffer:

Større mekaniske emner

Grus, sand o. lign.

Opslemmende organiske forbindelser

Opløste organiske forbindelser

Næringsalte (kvælstof, fosfor o.a.)

Metalsalte (zink, krom, cadmium, nikkel, kviksølv m.fl.)

Personækvivalent

Man har valgt at opgøre forureningsmængder ved hjælp af enheden, en personækvivalent (PE).

1 PE angiver den mængde af forurenende stoffer som 1 person i gennemsnit er årsag til pr. døgn. 1 PE er defineret således:

- 200L spildevand./døgn
- 60g BI₅/døgn eller 60 g BOD/døgn
- 120g COD/døgn
- 13g N/døgn
- 2,5g P/døgn
- 72g SS/døgn

Afløb fra industrier og erhvervsvirksomheder beregnes ud fra ovennævnte normtal og deres belastning af systemet angives i PE.

Målinger og analyser

Ved hjælp af målinger og analyser er man i stand til at beskrive spildevandets mængde og dets karakter. Herudfra må man så vurdere, hvilke rensningsforanstaltninger som evt. må iværksættes, for ikke at forstyrre den økologiske balance i recipienten og tilføje varig skade på dens dyre- og planteliv.

Recipientkvalitet

For de vandige recipienters vedkommende, har amterne i recipientkvalitetsplaner fastsat, hvilken kvalitet en recipient skal tilstræbes at opnå. For at opnå det fastsatte mål, er der derfor stillet bestemte krav til hver enkelt spildevandsudledning om kvalitet og evt. mængde af det udledte.

Udlederkrav

Udlederkravene kan f.eks. omfatte følgende parametre:

- Vandmængde (tørvejr), m³/døgn
- Itforbrug, BI₅ (eller BOD) samt COD, mg O₂/L
- Ammoniakkvælstof NH₃, NH₄⁺, mg/L
- Total kvælstof, mg/L
- Total fosfor, mg/L
- pH, ubenævnt
- Temperatur, °C
- Suspenderet stof (SS), mg/L

Desuden evt. specielle krav til giftighed, kemikalierester, fenoler o.a.

Vandmængde

Krav til vandmængder kan være fastsat som maksimal udledning pr. døgn og/eller som maksimal årlig mængde. Der kan også være fastsat krav til maksimal aflastning fra overfaldsbygværker og ved regnvandsbassiner maksimal årlig antal aflastninger (overløb) fra disse.

Spildevandssystemer generelt

Kloak- og spildevand

For at kunne rense spildevand skal det opsamles ledes til renseanlægget. En kloak er et underjordisk afløbssystem for flydende affald. Formålet med kloakken er at bortlede spildevandet på en hygiejnisk og betryggende måde. Blandt fagfolk skelnes der mellem huskloakker og hovedkloakker.

En huskloak er afløbssystemet på privat grund. Gennem stikledninger tilsluttes den gadekloakken, som er en del af hovedkloakken. Huskloakker og stikledninger kaldes også for afløbsinstallationer.

Afløbsinstallationer i bygninger må kun udføres af autoriserede gas - og vandmestre, og afløbsinstallationer i jord må kun udføres af autoriserede kloakmestre.

Hovedkloakanlæg, der som regel ejes og drives af det offentlige, må derimod udføres af enhver, som måtte blive betroet opgaven.

Spildevand

Spildevand kan være afløb fra boliger, såkaldt husspildevand. Det kan være afløb fra erhvervsvirksomheder, og kaldes da for industrispildevand. Blandinger af husspildevand og industrispildevand kaldes undertiden for byspildevand.

Nedbørsvand og infiltrationsvand

Foruden spildevandet, som overvejende består af brugt vandforsyningsvand, skal afløbssystemerne desuden aflede nedbørsvand fra hustage, fra befæstede arealer såsom gader, veje og pladser, grundvand fra dræn samt infiltrationsvand fra utætte brønde og rørledninger.

Afløbs- eller kloaksystemer for spildevand, er her i landet overvejende udført som lukkede underjordiske rørsystemer. Til afledning af nedbørsvand anvendes der også åbne grøfter og kanaler.

Regnvand

Nedbørsvand fra regnvej, snefald m.v. kaldes som regel under et for regnvand.

Ved fællessystemer er der kun 1 rørledning, som afleder både spildevand og regnvand.

Ved separatsystem er der 2 rørledninger, som er adskilte fra hinanden. Den ene fører spildevandet til renseanlægget, og den anden fører regnvandet til recipienten.

Fællessystemer

De første bosættelser her i landet fandt sted i nærheden af søer eller vandløb, og her opstod middelalderbyerne og købstæderne. Latrinen blev afhentet af "natmændene", medens det øvrige affald blev skyllet væk med regnvandet i de åbne

rendestene. Dette foregik efter gravitationsprincippet, d.v.s. at affaldet drevet af tyngdekraften flød ud i søen eller vandløbet, som befandt sig i et lavere niveau.

Efter flere epidemier, blev der i forrige århundrede indført lukkede underjordiske kloaksystemer efter samme princip som for rendestenenene. Blandingsvandet i de fællessystemer som afløste rendestenenene, blev efter en nødtørftig frasortering af de største uhumskheder i grovrister og/eller bassiner ledt direkte ud i recipienten på det nærmeste sted.

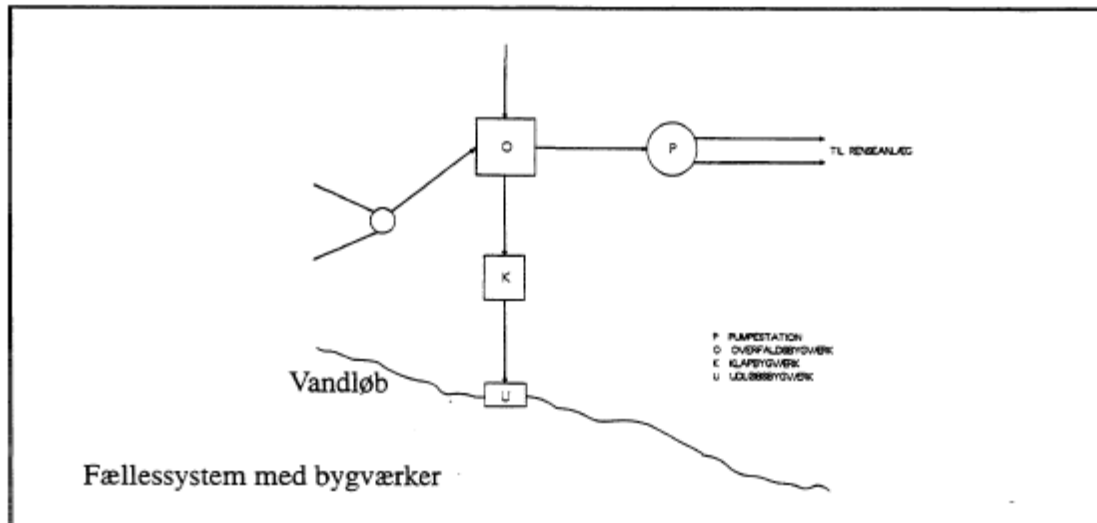
Der er senere bygget afskærende ledninger til at opsamle disse udløb og føre vandet til rensning.

Pumpestationer

Da fællessystemerne førtes til lavt liggende områder, blev det ofte nødvendigt at pumpe vandet bort ved hjælp af mekaniske pumpeanlæg. Disse pumpeanlæg blev dimensioneret til at bortpumpe spildevandet plus en del af overfladevandet under regn eller tøbrud.

Overfaldsbygværker

Resten af tilstrømningen blev så, i et overfaldsbygværk, aflastet til recipienten, til skade for denne se figur 1



Figur 1 viser et spildevandssystem med bygværk

Regnvandsbassin

For at skåne recipienten, er der mange steder bygget regnvandsbassiner til at opsamle nedbøren for senere afledning.

Regnvandsbassiner kan være åbne bassiner eller lukkede underjordiske bassiner. Undertiden bruger man selve rørledningssystemet som regnvandsreservoir.

Åbne regnvandsbassiner kan være uæstetiske og give anledning til lugtgener. Der findes også underjordisk, lukket bassin med overløb. Bassinet kan i princippet indskydes på den afskærende ledning, hvor som helst. Overløb føres til recipienten.

Separatsystem

Separatsystemet eller 2-strengs systemet er en senere opfindelse. Det eliminerer de fleste af ulemperne ved fællessystemet, men det kræver 2 komplette, af hinanden uafhængige, rørledninger. Hertil kommer evt. pumpestationer m.v. se figur 2.

Ved separatsystemet skal de spildevandsførende ledninger kun dimensioneres for spildevandsmængden plus infiltrationsvand, pumpeanlæggene kan være mindre, og tilstrømningen til renseanlægget bliver mere jævn.

Det giver lavere omkostninger til etablering og drift af renseanlægget og en mere stabil drift af især biologiske renseanlæg.

Udligningsbassiner

For at udjævne tilstrømningen kan man bygge udligningsbassiner på renseanlægget eller i oplandet. Herved opnås, at ledningsdimensionerne kan gøres mindre (eller belastes hårdere), ligesom der er mulighed for besparelser på renseanlægget. Spildevandsstrømme benævnes i øvrigt også med det engelske udtryk flow. Vandmængden angives ofte med bogstavet Q og måleenheden er L/sek eller $m^3/time$ (m^3/h).



Figur 2 viser princippet i fælles -og separatsystem

Regnvand

Regnvand, smeltevand, drænvand plus infiltrationsvand ledes som regel til den nærmeste recipient, efter at sand, olie og større emner er udskilt. Imidlertid viser undersøgelser af regnvandet, at indholdet af forurenende stoffer er så stort, at en vis rensning er påkrævet. Der vil i årene fremover givetvis blive stillet krav herom.

Det er især støv og snavs fra hustage, gader, veje og pladser, som bør frarenses før udledningen.

Alternative kloakeringsmetoder

Nedsivningsanlæg

Septiktanke med afløb til sivebrønd anvendes stadigvæk i tyndt befolkede områder, såsom enlig beliggende ejendomme og sommerhuse. Her benyttes jorden som recipient. Om der måske på længere sigt kan blive tale om forurening af grundvandet er uvist. Boliger med nedsivningsanlæg forudsætter som regel vandforsyning fra fællesvandværk.

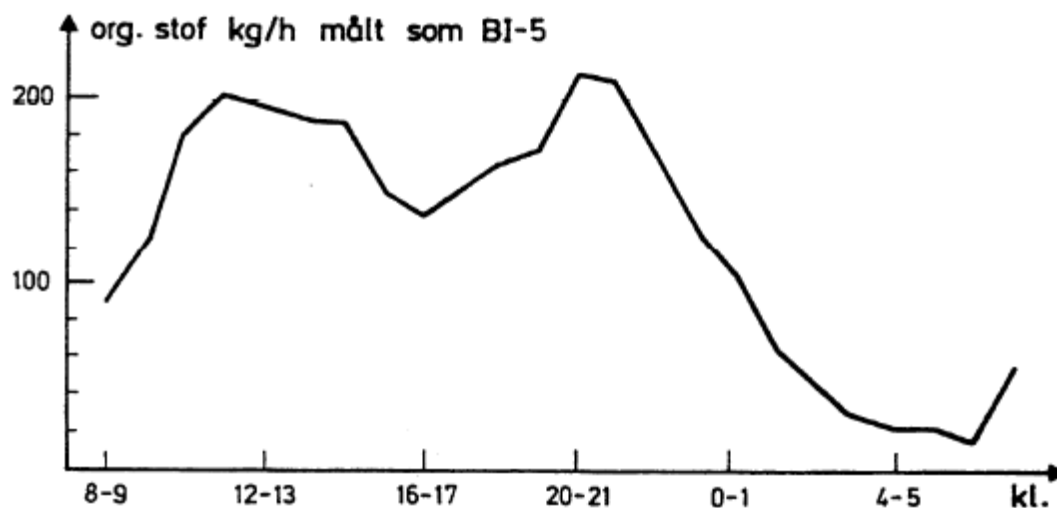
Samleanlæg, vakuumanlæg m.v.

I samletankanlæg opsamles alt spildevandet i en tæt og lukket tank. Tanken tømmes efter behov af en slamsluger, og tankindholdet køres til et renseanlæg eller til et aftalt afleveringssted.

Vakuumanlæg anvendes undertiden i sommerhuse, men ellers for det meste i fly, tog, færger og andre mobile anlæg. Affaldet fra vakuumanlæg er stærkt koncentreret på grund af de meget små vandmængder som benyttes. Vakuumtanken må ligesom andre tankanlæg tømmes efter behov og indholdet transporteres til rensning eller forbrænding. I visse specielle tilfælde kan det være en fordel at udføre et fælles vakuumanlæg i stedet for kloakering. Det kan f.eks. være aktuelt i områder, hvor jordbundsforholdene gør det vanskeligt at udføre almindelig kloakering.

Spildevandets mængde og indhold

Spildevandets mængde og dets indhold af forurenende stoffer kan variere stærkt døgnet igennem, ligesom der ofte er store variationer på ugens forskellige dage se figur 3.



Figur 3 viser døgnvariationen i tilført organisk stof

Det kan være en særdeles vanskelig opgave at indrette og drive et renseanlæg som fungerer effektivt under stærk varierende forhold. Er der tilsluttet levnedsmiddelvirksomheder såsom mejeri, sukkerfabrikker eller andre kan der være tale om meget store sæsonvariationer.

Ved biologiske anlæg vil en pludselig stigning i fødemængden, ikke medføre en øjeblikkelig stigning i biomassen, den vil i værste fald virke som en forgiftning af anlægget, og i bedste fald forøge mængden af stof i afløbet til skade for recipienten.

Slutrensningen vil blive forlagt til recipienten, ilten i denne vil måske blive opbrugt, fiskene vil flygte eller dø, og faunaen vil blive domineret af enkelte arter af de primitive dyr, som har tilpasset sig livet i et forurenede miljø. Børsteorm (Tubifex), Rottehalelarve (Eristalis) Sommerfuglemyg (Psychoda) er alle eksempler på forureningsdominanter

Spildevandsrensning

Der er teoretisk set intet til hinder for at spildevand kan renses fuldstændigt, så det kan genbruges. Det er alene et spørgsmål om metode og om økonomisk indsats.

Her i landet, hvor vi indtil videre har adgang til brugsvand i tilstrækkelig mængde og i acceptabel kvalitet, kan vi nøjes med at rense spildevandet så det ikke forulemper recipienten mere end tåleligt. Denne rensning kan ske på forskellig måde og ved forskellige metoder.

Metoderne kan opdeles i:

- mekanisk rensning
- biologisk rensning
- kemisk rensning
- efterpolering
- lavteknologi

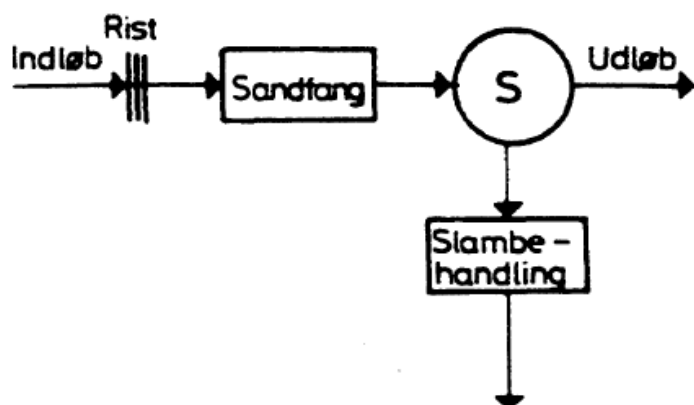
Renseanlæg og rensemetoder

Mekanisk rensning

Ved mekanisk rensning udnytter man de mekaniske egenskaber ved spildevandet, f.eks. massefyldeforskellen, som bevirker at partikler enten bundfæles (sedimenterer), eller, efter opblanding med luft, stiger til overfladen (floterer).

Mekanisk renseanlæg er som regel udstyret med en eller anden form for rist eller si, for at tilbageholde større emner (papir, grene m.m.) se figur 4.

Mekanisk anlæg kan være alt - lige fra små simple brøndanlæg (f.eks. Trix-Jantre) til store anlæg med meget mekanisk udstyr.

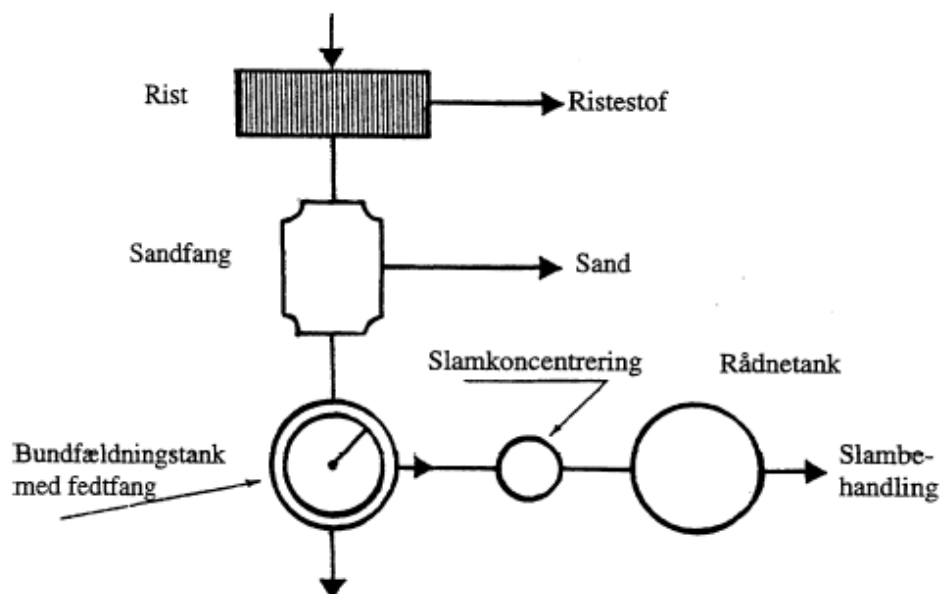


Figur 4 viser et mekanisk anlæg

Mekaniske renseanlæg kan i virkeligheden være meget beskedne, ofte blot en rist og et sandfang. Lidt mere avancerede anlæg kan have en bundfældningstank, slamtykne og en rådnetank figur 5.

Slammet køres i eksemplet bort til afvanding og deponering andet sted.

I et velfungerende mekanisk renseanlæg kan påregnes en reduktion af organisk stof på 30 - 40%.



Figur 5 viser et blokdiagram over et mekanisk renseanlæg

Ristebygværker og ristetyper

De klimatiske forhold her i landet gør det nødvendigt, at riste, sigter o. lign. anbringes i lukkede, vel ventilerede bygninger, som må kunne holdes frostfri.

Risteanlæg kan opdeles i 3 hovedtyper: - grovriste
- finriste
- sigter.

Desuden findes der forskellige kværne, såsom Maceratorer, Comminutorer, Disintegratorer, som har til formål at findele de faste partikler der er i spildevandet.

Risteanlæggene har til opgave at tilbageholde de faste partikler, som vil kunne gøre skade på renselanlæggets maskiner eller på rens-processerne. De tilbageholdte emner kaldes under ét for ristestof.

Ristestof består bl.a. af større emner, såsom træstykker, sten, klude, kasserede beklædningsgenstande, gulvklude, legetøj fra både børn og voksne, papirrester, tandsæt, håraffald, foruden fæcesknolde, kondomer, hygiejnebind m.v., langt overvejende genstande, der burde have været i skraldespanden i stedet for i toiletet.

Ristestof kan evt. afvandes på stedet og opsamles i container, hvorefter det sendes til forbrænding.

I produktionsvirksomheder holdes processpildevand og sanitetsspildevand som regel skarpt adskilt. Det medfører at ristestof fra processpildevandet ofte kan opsamles og genanvendes uden hygiejniske problemer.

Ristestof fra husspildevand er derimod inficeret med bakterier, virus, parasitter o.a. fra mennesker og dyrs system, og må derfor håndteres derefter.

Grovriste

En grovrise kan bestå af et antal ristestænger af rundstål eller fladstål på højkant. Afstanden mellem ristestængerne er 40-100 mm, og risten anbringes i en vinkel med lodret på 30 - 45°.

Grovriste tilbageholder kun meget grove forureninger, (cykelstel og gamle barnevogne). Grovrise oprenses ofte manuelt.

Finriste

Finriste består ligesom grovrise af rundstål eller kantstillede fladstål. Afstanden mellem ristestængerne er ved finriste kun 10-25 mm, og ristene anbringes mere lodret end grovristerne, ofte omkring 75°.

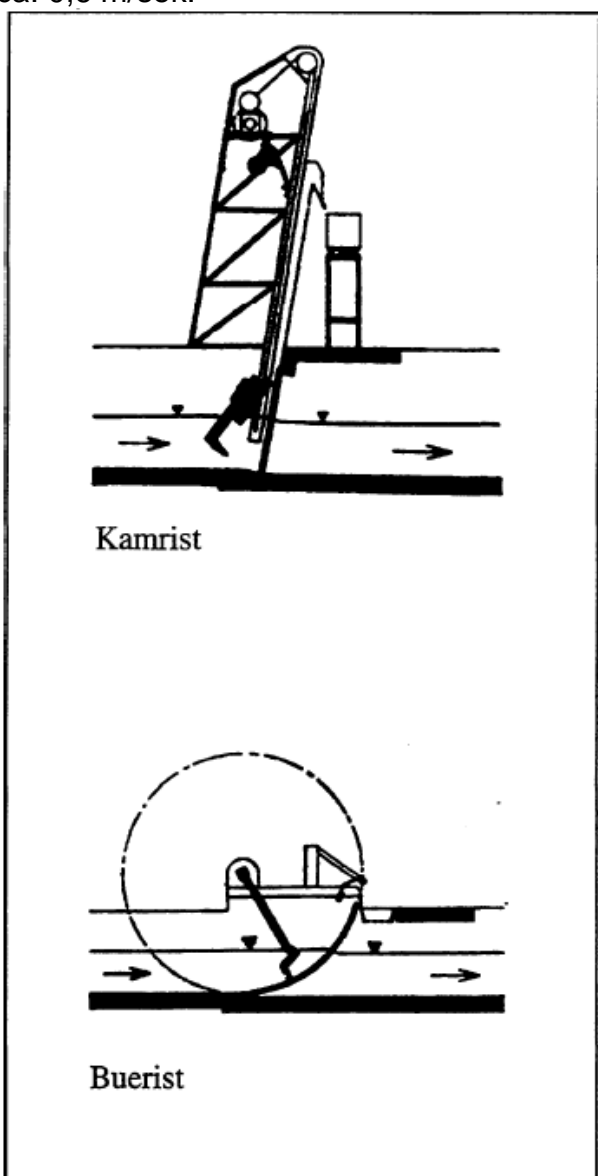
Finriste tilbageholder væsentlig større ristestofmængder og renses derfor normalt mekanisk og automatisk. Mekaniske finriste kan være kamriste eller bueriste se figur 6

Når trykfaldet over risten på grund af opsamlet ristestof, overskrider en forud indstillet værdi, f.eks. 10 cm, vil maskinen starte og fjerne ristestoffet. Maskinen vil køre, indtil trykfaldet er nede på minimumværdien.

Automatiske ristmaskiner er ofte indrettet således, at de ved stor tilstrømning, kører kontinuerligt. Kamriste kan bygges til kanaler i vilkårlig højde, medens bueriste egner sig bedst til lave kanaler.

Kamristen på figur 6 består af et maskinstiv af profilstål, som er fastboltet til gulvet over indløbskanalen. Stativets nederste del ender i en rist af kantstillet fladstål. Ophængt på en lejret aksel, hænger foroven en drivstation, bestående af et el-drevet snekkegear.

For at undgå for kraftig gennemspuling af risten bør vandhastigheden ikke overstige ca. 0,6 m/sek.



Figur 6 viser princippet i henholdsvis en kamrist og en buerist.

Gearets moment optages af en fjederbelastet arm, som er forbundet til en kontakt. Kontakten afbryder styrestrømmen til drivmotoren, såfremt det indstillede moment overskrides.

Gearet driver 2 parallelle rullekæder, som løber over 2 sæt kædehjul.

Kammen eller riven er ophængt i en slags vogn, hvis øverste arme er fæstnet til kæderne. Midtpunktet af vognen er styret af et sæt styreruller, der kører i maskinstativet.

Når vognen er helt i topstilling er riven løftet fri af ledepladen, idet det øverste kædehjul virker som en krumtap med skrabervognens øverste arme som plejlstænger.

Ved opstuvning starter maskinen, riven bevæger sig nedad, styret af profilstativet. Når riven når bunden af kanalen stopper den, og krumtapbevægelsen lægger riven ind mod risten og fortsætter straks bevægelsen opad.

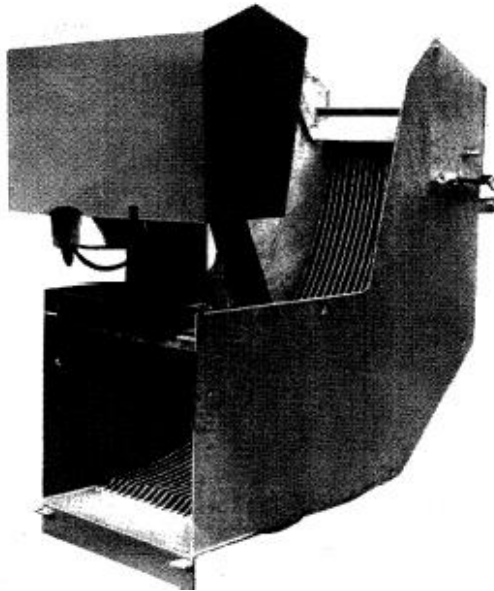
Ristestoffet slæbes opad risten, videre ad ledeplade til udkastningsåbningen. Her afkastes ristestoffet og riven renses med en skraber førend den kører i topstilling og løfter riven. Kistestoffet kan opsamles i en container eller ledes til en ristestofpresse.

Bueriste anvendes ofte på renseanlæg i størrelse på op til 20.000

personækvivalenter. I sin enkleste form er bueristene blot en roterende rive.

Ristestængerne er her formet som en kvartcirkel, og spildevandet ledes ind i den konkave side af risten. Rensemekanismen består af 2 parallelle arme, som i enderne er påmonteret en forlandet plade. Pladen kaldes riven eller kammen. Rivetændene passer ind imellem ristestængerne se figur 7.

Rensemekanismen roterer koncentrisk om drivakslen, som drives af et el-motordrevet snekegear.



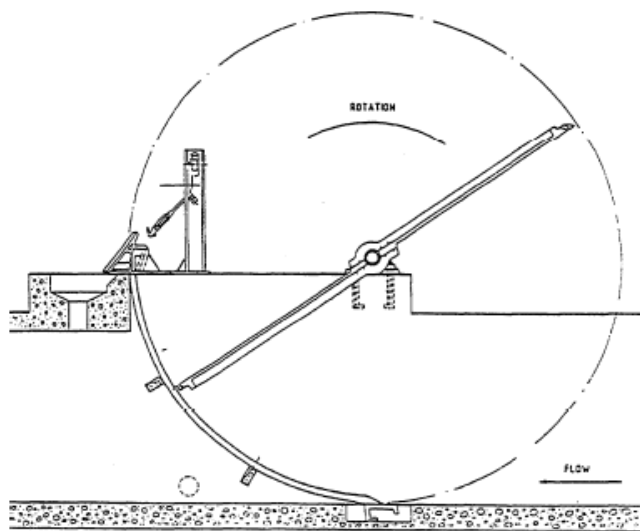
Figur7 viser en hydraulisk risterive

Bueristens virkemåde

Ved opstuvning starter maskinen sin roterende bevægelse fra ristens bund og opetter, medens den skubber ristestoffet foran sig. Efter at have passeret toppen af risten, møder riven en vippeplade, som skal forhindre at ristestoffet falder tilbage i kanalen se figur 8.

En del af ristestoffet falder ned over vippepladen, og resten fjernes med en riveskraber som er ophængt i en galge over risten. Skraberens returbevægelse dæmpes, enten med kontravægte eller med hjælp fra en dæmpecylinder.

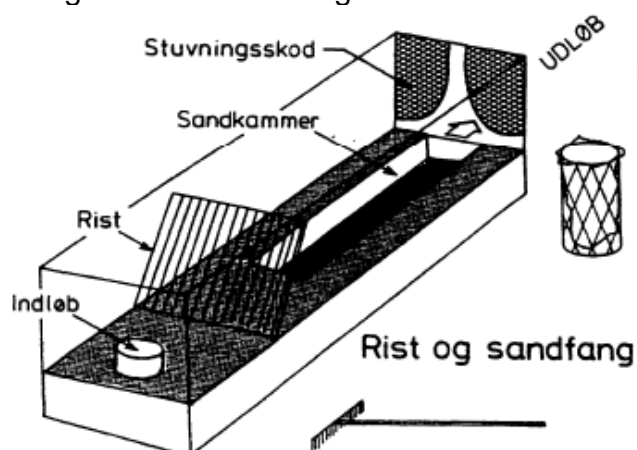
Ristestoffet falder ned i et trug med drænhuller i bunden for delvis afvanding. Herfra fjernes det for evt. yderligere afvanding eller borttransport. For at undgå for kraftig gennemspuling af risten, bør vandhastigheden ikke være over 0,6 - 0,7 m/sekund.



Figur 8 viser en mekanisk buerist

Ristestof transport. Ligegyldigt, hvilken type rist der har været benyttet, står man nu tilbage med ristestoffet. Dette skal bortskaffes på en forsvarlig og hensigtsmæssig måde, idet både interne og eksterne hygiejniske forhold skal tilgodeses.

På helt små anlæg er det ofte driftstilsynspersonalets job at tage ristestoffet fra med en rive eller greb, hvorefter det kommes i sække, der eventuelt bortskaffes sammen med dagrenovationen se figur 9.



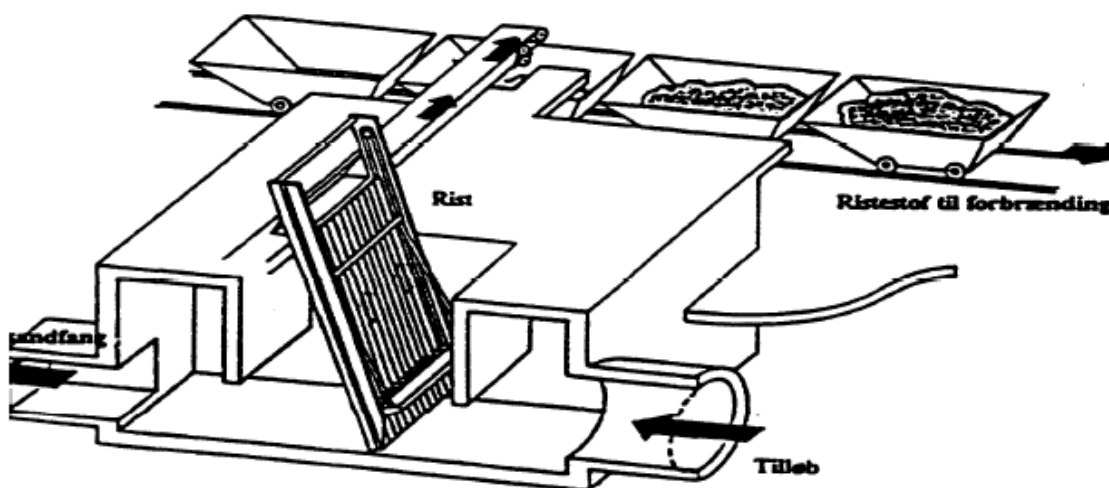
Figur 9 viser et sammen bygget rist og sandfang

På lidt større anlæg dumper ristestoffet over ristekant og direkte ned i minicontaineren m/låg. Denne tømmes så iflg. aftale med den lokale tekniske forvaltning oftest til forbrænding eller som lokal dagrenovation.

De større anlæg udviser en mangfoldighed af metoder og kombinationer af disse, alle tagende sigte på at have så lidt berøring med ristestoffet som muligt.

Ofte ses en løsning med en snegl eller et transportbånd, der medtager ristestoffet og transporterer dette til en container. Hvis det ikke allerede er blevet delvist "afvandet" i forbindelse med transport via en snegl står det og drypper af inden containeren sendes til slutdeponering. (Kontrolleret losseplads eller forbrænding).

Nedenfor viser en noget omstændelig, men overordentlig berøringsfri kombination af riste og ristestofbehandling, der benyttes på et større dansk renseanlæg se figur 10.



Figur 10 viser et risteanlæg

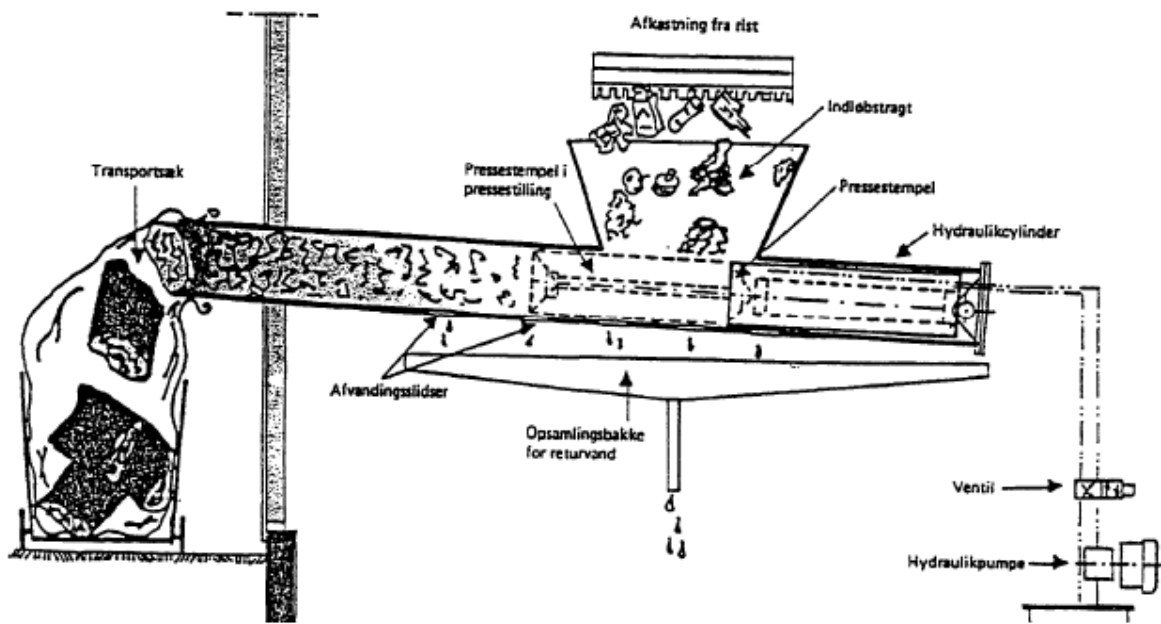
Ristestofpresse

Den mest hygiejniske måde at bortskaffe ristestoffet på, er at bringe det fra ristemaskinen og direkte til forbrænding.

Figuren nedenfor viser en ristestofpresse som både komprimerer, afvander og transporterer ristestoffet i en arbejdsgang se figur 11.

Ristestofpressen betjenes af en hydraulikstation og pressestykket kan indstilles efter de aktuelle forhold.

Pressen starter samtidig med ristemaskinen. Den stopper igen nogen tid efter at ristemaskinen er stoppet, eller den kan styres af en lysstråle i tragten således, at den først stopper, når tragten er tømt.

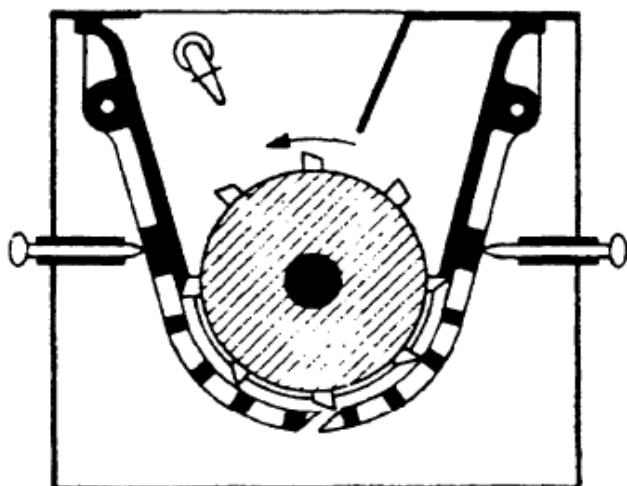


Figur 11 viser en hydropræs ristestofpresse

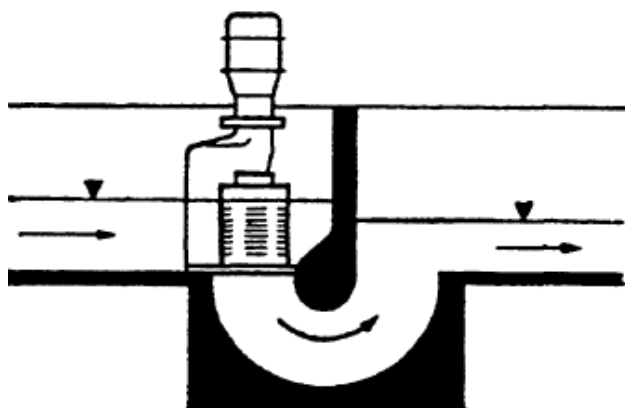
Comminutorer

Comminutorer er en slags fællesbetegnelse for forskelligt udformede møller eller kværne, som har til opgave at findele ristestoffet, evt. helt erstatte risten. På grund af besværlighederne med tilstopning senere i renselanlægget, og de høje vedligeholdelsesomkostninger, er systemet efterhånden forladt til fordel for mekanisk rensede riste.

Ved opstuvning foran risten, startes maskinen, og ristestoffet, som er tilbageholdt udvendig på tromlen, skæres itu af en faststående kniv, så det kan passere igennem spalterne i tromlen se figur 12.



Skærevalse



Spaltetromle

Figur12 viser forskellige comminutorer

Desintegratoren

Anlægget består af en mekanisk rensed rist og en pumpe, hvor løbehjulet er forsynet med hårde knive.

Ved opstuvning starter ristemaskinen og skraber ristestoffet over i pumpesumpen. Samtidig starter pumpen som findeler ristestoffet og leder det tilbage foran risten. Processen gentager sig indtil opstuvningen er fjernet.

Sigter

Især i industrien kan det være ønskeligt at anvende sigter eller sier i stedet for riste. Meget fine sier kan erstatte sandfang og bundfældningstanke.

Det frasierte materiale fjernes ved spuling med højt vandtryk, evt. med varmt vand. Ved sier kan der derfor forekomme sundhedsskadeligt arbejdsmiljø, på grund af aerosoler med bakterier, virus og andet. Sier kan være roterende eller faste sier. Ved roterende sier er spuleanordningen fast, medens den ved faste sier, kan bevæges over sien.

Sandfang

Sandfang har til opgave at udskille sand, grus, jord og lignende, så at det ikke giver anledning til unødigt slid på maskiner og pumper, eller til ophobning i rør eller tanke m.v., med driftsforstyrrelser til følge.

Sandfang findes i mange størrelser og udformninger, lige fra sandfanget i en nedløbsbrønd, til store sandfang med adskillige kanaler i renseanlæg.

For at undgå at få bundfældet slam i sandfanget, beregner man almindeligvis sandfang således, at der kun bundfældes partikler med en mindste diameter f.eks. 0,15 mm.

Synkehastigheder for sand og slam

d mm	0,5	0,2	0,1	0,01
Sand m/time	258	82	24	0,30
Slam m/time	61	18	3	0,03

Da vandmængderne i sandfanget kan variere stærkt, er det nødvendigt at udforme sandfanget, så at arealet af vandoverfladen svarer til vandmængden, d.v.s. at man tilstræber at holde overfladebelastningen konstant. Overfladebelastningen bør være lig med synkehastigheden.

Spildevandet ledes ind på langs af sandfanget, men ved at blæse luft ind i bunden af tanken sættes vandet i spiralformet bevægelse. Systemet indrettes således, at den opadgående bevægelse tilstræbes, at blive ca. 0,3 m/s, således at kun partikler med en større synkehastighed synker til bunds.

Ved at sætte baffelplader ned langs tankens sider sikres tilstrækkelig ro, således at flydestofferne, der stiger til vejrs evt. hjulpet af den indblæste luft forbliver i overfladen.

Flydestofferne på overfladen og sandet i bunden af tanken skræbes automatisk af den viste skraberbro til tankens ender, hvor det oppumpes se figur 13.

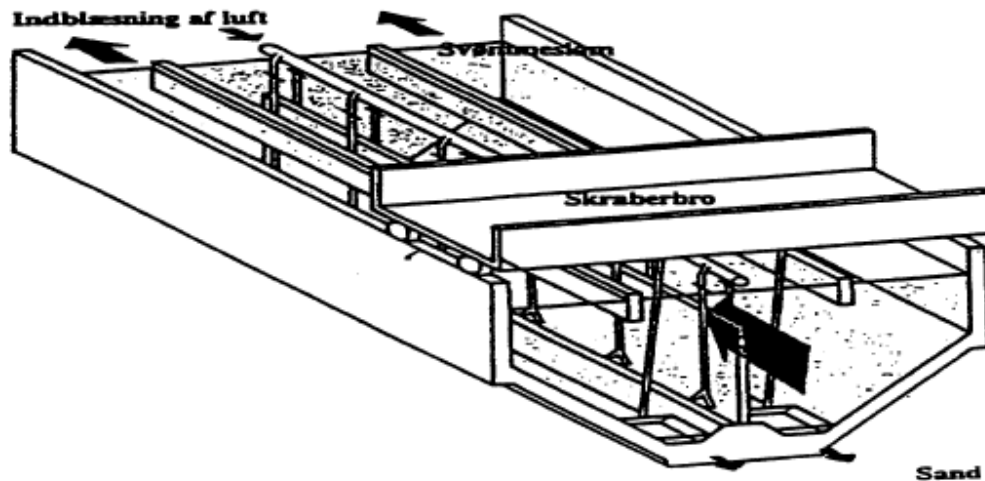
Fedtfang

Sandfang kan være kombineret med et fedtfang, og er så oftest luftede.

Spildevandet ledes langsomt gennem fedtfanget. På grund af, at olie- og fedtstofferne har lavere massefylde end vandet, vil de stige til overfladen, hvorfra de kan afskummes.

Luftindblæsningen forøger fedtpartiklernes hastighed mod overfladen, samtidig med at spildevandet friskes op førend det ledes til bundfældningstankene.

Ofte har spildevandet, især i sommertiden, været længe undervejs til renselanlægget. Det har måske opbrugt ilten, så at det har fået ildelugt. Også af den grund kan det være hensigtsmæssigt at foretage en beluftning. Luften leveres af luftkompressorer, enten af centrifugalblæsere, eller af såkaldte kapselblæsere.

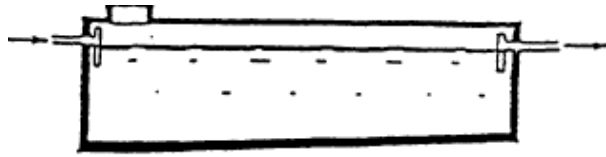


Figur13 viser princippet i et større horisontalt sandfang med fedtfang.

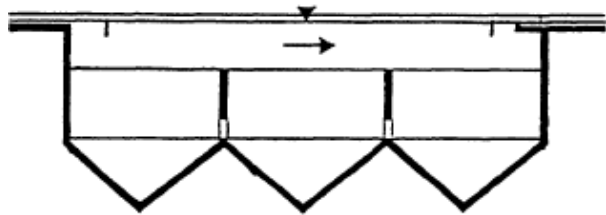
Bundfældning

Bundfældning eller sedimentering er det sidste trin i den mekaniske rensning. Da slampartiklerne er tungere end vandet vil de synke til bunds, såfremt vandet bevæger sig tilstrækkeligt roligt. Dette kan ske ved at vandet bevæger sig så langsomt igennem en tank at opholdstiden bliver 1-2 timer. Bundfældningen kan ske i en septiktank eller en emscherbrønd se figur 14.

Ulempen ved septiktanken er, at det friskt tilkommende spildevand forurenes med gæringsprodukterne fra det aflejrede slam. Det bringes selv i gæring, så det forlader tanken i iltfattig og ildelugtende tilstand, selvom indholdet af organisk stof er reduceret ved behandlingen. Denne ulempe er undgået ved Emscherbrønden, en slags 2 etages tank.



Septictank



Emscherbrønd eller Emschertank

Figur 14 viser indretningen af en septitank og en Emscherbrønd.

Gennemstrømningen af spildevand finder sted foroven. Det udskilte bundfald synker gennem slidser til den nederste del, hvor slamgæringen foregår.

Dortmundtanken

Dortmundtanken kan være cirkulær eller kvadratisk se figur 15. Spildevandet ledes ind til midten af tanken. Det tvinges nedad af et centralt rør, hvorfor det langsomt begiver sig mod overløbskanten.

Slammet vil bevæge sig mod bundkeglen. På grund af keglens ret stejle sider, vil slammet samle sig i bunden. Herfra kan det aftappes efter behov ved hjælp af et spjæld i slambrønden. Flydeslammet kan afskummes ved hjælp af en skraber og ledes til slambrønden.

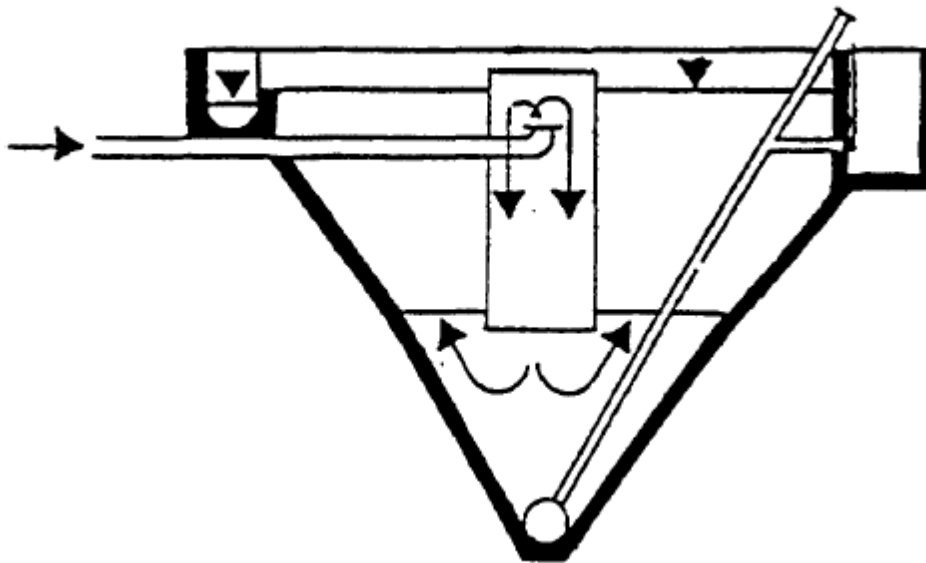
Fra slambrønden kan slammet transporteres til videre behandling i en slamkoncentreringstank, eller direkte til rådnetanken.

Større bundfældningstanke af Dortmundtype vil blive urimeligt høje og kostbare. Større tanke bygges enten rektangulære med vandret eller let skrånende bund, eller cirkulære med mere eller mindre skrånende bund se figur 16. De forsynes så med skraber af forskellig udformning for at fjerne det bundfældende slam fra tankbunden, og evt. samtidig flydeslammet fra overfladen.

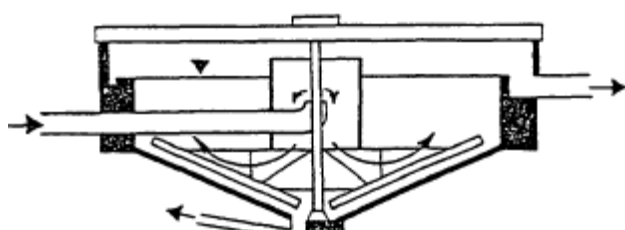
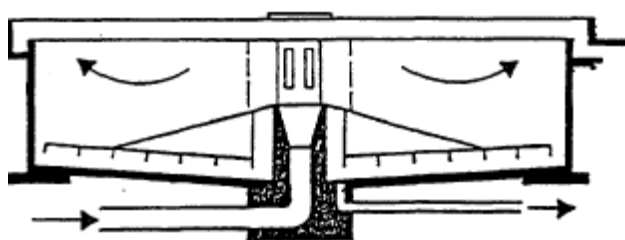
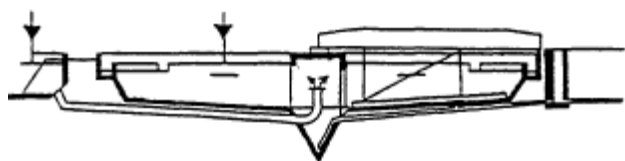
Større anlæg har flere tanke i paralleldrift. Det er vigtigt, at fordelingen af vandmængderne sker i samme forhold som deres indbyrdes størrelse.

Det er også vigtigt, at slammet hyppigt fjernes fra tankbunden, så det ikke går i anaerob forgæring og giver anledning til "opskydning" af slam til overfladen og evt. udvikling af gasser. Slamlaget bør ikke overstige ca. 10 cm. For at undgå ophvirvling af slam fra bunden, bør slamskraberen bevæge sig roligt og med passende lav hastighed, normalt ca. 1-2 m/minut.

Slammet skrabes til en slambrønd, hvorfra det kan aftappes til koncentreringstanken, eller til direkte indpumpning på rådnetanken. Undertiden anvendes en centrifuge eller andet til opkoncentrering af slammet, før det føres til videre behandling.



Figur15 viser princippet i en cirkulær Dortmundtank.



Figur 16 viser princippet i rektangulære bundfældningstanke

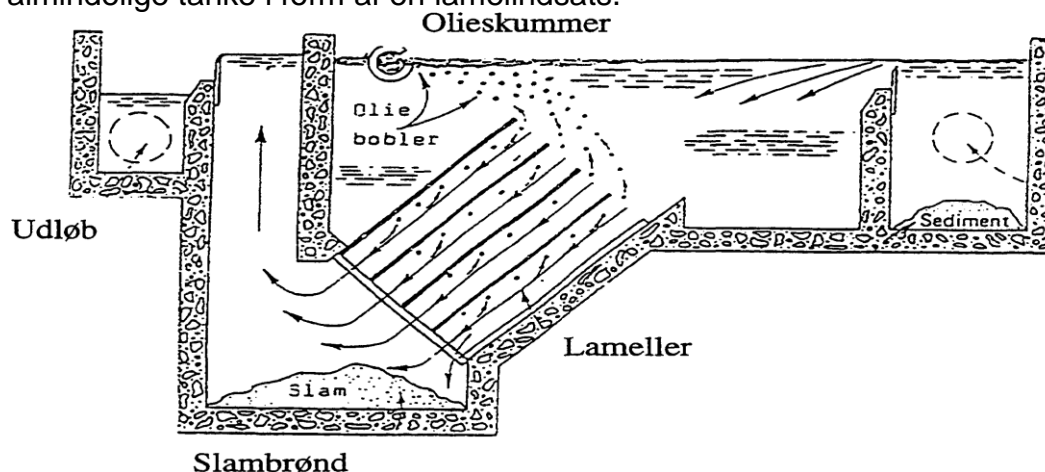
Kædeskrabere kræver en del vedligeholdelse. Øverste tegning i figur 16 har skrå bund og kædeskraber. Midterste tegning i figur 16 har vandret bund og kædeskraber. Nederste tegning i figur 16 har vandret bund og traversskraber.

Lamelsedimentation

Det er nødvendigt, at de partikler, som ønskes bundfældet, har så lang opholdstid i tanken, at de kan få tid til at nå bunden, før vandet forlader tanken. For at gøre bundfældningsvejen kort, kan man lade spildevandet passere mellem skråtstillede plader (lameller), som kan være pressede i bølgeform se figur 17.

Når slammet når pladen, glider det langsomt nedover til slambrønden. Man benytter såvel medstrøms- som modstrømsseparationer

Lamelseparatorer kan være opbygget som selvstændige enheder, eller indbygget i almindelige tanke i form af en lamelindsats.



Figur 17 viser en lamelseparator

Slamkoncentrering

Det er ofte økonomisk fordelagtigt at tykne slammet før det føres til rådnetanken. En opkoncentrering af råslammet fra f.eks. 2% tørstof til 16% tørstof, nedsætter volumen til en tredjedel. Det medfører mindre behov i rådnetankkapacitet eller længere opholdstid i rådnetanken. Samtidigt medfører det også et mindre energiforbrug til opvarmning og mindre mængder slamvand fra rådnetanken, som evt. ville kunne skabe problemer i renselanlægget.

Slamkoncentreringstanke kan være dekanteringstanke eller gennemstrømningsstanke. Ved dekanteringstanke føres slamvandet bort diskontinuerligt fra overfladen ved hjælp af en flyder eller et bevægeligt stibord.

Afgørende for en slamsilos gode funktion, det vil sige, at den kan modtage overskudsslam i tilstrækkelig mængde, og at der er en passende tørstofprocent (3 - 5%) i den bortførte slammængde, er følgende:

1) En jævnt fordelt slam oppumpning over hele døgnet - korte pumpeperioder og forholdsvis korte tidsrum mellem oppumpningerne. En lille slam oppumpning giver mindst muligt uro i tanken, og muligheden for kortslutnings-strømme mindskes. Jo mindre der pumpes op ad gangen des bedre bliver koncentreringen. Der er heller ikke nogen fordel ved at pumpe mere slam op til siloen, end man kan udskille, det er spild af energi. Normalt vil en oppumpning fra 2 - 6 gange i timen af en varighed pr. gang på 1/2 - 1 min. være passende afhængig af pumpe størrelsen.

2) En rigtig indstilling af fordelerskoddet i fordelerkassen, så tanken ikke overbelastes vandmængdemæssigt. Det er vigtigt, at fordelerskoddet i fordelerkassen er rigtigt indstillet i højden, det vil sige, at en passende slammængde (aktieslam fra slamfanget) tilledes tanken. Det gennemsnitlige slamvolumen (SV) for tilbageløbet skulle helst ikke overstige 200 ml/L som en øvre grænse.

3) Slambortkørslen skal helst foregå i små mængder og hyppigt. Bortkørt mængde pr. gang fra 1/4 til 1/3 af silorumfanget.

Biologisk rensning

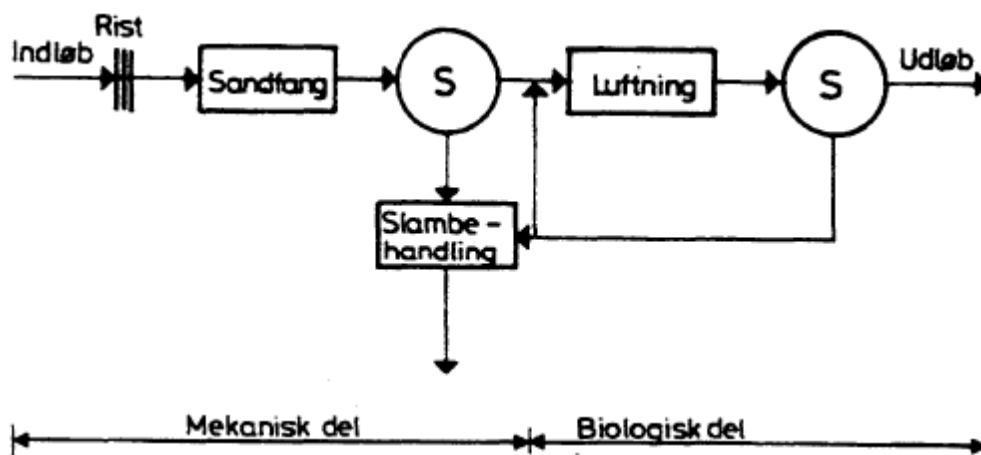
Ved biologisk rensning af spildevand udnytter man spildevandets biologiske egenskaber, f.eks. evnen til at kunne nedbryde organisk stof ved hjælp af mikroorganismer. Man skelner mellem aerobe processer, anaerobe processer, og anoxiske processer. Ved den aerobe proces sker iltningen af organisk stof under tilførsel af ilt (luft). Ved den anaerobe proces er der ikke ilt til stede. Ved den anoxiske proces forudsættes det, at der er nitrat til stede, under fravær af ilt.

Den anoxiske proces kaldes denitrifikation, idet mikroorganismer omdanner og reducerer nitrat til luftformigt kvælstof. Biologiske renseanlæg har ofte en mekanisk del koblet ind før den biologiske rensning.

Biologiske renseanlæg kan opdeles i 2 hovedtyper:

- biofiltre
- aktiv slamanlæg

hvoraf sidstnævnte er dominerende i Danmark se figur 18



Figur18 viser et mekanisk biologisk anlæg

Det gælder ved biologisk rensning af spildevand, at der nødvendigvis altid må være både kvælstof og fosfor til stede for at mineraliseringen kan forløbe optimalt.

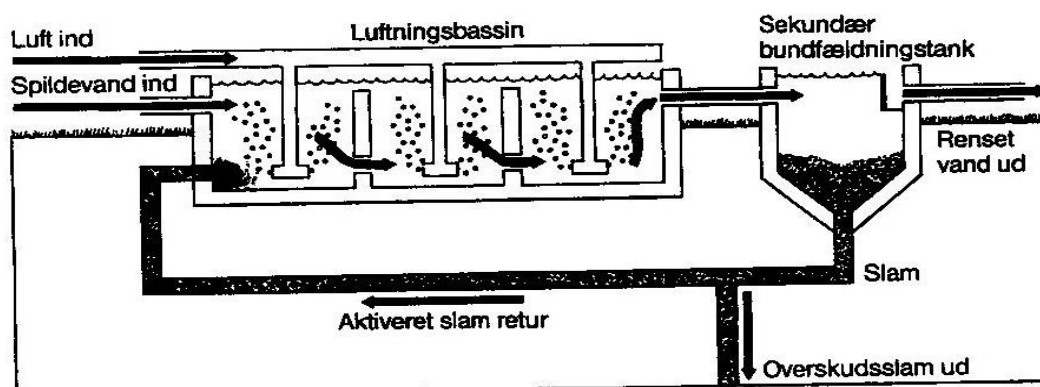
Den optimale næringsbalance fås ved et forhold mellem $B_5 : N : P$ på 100 : 18 : 1.

Ved byspildevand er kvælstof- og fosforindholdet sædvanligvis større end det optimale. Ved industrispildevand kan det blive nødvendigt at tilføje de manglende stoffer.

Når organisk stof blandes i vand, som det sker med afløbsvand fra husholdningen og lukker vandet ud i naturen, så vil bakterierne i naturen begynde at nedbryde det organiske stof. Hvis der er ilt i vandet, vil bakterierne forbrænde stoffet under forbrug af ilt. Når al ilt er brugt, vil de nedbryde stoffet uden brug af ilt dvs. ved forrådnelse.

Bakterierne kan klare sig med mindre ilt end de allerfleste andre levende væsner, så er der organisk stof nok tilstede, vil kun bakterierne overleve og søen eller vandløbet bliver ildelugtende og dør. For at undgå iltsvind og døde søer og vandløb er det derfor nødvendigt, at fjerne det organiske stof fra spildevandet, før det når ud i naturens vandkredsløb.

De mikroorganismer, der findes i det aktive slam, i det biologiske renseanlæg, er "godt tilfredse" med affaldet som føde. De er i stand til bedre end større dyr at udnytte affaldets næringsværdi se figur 19.



Biologisk renseanlæg af den type, der kaldes "aktiv slamanlæg".
(Omtaget efter Pedersen og Olsen, 1981).

Figur 19 viser princippet i et aktiv slamanlæg

Ved biologisk rensning holdes bakterierne simpelthen "i bur", hvor der sigtes mod, at give dem så gode betingelser, at de når at omsætte hovedparten af det organiske stof til uorganisk stof inden det rensede spildevand ledes ud i naturen.

I et renseanlæg sørger man for at tilføre så meget ilt (luft), at der stadigvæk er en vis iltmængde i spildevandet, når rensprocessen er afsluttet. Den mængde ilt, der maksimalt kan opløses i vand kaldes iltmætningen. Iltmætningen er afhængig af vandets temperatur og den falder med stigende temperatur.

Et iltindhold i det udledte spildevand på 60% anses normalt for at være acceptabelt. De processer, der normalt foregår i naturen når der finder nedbrydning af organisk materiale sted i vandigt miljø, eksempelvis ved tilledning af spildevand til et vandløb,

er nøjagtig de samme processer der finder sted på et renseanlæg, blot er de her optimerede og styret af mennesker.

For at kunne drive en biologisk rensning skal de samme betingelser - som gælder i naturen - være opfyldt:

- der skal være den nødvendige mængde organisk stof tilstede
- der skal tilføres tilstrækkeligt med ilt
- der skal være en kultur af de "rigtige" mikroorganismer
- der må ikke i spildevandet være stoffer som hæmmer eller dræber den biologiske kultur.

De mikroorganismer som genkendes fra naturen og derfor også normalt findes i biologiske renseanlæg er:-.

- bakterier
- svampe
- alger
- protozoer
- metatoer

Bakterierne er dels bakterier, som stammer fra jordens småtingsafdeling, og dels bakterier fra menneskers og dyrs tarmkanaler. Bakterierne er de vigtigste organismer i nedbrydningen af organisk stof, og de er medvirkende til at danne frug, som kan bundfældes. Blandt de vigtigste arter kan nævnes: Achromobacter, Flavobacterium, Micrococcus, Pseudomonas, Zooglea o.a.

Svampene kan dels være skimmelsvampe, og dels gærsvampe. Svampene deltager også i nedbrydningen og i frugdannelsen. Alger er også små planter, men de kræver lys, og træffes på overfladen af biofiltre i sommertiden. Protozoer er små encellede dyr, f.eks. amøber, flageliter og ciliater, som også findes i det aktive slam.

Blandt næringsstofferne i spildevandet er der især 3 stofgrupper som er karakteristiske. De er næsten altid til stede, om end i noget varierende mængder og indbyrdes forhold:

- det er kulhydrater, (stivelsesstoffer, sukker og med flere)
- der er proteiner, (æggehvide, skært kød, ost og meget andet)
- det er fedtstoffer, (mælk, animalsk fedt og meget andet).

Nedbrydningsprocessen vil, se sådan ud hvis det for eksempel er sukker der nedbrydes:



Næringsstofferne i spildevandet kan altså, under forbrug af ilt, trinvis nedbrydes fuldstændigt, og samtidig fås frigjort energi til dannelse af flere mikroorganismer. Denne energi bruger mikroorganismene en del af til formering, hvorved der dannes nyt slam i et aktiveret slam anlæg, og ny filterhud i biofiltre. En lang række forhold påvirker mikroorganismers betingelser for at arbejde optimalt. For eksempel:

- pH-værdi (vandets surhed)
- Temperaturen
- Koncentration af BI_5 og koncentrationen af biomasse
- Sammensætningen af biomassen
- Tilstedeværelse af hæmmende eller direkte giftige stoffer.
- Spormetaller

Vandets pH-værdi

Normalt er en pH på ca. 7,0 - 7,5, nemlig i det område, vi kalder neutralt, bedst for funktionen på et renseanlæg. Først når pH kommer under 6,0 eller over 8,0, begynder man at kunne se en reaktion.

Kortere påvirkninger af høje eller lave pH værdier kan oftest hurtigt overvindes, men pH værdier på over 9,5 og under 4,5 vil virke som gift.

Temperatur

Alle biokemiske processer er temperaturafhængige. Næsten alle biologiske processer i et renseanlæg går i stå ved 0°C. Ved temperatur fra 0°C og opefter øges reaktionshastigheden ca. 1,5 gange pr. 10°C temperaturstigning. Temperaturen må dog ikke overstige ca. 38°C, for så begynder proteinerne i mikroorganismene at koagulere. (Husk temperaturer over 41 °C er meget kritisk for et menneske).

Koncentration af BI_5 og biomasse

Omsætningshastigheden i kemiske og biologiske systemer stiger med stigende koncentrationer. Det er ønskværdigt, at der er en passende mængde biomasse (mikroorganismer) tilstede i forhold til den tilledte mængde BI_5 .

Sammensætning af biomasse

Biomassen bør have en optimal sammensætning, med mange forskellige bakterier, men også gerne protozoer og enkelte metazoer.

Hæmmende eller giftige stoffer

Ioner af tungmetaller som f.eks. sølvioner eller kviksølvioner har en udtalt hæmmende virkning på den biologiske omsætning. Stoffer som cyanbrinte, kulilte, svovlbrinte m.fl. har en direkte giftig virkning på mikroorganismer.

Spormetaller

Det er ikke tilstrækkeligt for en mikrobiologisk omsætning, at der er ilt, brint, kulstof, kvælstof og fosfor til stede. Det er også nødvendigt med en vis mængde svovl, kalium, magnesium, calcium, jern, cobolt, kobber, zink og molybdæn (svarende til det menneskelige behov for vitaminer).

Spildevandet kan naturligvis ikke indeholde alle de nævnte stoffer i den rigtige sammensætning. Nedbrydningen vil da være bestemt af det grundstof, der findes i den relativt mindste mængde i forhold til kravet. Biologiske renseanlæg kan groft opdeles i 2 hovedtyper:

Biologiske filtre - aktivslam anlæg.

Ved biologiske filtre er mikroorganismene fastsiddende på filtermaterialer. Ved aktivslam anlæg findes mikroorganismene opslemmet i vandfasen.

Biologiske filtre kan have flere udformninger:

1. Traditionelt slaggefilter.
 2. Filtre med "slagge" af kunststof.
 3. Filtre, hvor det er "slagger", der bevæger sig, biotromler eller roterende biofiltre.
- Man er i erkendelsen af disse biofiltres relative sårbarhed stort set gået bort fra dem.

Aktiv-slam anlæg

I et biologisk renseanlæg af aktiv-slam typen foregår renseprocessen i opslemning. Spildevandet tilføres en rummelig tank, hvor der er fornøden opholdstid. Der sørges for engod omrøring af tankindholdet, og for tilstrækkelig ilttilførsel, enten i form af atmosfærisk luft, eller i sjældne tilfælde i form af ren ilt. Herved kan mikroorganismene få mulighed for at trives og formere sig.

Mikroorganismene i aktivt-slam er:

- bakterier
- svampe
- protozoer
- metazoer
- sjældent alger.

Alger kræver, som bekendt, lys og kan derfor normalt ikke trives i et aktiv-slam anlæg.

Figur 18 viser princippet i et mekanisk-biologisk renseanlæg (aktiv-slam anlæg), Spildevandet for renses i et mekanisk renseanlæg før det føres til aktiv-slam anlægget.

Efter en vis opholdstid i aktiv-slam anlægget ledes det til en efterklaringstank, hvor det aktive slam bundfældes. En del af slammet føres tilbage til luftningstanken og blandes med tilløbsvandet. Overskudsslammet føres til renseanlæggets slambehandlingsdel.

Formålet med biologisk rensning af spildevand med aktivt slam er omsætning af:

- organisk stof med ilt (luft)
- ammoniak med ilt (nitrifikation)
- organisk stof med nitrat (denitrifikation)

Det er en betingelse for succes, at det tilførte organiske stof er nedbrydeligt og at det slam, som dannes er let at bundfælde.

I et aktiv-slam anlæg skal luftens ilt overføres til spildevandet. Det kan ske på forskellige måder, f.eks. via diffusorer at indblæse trykluft i tanken eller ved at indpiske luft med et roterende piskeris.

For at iltoptagelse i biomassen, som dannes i et aktieslam anlæg, kan blive tilstrækkelig god, er det nødvendigt med en kraftig omrøring af tankindholdet. I almindelighed vil indblæsningen af luft være tilstrækkelig til at sikre en god opblanding, men i visse tilfælde kan det være nødvendigt med et særligt røreværk, afhængigt af luftningstankens udformning.

Mikroorganismers livscyklus

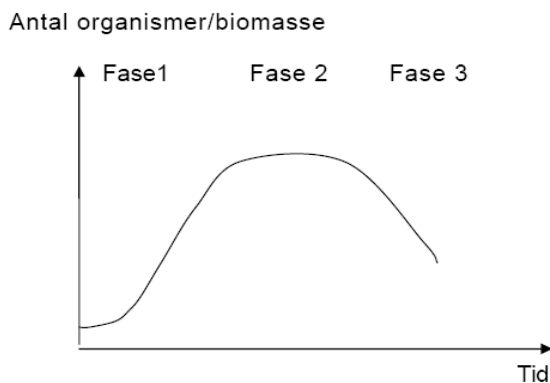
Hvis vi tager et næringssubstrat, poder det med bakterier, tilfører tilstrækkelig med ilt, og sørger for en god omrøring, vil vi kunne konstatere et vækstforløb som vist på figur 20.

I fase 1. (logaritmiske vækstfase), er der masser af næringsstoffer til stede. Bakterierne formerer sig så hurtigt som formeringsmekanismen tillader.

I fase 2. (aftagende vækstfase), begynder der at blive mangel på næring. Væksten aftager, enkelte vil afgå ved døden og bakterierne vil finde sammen i fnug, som kan bundfældes.

I fase 3. (endogen vækstfase), er der ikke mere tilstrækkelig næringsstof til at dække bakteriernes behov. De lever på et eksistensminimum af de reserverlagre, som er opbygget i deres celler.

Efterhånden vil organismene dø, og de døde celler vil give næring til de resterende levende bakterier. Hvis der ikke tilføres nyt næringsstof, vil processen ebbe ud og gå i stå. Sidste bakterie har fortæret rester af den næstsidste.



Figur20 viser vækstmonster for mikroorganismer

Hvilken fase af livscyklen som bakterierne befinder sig i, bestemmes af forholdet mellem fødemængde og antal bakterier.

I et spildevandsanlæg med kontinuerlig tilførsel af næringsstoffer, vil der altid være mikroorganismer, hvis vækstbetingelser kan henføres til alle 3 vækstfaser. Forholdet mellem tilført fødemængde og mængden af mikroorganismer eller bakterier, er således et udtryk for det arbejde, som skal udføres pr. tidsenhed, eller for den belastning som pålægges det aktive slam, nemlig slambelastningen.

Aktiv-slam processerne

I forbindelse med den aktive-slam proces, er der nogle forhold, som betinger processens heldige forløb.

- Slambelastningen
- Slamalderen
- Temperatur
- Recirkulationsgraden
- Den nødvendige ilttilførsel

Slambelastning

Slambelastningen for et aktiv-slam anlæg er defineret som:

$SB = \text{kg tilført } BI_5 \text{ pr døgn} / \text{kg tørstof af aktivt slam i luftningstank}$

Slamalder

Slamalder er et udtryk for, hvor længe en slampartikel i gennemsnit opholder sig i luftningstanken. Slamalderen er altså forholdet mellem den totale slammasse i luftningstanken og mængden af det slam, som dagligt udtages af tanken, incl. den slammængde, som evt. forsvinder med afløbsvandet.

Hvilke værdier for slambelastning og for slamalder man skal vælge, må afhænge af hvilke resultater man ønsker at opnå, og ud fra erfaringer fra driften.

Tabellen nedenfor angiver nogle orienterende værdier:

Kvalitet af afløb Reduktion af org. stof	Slambelastning kg BI_5 /kg SS_L døgn	Slam Alder døgn
60-80%	> 0,8	1-2
90%-95%	0,3-0,5	3-6
nitrifikation	< 0,15	> 15
slamstabilisering	< 0,08	> 25

Temperatur

Lavere temperatur kræver lavere slambelastning og højere slamalder, idet såvel nitrifikationen som BI_5 fjernelse påvirkes af vandtemperaturen. For at kunne opretholde en ønsket konstant slambelastning og slamalder, er det nødvendigt at kende mængden af det overskudsslam, som skal fjernes fra aktiv-slam anlægget. Mængden af overkudsslam som fjernes, skulle gerne være den samme som den i samme tidsrum producerede slammængde.

Recirkulationsgrad

For at opnå en bestemt slambelastning i luftningstanken, må der til en vis mængde BI_5 /døgn i spildevandet svare en bestemt mængde aktivt-slam i luftningstanken.

I praksis sikrer man dette ved at returnere eller recirkulere en større eller mindre del af det bundfældede slam i efterklaringstanken og pøder dermed det indkomne spildevand.

Recirkulationsgraden er defineret som forholdet mellem den mængde slam som recirkuleres, returslammet, og den i samme tid indkomne vandmængde.

Recirkulationsgraden kan variere over vide grænser, typisk fra 30 – 100%.

Den laveste recirkulationsgrad for de lavt belastede anlæg og de højeste for de højest belastede anlæg.

Ilttilførsel og iltindhold

Aktivt slam kan ikke leve under iltfattige forhold i længere tid. Der er derfor nødvendigt, for at kunne opretholde et sundt aktivt slam, at tilføre så meget ilt, at der til stadighed er et overskud af opløst ilt i luftningstanken.

Iltoverskuddet ligger ofte på omkring 2 mg O_2/L , og der er ingen fordel ved at hæve iltoverskuddet, det er kun spild af energi.

Den nødvendige mængde ilt, som skal tilføres luftningstanken til nedbrydning af 1 kg BI_5 ligger i størrelsesordenen 1- 2,5 kg O_2 , afhængig af om der også sker en nitrificering af ammoniak. Det svarer til ca. 30 - 60 kg luft/kg BI_5 .

Iltindholdet bør måles dagligt og helst forskellige steder i tanken af hensyn til eventuel uens fordeling.

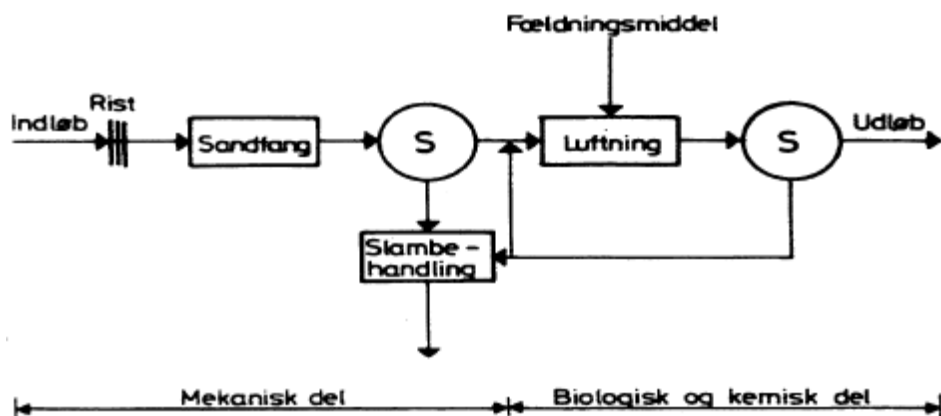
Den mængde ilt, som det aktive slam optager pr. tidsenhed er et udtryk for den biologiske aktivitet i slammet. Derfor er iltforbruget størst, når slamkoncentrationen er størst, og når belastningen er højest.

Iltoptagelseshastigheden opgives derfor ofte som forbrugt gram ilt pr. kg organisk stof x time, eller g O_2/kg glødetab x time.

Ved forgiftning eller hæmning af det aktive slam vil aktiviteten i slammet falde, samtidig falder iltoptagelseshastigheden og iltkoncentrationen vil stige. Det er derfor ikke tilstrækkeligt kun at sikre sig en passende iltkoncentration i luftningstanken. Iltkoncentrationen fortæller ikke noget om slammets tilstand.

Kemisk rensning

Ved kemisk rensning tilsætter man spildevandet et eller flere kemiske stoffer, f.eks. jern eller aluminiumforbindelser (fældningsmidler). Kemikalierne har til opgave at danne tungt opløselige forbindelser, som kan bundfældes. Kemisk rensning kan være 3. trin i et mekanisk/biologisk/kemisk renseanlæg se figur 21.



Figur 21 viser et mekanisk-biologisk-kemisk renseanlæg med simultanfældning

Principper for kemisk rensning

Kemisk rensning af spildevand kan være hensigtsmæssig, hvis der er:

- store sæsonvariationer i belastningen på renseanlægget
- industrispildevand, som hæmmer en biologisk rensning
- begrænset areal til rådighed der er krav om reduktion af fosfat
- ønske om høj hygiejnisk vandkvalitet
- ønske om forbedret rensningsgrad
- ønske om hurtig indsats, uden større investering
- skal fældes tungmetaller

Princippet i kemisk rensning af vand består i, at man tilsætter vandet uorganiske kemikalier, alt efter hvilke stoffer man ønsker at fjerne.

Som fældningskemikalier anvendes hovedsagelig aluminium- eller jernsalte, evt. hydratkalk.

Kolloider

En del af de forurenende stoffer i spildevand består af meget små partikler, kalder kolloider.

Kolloidernes lineære størrelse er fra ca. 1 til ca. 100 milliontedel af en millimeter. De har derfor en stor overflade i forhold til deres masse (vægt), hvorfor de ikke lader sig bundfælde.

Fældningskemikalierne bevirker at disse kolloider kittes sammen til en slags mikroflokke. I flokkuleringstrinnet samles mikroflokkene så til større flokke, som kan bundfældes.

Da kolloiderne i spildevand overvejende er negativt ladede, er tredobbelte kationer af jern eller aluminium nogle af de mest effektive fældningsmidler.

Hydratkalk er kun dobbelt ladet, og der kræves derfor mere hydratkalk end jern eller aluminium.

Kemisk fældning

Kemisk fældning er stærkt afhængig af pH. Den bedste fældning med jern eller aluminium fås ved et pH på mellem 5 - 7. Ved kalkfældning er et højt pH nødvendigt, ofte omkring 10,5 - 11,5.

Fældningen kan foregå forskellige steder i renseanlægget, og man benævner metoderne i relation hertil.

Følgende metoder anvendes:

- forfældning
- simultanfældning
- efterfældning.

Forfældning

Hvis kemikalierne tilsættes et mekanisk-biologisk renseanlæg foran det biologiske trin, kaldes metoden for forfældning.

Det biologiske trin kan være et biofilter, et aktieslam anlæg, en biorotor eller andet. Forfældningen udmærker sig ved, at den kan aflaste det biologiske trin, at den er kemikalie besparende, og let at indrette i et bestående anlæg.

Metoden giver store slammængder, og måske problemer med næringsbalancen i biotrinnet.

Simultanfældning

Hvis fældningskemikalierne tilsættes i luftningstanken, eller umiddelbart foran denne i et aktieslam anlæg, således at fældningen foregår samtidigt med den biologiske proces, kalder man metoden for simultanfældning (simultan = samtidig).

Simultanfældning udmærker sig ved en god udnyttelse af kemikalierne på grund af den effektive omrøring, en reduktion af den organiske belastning, samt at metoden er let at indpasse i et eksisterende anlæg.

Simultanfældning giver slammene gode bundfældningsegenskaber og kun ringe forøgelse af slammængderne.

Efterfældning

Når fældningen foregår i et trin efter den biologiske rensning, kalder man det for efterfældning. Det biologiske trin kan være et biofilter, et aktieslam anlæg, en biorotor eller andet. Ved efterfældning anvender man ofte flotation som sidste trin, istedet for en bundfældningstanken.

Efterklaring

Efterklaringstankens opgave er at udskille slampartiklerne fra vandfasen førend spildevandet forlader renseanlægget.

Ligesom ved forklaringstankene er det vigtigt, at der er rolige strømningsforhold i tanken og at opholdstiden er så lang at selv små slampartikler kan nå at bundfældes. For at undgå at der opstår iltfattige forhold i sedimentet, er det vigtigt at det bundfældede slam fjernes i takt med produktionen. Iltfattige eller anaerobe tilstande kan give anledning til opskydning fra bunden (bundvending) og slamflugt.

Ved at bestemme slamspejlsniveauet i efterklaringstanken, kan man afgøre, om returpumpningen er tilstrækkelig. Stiger slamspejlet, må der pumpes mere væk. For at opretholde en konstant slambelastning og slamalder er det nødvendigt at fjerne en vis mængde overskudsslam fra anlægget, svarende til den mængde, som udgør den

aktuelle produktion. Det er derfor vigtigt at kunne registrere denne slammængde både i volumen og i tørstofindhold.

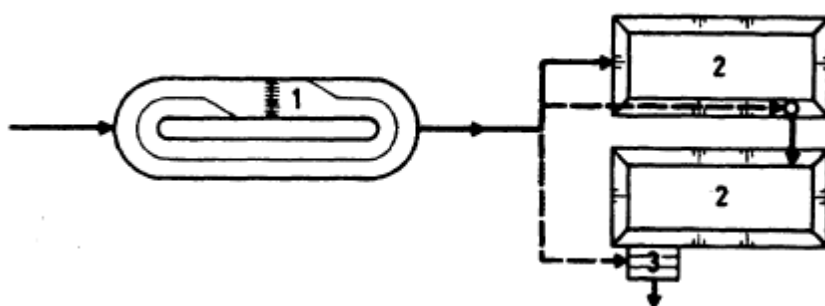
Hydraulisk overfladebelastning

Den hydrauliske overfladebelastning er et udtryk for belastningen på efterklaringstanken i antal kubikmeter pr. time på hver m² tankoverflade. HOB får enheden m/time.

Efterpolering

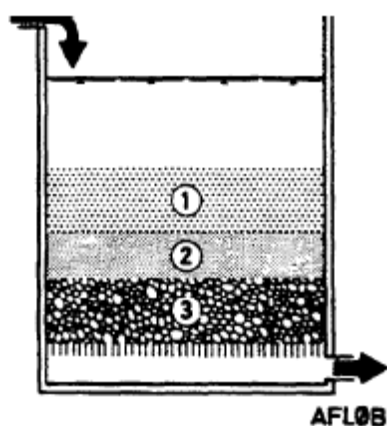
Såfremt der stilles krav som en almindelig efterklaringstank ikke kan overholde, findes der forskellige måder at efterpolere afløbet på.

En lagune er et jordbassin med en lang hydraulisk opholdstid i forhold til klaringsstanken på et renseanlæg se figur 22



Figur 22 viser et ringkanalanlæg(1) med laguner(2) og iltningstrappe(3)

Et filter kan være opbygget af ét (ét-lagsfilter) eller flere lag (flerlagsfiltre) bestående af forskellige materialer (multi-media filtre) med forskellig lagtykkelse og forskellige kornstørrelser se figur 23.



Filteropbygning. 1. 60 cm antracit
1,6-2,5 mm. 2. 40 cm kvartssand
0,8-1,2 mm. 3. 60 cm grus

Figur 23 viser et multi-media filter.

Lavteknologi

Der er her i landet i de senere år etableret en del såkaldte rodzoneanlæg til rensning af spildevand.

Anlæggene er en art jordbassiner, som afgrænses af f.eks. plastfolie. Bassinerne er fyldt op med jord og beplantet med f.eks. tagrør, dunhammer, gul iris o.a.

Spildevandet underkastes en mekanisk rensning før det ledes til rodzoneanlægget. Da planterødderne ikke kan hente ilt fra den vandmættede jord, må det hentes fra luften gennem stænglen. En del ilt vil sive gennem rodnettet ud i jorden og forsyne de mikroorganismer, som deltager i nedbrydningen af organisk stof, med ilt, evt. også de nitrificerende bakterier.

I andre områder af rodzonen er der måske nitrat, men ingen ilt til stede, her vil der kunne foregå denitrifikation.

Erfaringen viser, at det kan være svært at opnå en kontrolleret og sikker rensning, hvorfor anvendelsen må afhænge af de stillede krav.

Rensningsgraden

Rensningsgraden eller rensningseffekten er et udtryk for, hvor stor en del af den tilførte forurening, som fjernes ved spildevandsrensningen i et renseanlæg.

Rensningsgraden angives i % af det tilførte, og i nedenstående skemaer er der angivet nogle cirka værdier for forskellige rensningsmetoder.

M står for mekanisk rensning

MB står for mekanisk - biologisk rensning

MBK står for mekanisk - biologisk - kemisk rensning

Reduktion i % af	Rensningsmetode		
	M	MB	MBK
Bundfældeligt stof	60-70	80-95	85-95
BI ₅	20-40	70-90	> 95
P	10-30	20-40	90-95
N	10-20	20-40	20-40
Colibakterie	60-90	90-99	99,9
Virus	30-70	90-99	99,9

Tabel over rensningsgrader

Ved særlig udformning af den biologiske del kan driften indrettes, så der fjernes kvælstof (N) op til 80-90%.

Kemiske grundbegreber

At få rensset spildevand er en meget sammensat proces, der bl.a. involverer en række kemiske processer. For at kunne forstå de disse processer kræves kendskab til lidt kemi.

Hvad er kemi?

Kemi er læren om stoffers omdannelse. At spise og fordøje mad er et eksempel på kemi. Maden kan omdannes til meget forskelligt. For eksempel til energi (så man kan bevæge sig og holde sig varm).

Maden kan også omdannes til byggestene for kroppen, så den vedligeholdes og eventuelt forøges (man bliver tykkere, mere muskuløs osv.). Den del af maden som ikke udnyttes udskilles.

På renseanlægget er det affaldsstoffer fra husholdning og industri man forsøger at omdanne på forskellig vis.

Grundstoffer

Byggestenene i de kemiske processer er grundstofferne. Alt i denne verden, mennesker, sten, plastik, luft, hvad som helst, er opbygget af grundstoffer, af hvilke, der findes over hundrede forskellige.

Man kan tænke på grundstofferne som bogstaver. Bogstaver kan kombineres på forskellig vis og danne uendeligt mange forskellige ord. På samme måde kan grundstofferne kombineres på forskellige vis, og danne uendeligt mange stoffer.

Ilt er et grundstof. Brint er et andet grundstof. Ved normalt tryk og temperatur er de begge gasarter. Kombineres disse grundstoffer på en særlig måde, får vi stoffet vand. Vand er således ikke et grundstof, men kaldes i kemisprog en "kemisk forbindelse".

Guld er også et grundstof. Man kan tænke på en ægte guldbarre som bestående af utroligt mange bogstaver af samme slags. Hvert bogstav, altså den mindste enhed man kan have af et grundstof kaldes et atom.

Atomer

Atomer kan opfattes som kugler, der er ufatteligt små. Et iltatom er eksempelvis så lille, at der på 1 mm ville kunne ligge 15 millioner atomer.

Selv om atomerne er så uendeligt små, er de opbygget af endnu mindre dele, idet de består af en komprimeret kerne, som indeholder nogle partikler der kaldes protoner og neutroner. Uden om kernen svirrer partikler der kaldes elektroner rundt og danner en slags sky.

Protonerne er positivt ladede, neutronerne er neutralt ladede og elektronerne er negativt ladede.

Da positiv og negativ ladning tiltrækker hinanden, tiltrækkes elektronerne af protonerne i kernen, og protonerne forhindrer således elektronerne i at "falde af" atomet, når de med ret stor fart (nogle km i sekundet) svirrer rundt om kernen.

For et givet grundstof kan antallet af neutroner godt variere, men antallet af protoner svarer altid til antallet af elektroner, sådan at atomet er elektrisk neutralt.

I hvert af de over 100 grundstoffers atomer er der et bestemt antal protoner og elektroner.

Guldatomer, som er forholdsmæssigt store, har f.eks 79 protoner og 79 elektroner, mens brintatomer, som er de mindste der findes, kun har én proton og én elektron.

Det periodiske system

Man har lavet en tabel over alle grundstofferne "Det periodiske system", hvor man har opstillet grundstofferne i rækkefølge efter deres antal af protoner/elektroner. Dette antal kalder man grundstoffets atomnummer.

I det periodiske system kan man også se, at der for hver grundstof er angivet en atommasse (vægten af et atom), et atomtegn (et symbol eller en forkortelse), samt en elektron struktur.

Med elektronstruktur menes hvordan de enkelte elektroner i et atom arrangerer sig rundt om kernen. I den sky som elektronerne danner, bevæger de sig i nogle bestemte baner, som man kalder skaller.

Elektronernes fordeling i disse skaller er afgørende for, hvor villigt et atomgrundstof er til at indgå nye kemiske forbindelser, og for hvordan det binder sig til andre atomer.

Noget som er meget afgørende i denne sammenhæng, er hvor mange elektroner et atom har i den yderste skal (den længst væk fra kernen), idet grundstoffer med samme antal elektroner i yderste skal indgår den samme type kemiske forbindelser ("er i familie").

Grundstoffer med samme antal elektroner i yderste skal står derfor grupperet sammen i det periodiske system. Der kan ikke være lige mange elektroner i de forskellige skaller. F.eks kan der i første skal 2 elektroner, i 2. skal kan der være 8 elektroner. Antal af elektroner i yderste skal har betydning for grundstoffets evne til at indgå i kemiske reaktioner.

Kemisk formelsprog

Som nævnt kan man i det periodiske system se, at hvert grundstof har et såkaldt atomtegn, der er et symbol eller en forkortelse for grundstoffets (latinske/græske) navn. Her gives nogle eksempler:

H	- Brint (hydrogen)
O	- Ilt (oxygen)
C	- Kulstof (carbon)
N	- Kvælstof (nitrogen)
P	- Fosfor (phosphor)
S	- Svovl (sulfur)
K	- Kalium
Ca	- Kalcium (calcium)
Fe	- Jern (fetrum)
Al	- Aluminium
Cl	- Klor (chloros)

Sammensætningen af en kemisk forbindelse beskrives ved hjælp af en kemisk formel. Den kemiske formel angiver forholdet mellem de forskellige slags atomer i den kemiske forbindelse. Her er et par eksempler:

Vand kan med kemisk formelsprog skrives som H_2O . Dvs at hver vandenhed består af to brintatomer og ét iltatom.

Den kemiske formel for sumpgas (metan) er CH_4 . Gassen der er den væsentligste bestanddel af biogas og naturgas består altså af ét kulstofatom og fire brintatomer.

Som man kan se, står antallet af et bestemt atom, bag ved atomets symbol, og hvis antallet kun er én, skriver man ikke noget bag ved.

Kemiske bindinger

Atomernes elektroner danner normalt par med hinanden, hvis det er muligt. Atomer med elektroner der ikke sidder i par, kan f.eks slå sig sammen med andre atomer, der også har enlige elektroner, sådan at to enlige elektroner fra hver sit atom danner et par. Atomerne kan på denne måde blive holdt sammen, og dette kaldes en kemisk binding. Det stof eller den kemiske forbindelse, som på denne måde dannes kaldes et **molekyle**.

Nogle atomer og molekyler er svære at binde sammen. Der skal en del energi til at danne sådanne bindinger, men til gengæld vil bindingerne gemme den tilførte energi i sig. Energien kan med andre ord frigives igen, når bindingen brydes. Det er det der sker, når næringsstoffer nedbrydes.

Da den kemiske forbindelse vand er dannet ved en sådan elektronparring mellem ilt og brint atomer, er vand således et molekyle. Bindingerne mellem brint og ilt i vand kaldes en kovalentbindinger.

En anden måde, hvorpå atomerne kan undgå at have enlige elektroner, er at afgive eller optage elektroner. Så opstår der elektrisk ubalance (atomet bliver ladet), da antallet af protoner ikke længere svarer til antallet af elektroner. Et sådan atom kaldes en **ion**.

Grundstoffet natrium har en uparret elektron. Det har grundstoffet klor også. Deres atomer omdanner sig til ioner ved at natriumatomerne afgiver en elektron og bliver positivt ladet, hvilket man skriver sådan: Na^+ , mens kloratomerne optager en elektron og bliver negativt ladet, hvilket skrives sådan: Cl^- .

På grund af deres positive og negative ladninger tiltrækkes disse ioner af hinanden og indgår således også en kemisk binding, men som er anderledes end den førstnævnte. Den type stoffer eller kemiske forbindelser, som på denne måde dannes mellem ioner kaldes **salte**. Bindingen mellem stofferne kaldes en ionbinding.

I dette tilfælde er saltet det meget velkendte køkkensalt, som har den kemiske formel NaCl , (da den positive og negative ladning har ophævet hinanden, skrives ingen plus og minus).

For nu rigtigt at forvirre begreberne, så findes en særlig type ioner som kaldes **molekyleioner** (eller sammensatte ioner).

Disse er ioner sammensat af flere slags atomer, som deler elektroner, og altså i ionen opfører sig som et molekyle.

Molekylet har så optaget eller afgivet en elektron, hvorved det er blevet til en molekyleion. Nogle af de vigtigste af de stoffer der er interessante i spildevandssammenhæng er netop molekyleioner.

Her gives et eksempel:

1 kvælstofatom og 3 iltatomer bindes sammen ved at dele elektroner; man har et molekyle. Dette molekyle optager en elektron fra et andet atom eller molekyle (bliver altså negativt ladet); man har en molekyleion I dette tilfælde må den kemiske formel være NO_3^- , hvilket er næringsstoffet nitrat.

De grundstoffer, som er grupperet i yderste højre søjle i det periodiske system (8. hovedgruppe) kaldes ædelgasserne. De er de eneste grundstoffer, som har parret alle deres elektroner.

De "gider" derfor ikke at indgå forbindelse med sig selv eller andre grundstoffer, d.v.s. danner ikke kemiske forbindelser, men eksisterer som selvstændige enlige atomer. Man siger de er kemisk inaktive.

Grundstofferne brint (H), ilt (O), kulstof (C), kvælstof (N), fosfor (P) og svovl (S) er stort set de eneste grundstoffer, som danner molekyler. Resten af grundstofferne, (på nær ædelgasserne) danner salte.

De molekyledannende grundstoffer har, på trods af deres ringe antal, kolossal stor betydning for os, idet alt levende (organisk), dvs. mennesker, dyr, planter o.s.v., samt dødt organisk materiale (altså det som har været levende) næsten udelukkende (99.5%) består af disse grundstoffer.

Det man som menneske ellers har brug for (mineraller som Fe, Ca, K, Mg o.s.v.) udgør altså en forsvindende lille del.

Eksempler på almindelige kemiske forbindelser

Molekyler:

O_2	- ilt
H_2O	- vand
N_2	- kvælstof
NH_3	- ammoniak
SO_2	- svovldioxid
H_2S	- svovlbrinte
CO_2	- kuldioxid
CO	- kulilte
CH_4	- metan
CH_3CH_2OH	- alkohol
$C_6H_{12}O_6$	- glukose (sukkerart)

Molekyleioner:

NO_3^-	- nitrat
NO_2^-	- nitrit
NH_4^+	- ammonium
PO_4^{3-}	- fosfat
HPO_4^{2-}	- hydrogenfosfat
$H_2PO_4^-$	- dihydrogenfosfat
CO_3^{2-}	- carbonat
HCO_3^-	- hydrogencarbonat
SO_4^{3-}	- sulfat

Mange af disse ioner findes i spildevand, hvorfra man forsøger at fjerne dem på forskellig vis.

Salte: (består altså af en positiv og en negativ ion)

$NaCl$	- natriumklorid (køkkensalt)
$Al_2(SO_4)_3$	- aluminiumsulfat
$Fe_2(SO_4)_3$	- jern(III)sulfat
$CaCO_3$	- calciumcarbonat (klak)
$Ca(OH)_2$	- calciumhydroxid (læsket kalk)

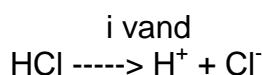
De fire sidste er kemikalier der bruges til fosfatfældning i renseanlæg

Syre og Baser

Der er nogle ioner, som er særligt interessante, nemlig brintioner H^+ (i daglig tale H-plus) og hydroxidionen (OH^- -minus)

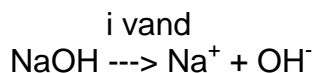
Indeholder en væske eller opløsning flere H⁺ end OH⁻ siger man at opløsningen er sur. Er det omvendte tilfældet, taler man om en basisk opløsning. Hvis der er lige mange H⁺ og OH⁻ siger man at opløsningen er neutral

En velkendt syre er saltsyre. Den består af en vandig opløsning med H⁺ ioner og kloridioner (Cl⁻):



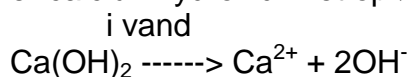
opløser man HCl i vand, ses det at man derved tilfører vandet H⁺ ioner.

En af de mest kendte baser er natriumhydroxid - også kaldet kaustisk soda.



Her ses det, at det er OH⁻ ioner der tilføres vandet.

En base der ofte bruges på renseanlæg er læsket kalk. Læsket kalks kemiske navn er calciumhydroxid. Det opfører sig sådan i vand:

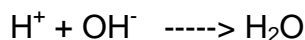


Man kalder baserne for syrernes modsætning. Det skyldes, at syre og base er i stand til at neutralisere hinanden:



saltsyre + natriumhydroxid --> vand + natriumklorid

Mere generelt kan man skrive:



Ønsker man at gøre en sur opløsning neutral, kan man blot tilsætte en passende mængde base - f.eks læsket kalk. Vil man have opløsningen basisk, tilsætter man blot så meget base, at der bliver overskud af OH⁻ ioner.

pH-værdi

Når man ikke vil nøjes med at vide om en væske er sur, neutral eller basisk, men også vil vide hvor sur eller basisk den er, må man benytte en talværdi, der angiver surhedsgraden.

Til dette formål har man den såkaldte pH-skala. pH-skalaen går fra 0 til 14, hvor pH = 0 er den sureste, og pH = 14 den mest basiske. Midt mellem disse to yderpunkter har man den neutrale værdi pH = 7.

Det pH-værdien egentlig fortæller om, er mængden af H^+ ioner i væsken.

I en stærk syre med $pH = 1$ er der $1 / 10$ g H^+ pr. liter væske.

I vand $pH = 7$ er der kun $1/10\ 000\ 000$ g H^+ pr. liter tallet kan også angives på følgende måde: $(1/10^7 = 10^{-7})$.

I en stærk base $pH = 14$ er der så lidt som $1/100\ 000\ 000\ 000\ 000$ g H^+ pr. liter svarende til $(1/10^{14} = 10^{-14})$ g H^+/L

Som man kan se, svarer antallet af nuller i nævneren til pH-værdien.

På en renseanlæg er det af stor betydning at kende pH-værdien i vand og slam, idet mange af de vigtige kemiske processer som skal finde sted, kræver en bestemt pH-værdi for at kunne forløbe.

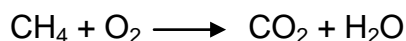
Den enkleste metode til at måle en opløsnings pH-værdi er ved hjælp af pH-strips, hvor en kombination af nogle farver på strippen, efter den har været dyppet i opløsningen, sammenlignes med nogle farvefelter på den pakning stripsene leveres i. Man kan også bruge et pH-meter, hvor man direkte på et digital display kan aflæse pH-værdien.

Reaktionsskemaer

Når der dannes en kemisk forbindelse reagerer grundstofferne med hinanden i ganske bestemte forhold. Et vandmolekyle består af to brintatomer og ét iltatom, men en hydroxidion (OH^-) består af de samme grundstoffer, men i forholdet 1:1.

Neden for er vist kemien i forbrænding af metan (CH_4) svarende til udnyttelse af biogas:

metan + ilt \longrightarrow kuldioxid + vand



Ovenfor er formlerne for en kemisk reaktion. Skemaet med de kemiske formler kaldes et reaktionsskema.

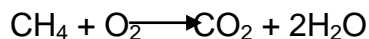
Ved en kemisk reaktion skilles de sammenbundne atomer og bindes sammen med nogle andre. Det betyder også, at der skal være lige mange atomer på hver side af reaktionspilen.

I ovenstående reaktion, viser det sig ved optælling, at der er 1 kulstofatom, 4 brintatomer og 2 iltatomer på venstre side af pilen, mens der er 1 kulstofatom, 2 brintatomer og 3 iltatomer på højre side.

"Regnskabet" stemmer altså ikke.

Det ses, at der mangler brintatomer på højre side af pilen, og man kan derfor prøve at tage dobbelt så meget vand. Det gøres ved at skrive 2 foran H₂O. Det vil sige, faktoren foran hele stoffet i 2H₂O betyder at der indgår 2 molekyler af hele forbindelsen, og altså ikke kun af H.

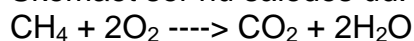
Skemaet ser nu således ud:



Vi tæller igen og ser, at nu har vi lige mange kulstofatomer på hver side (1) og lige mange brintatomer (4), men stadig ikke lige mange iltatomer (2 på venstre side og 4 på højre side).

Lad os prøve at tage dobbelt så meget ilt på venstre siden, altså 2O₂.

Skemaet ser nu således ud:



Vi ser det stemmer. Der er nu lige mange atomer af hver slags på hver sin side af reaktionspilen.

Det man så kan læse ud af dette nu afstemte reaktionsskema, er altså, at for at forbrænde 1 molekyle metan (CH₄) skal man bruge 2 molekyler ilt (O₂). Det man får ud af det, er 1 molekyle kuldioxid (CO₂) og 2 molekyler vand (H₂O).

Da der nu er lige mange af hver slags atomer på begge sider af reaktionspilen, må det indebære, at der også er den samme masse (vægt) på begge sider, altså at 1 metanmolekyle + 2 iltmolekyler vejer det samme som 1 kuldioxidmolekyle og 2 vandmolekyler.

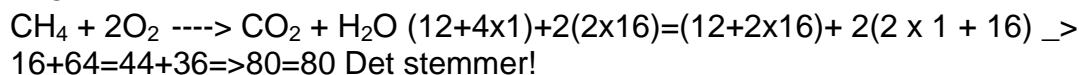
Det checker vi lige. I det periodiske system er angivet de enkelte atomers atommasse.

Kulstof har atommassen = 12

Brint har atommassen = 1

Ilt har atommassen = 16

Dvs.:



Molbegrebet

Det er desværre vanskeligt at tage så små mængder som et atom eller molekyle af et stof, da der ikke eksisterer en vægt, der kan veje så lidt af. Derfor bruger man at tage så mange molekyler/atomer, at man kan måle dem i f.eks gram.

Man kan i den forbindelse tillade sig at bruge atommassen som en slags vejeenhed.

Brint har atommassen =1. Man har fundet ud af, at i 1 g brintatomer har man $6,022 \times 10^{23}$ brintatomer (man ganger 6,022 med 10^{23} gange)

Kulstof har atommassen = 12, altså er et kulstofatom 12 gange så tungt som et brintatom. Dvs. $6,022 \times 10^{23}$ kulstofatomer må veje 12 g. Sådan kan man gøre for alle grundstofferne.

Dette magiske tal $6,022 \times 10^{23}$ kaldes Avogadros tal, (efter ham som fandt ud af det!). Når man har så mange atomer af et bestemt grundstof, siger man at man har et mol. Og man siger f.eks. at molmassen af kulstof er 12 g.

Molmassen for en kemisk forbindelse, f.eks for vand, finder man ved at opsummere de enkelte atomers masse (som vi faktisk gjorde lige før!):

2 brintatomer (1 mol = 1 g) =	2 g
1 iltatom (1 mol = 16 g)	16 g
1 mol vand vejer	=18g

Hvor mange mol vand er der så i en liter ?

Hvis man opløser 1 mol af et stof til 1 liter vand ialt, siger man at man har en 1 molær opløsning af stoffet. Hvis man opløser 2 mol, har man en 2 molær opløsning osv.

Organisk stof

Som nævnt tidligere består levende organismer næsten udelukkende af grundstofferne, brint (H), ilt (O), kulstof (~), kvælstof (N), fosfor (P), og svovl (S). Af disse seks stoffer udgør C, H og O den langt overvejende del, og de er grundstenene i det som kaldes **organiske stoffer**.

Man kalder dem også kulstofforbindelser, idet de er opbygget af et skelet af kulstofatomer, der er bundet sammen, hvorpå der sidder brintatomer og eventuelt iltatomer.

Til de vigtigste organiske stoffer i en organisme hører forskellige sukkerarter (kulhydrater), fedtstoffer samt proteiner (æggehvide-stoffer). Sidstnævnte indeholder også kvælstof.

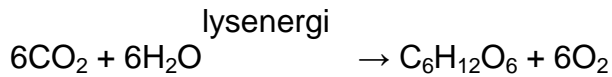
Der findes også organiske stoffer uden for levende (og døde) organismer. F.eks olie i jordaflejringer eller alkohol i en vinkaraffel. Disse stoffer kommer dog fra forskellige organismer, som har været levende.

Vi fabrikere også organiske stoffer, f.eks plastik kaldet syntetisk organisk stof.

Det eneste der er fælles for disse mange organiske stoffer er, at de indeholder flere C-atomer bundet til hinanden.

Opbygning af organisk stof

Sammenkobling af C-atomer er en meget energikrævende proces og planter udnytter sollysets energi, når de opbygger organisk stof i en proces, der kaldes fotosyntese:



Kuldioxid og vand, omdannes til sukkerstof (kaldes glukose eller druesukker) og ilt.

Ved kulstofatomernes sammenkobling til glukose, bliver der således oplagret en stor mængde (sol)energi i denne forbindelse, som kan udnyttes til mange formål.

For at en sådan kemisk reaktion kan forløbe, er det nødvendigt, at der er lige mange atomer på begge sider af pilen. Derfor bliver der ved fotosyntesen et overskud af ilt, som frigives til luften.

Både CO_2 og H_2O er uorganiske stoffer. Sukker derimod er, på grund af de energirige bindinger, et organisk stof. Der er med andre ord solenergien til forskel mellem organisk og uorganisk stof. Næsten al den energi, som holder gang i den levende natur, stammer fra fotosyntesen.

Planterne omdanner en del af det sukker de laver til andre organiske stoffer.

Det gør de f.eks. ved at nedbryde nogle af suktermolekylerne og bruge den energi, der frigøres til at binde andre suktermolekyler sammen i lange kæder.

Disse kæmpemolekyler kaldes cellulose. De er stive og kan ikke opløses i vand, så de egner sig bedre som byggesten for plantevæv end sukker.

Samtidig indgår kulstof i et stofkredsløb. Planterne optager kuldioxid (CO_2) fra luften og omdanner den til glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), som medvirker til dannelsen af organisk materiale.

Når det organiske materiale senere nedbrydes af planteædere, rovdyr eller nedbrydere, frigives kulstof igen til atmosfæren som kuldeoxid.

Selvom cellulose ikke er dannet direkte ved fotosyntesen, er det stadigvæk et organisk stof. Den varme der er i det brænde vi lægger i brændeovnen, stammer direkte fra solen.

En plante skal bruge mange andre organiske stoffer end sukker og cellulose for at fungere, men fælles for dem alle er, at de dannes ud fra sukker ved hjælp af energi fra nedbrydning af sukker.

Fedtstoffer (f.eks. planteolier) dannes direkte ud fra sukker og indeholder derfor ofte kun grundstofferne C, H og O, men til forskel fra sukkerstofferne er fedtstofferne ikke opløselige i vand. De kan ikke blandes med vand og vil normalt flyde oven på.

Foruden C, H og O kvælstof (N), som alle proteiner indeholder findes Fosfor (P) og Svovl (S) i forskellige mængder i proteiner. Proteiner kan blandes med vand.

Nedbrydning af organisk stof

Efter at organisk stof er blevet opbygget, kan mange organismer (mennesker, dyr, planter, bakterier) ernære sig af at nedbryde det igen. De vinder energi ved at foretage nedbrydningen. Hvorfor de gør det, kan måske bedst forstås ved at sammenligne med vandets kredsløb.

Det vand der befinder sig i verdenshavene, er energimæssigt set i en slags bundtilstand. Ved hjælp af solenergi fordampes vandet og "løftes" op i atmosfæren, hvorfra det så senere kan falde ned igen som nedbør et eller andet sted. Når vandet derefter løber ned mod havet igen oppe fra f.eks. et højdedrag, kan der tappes energi fra det undervejs; man kan f.eks. oprette et antal vandmøller langs åerne, eller lave vandkraftværker.

På denne måde taber vandet sit indhold af fri energi, mens det løber ned af bakke, tilbage til hvor det oprindeligt kom fra.

På samme måde kan glukosen ($C_6H_{12}O_6$) som blev opbygget fra kuldioxid (CO_2) og vand (H_2O) ved forbrug af solenergi, nedbrydes igen til de samme stoffer ved frigivelse af energi, altså den omvendte proces af fotosyntesen:



Denne proces kaldes ånding, respiration eller forbrænding og er altså en iltforbrugende proces.

For at igangsætte nedbrydningsprocesserne kræves der en katalysator. I cellen er det en gruppe af proteiner kaldet enzymer der virker som katalysatorer, dvs. at de kan sætte kemiske reaktioner i gang, uden selv at indgå i reaktionen. Enzymerne "klipper" bindingerne i suktermolekylet over en for en og resultatet er, at sukkeret til sidst er nedbrudt til de uorganiske molekyler, det er dannet af, nemlig kuldioxid og vand

Ikke alle, men de fleste organismer, os selv iberegnet, kan foretage respiration. Det er det aktive slams forbrænding af organisk stof der fjerner BI_5 i en beluftningstank. Respiration er den mest givtige måde at tappe energi ud af glukose og andet organisk stof på.

Energien kan så bruges til at bevæge sig med, opbygge nye organiske stoffer med, eller blot udvikle varme.

Glukose kan under anaerobe (iltfrie) forhold spaltes til mindre molekyler, uden der medvirker andre stoffer. Sådant en proces kaldes gæring. Den mest velkendte gæringsproces er gærcellernes alkoholgæring, hvor glukose bliver til lige dele alkohol (CH_3CH_2OH) og kuldioxid:



Denne proces frigiver også energi, men ikke nær så meget som respirationsprocessen kun ca. 5-6% af dennes energifrigivelse.

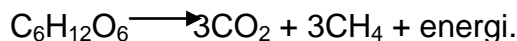
Resten af energien findes i alkoholen. Under anaerobe forhold kan forskellige bakterier tappe energien fra alkohol, ved at nedbryde den til forskellige mindre energirige stoffer under medvirken af andre stoffer. Disse processer kaldes anaerob respiration og kræver andre medvirkende stoffer. De medvirkende stoffer kan være nitrat (NO_3^-), sulfat (SO_4^{2-}) eller kuldioxid (CO_2) i stedet for O_2 . De stoffer som kommer ud af processerne er for alle tre stoffers vedkommende eddikesyre (CH_3COOH), som kan forbrændes videre til kuldioxid (CO_2) og biogas (CH_4). Når der bruges nitrat (NO_3^-) får man desuden frit kvælstof (N_2).

Det er denne proces der udnyttes i den biologiske kvælstoffjernelse på renselanlæg. Når der bruges sulfat (SO_4^{2-}) får man desuden svovlbrinte (H_2S). Det er den ansvarlige proces for alverdens svovlbrinte forgiftninger. Og når man bruger CO_2 , får man mere CH_4 .

I disse anaerobe respirationsprocesser får man frigivet næsten lige så meget energi, som ved en almindelig respiration. Der er dog bundet noget energi i biogassen (CH_4). Det er denne rest energi man udvinder i biogasanlæg, og på renselanlæg, hvor slam udrådnes i rådnetanke.

Gæring (ferrådelse)

En del bakterier kan nedbryde organisk stof uden at forbruge ilt som ved en normal forbrænding. Når et sukermolekyle nedbrydes i et anaerobt miljø, dvs. et sted, hvor der ingen ilt findes, kan sukker ikke nedbrydes til kuldioxid og vand. I stedet må den nedbryde molekylet til kuldioxid og metan (sumpgas, biogas). Processen ser således ud:



Metan eller sumpgas er en organisk forbindelse. Den kan brænde og indeholder altså energi. Dvs. at ferrådelsesprocessen ikke frigør al den energi, der er i sukermolekylet. Bakterien udnytter altså kun en del af energien. Resten forbliver bundet i den gas, som frigøres. Det er denne gas udvikling som gør, at døde dyr svulmer op og nogle gange ligefrem eksploderer.

Når proteiner ferrådner, udvikles foruden sumpgas også svovlbrinte (H_2S) og ammoniak (NH_3). Det er blandingen af disse gasser, som "lugter råddent".

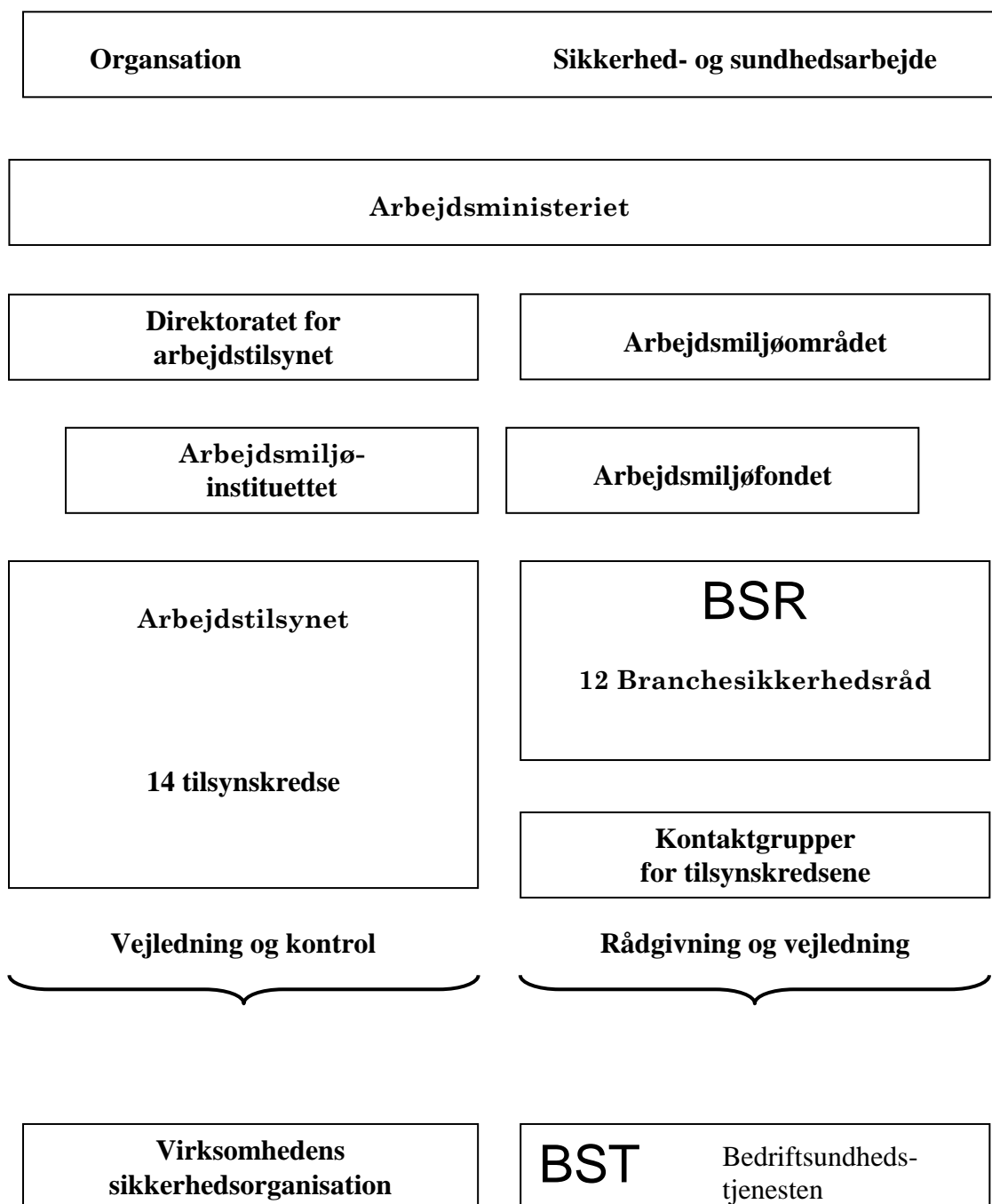
Hvis proteinerne derimod forbrændes, dvs. at alle bakterierne har rigeligt ilt til rådighed, så dannes der ingen gasser og dermed ingen nævneværdig lugt.

Sikkerhedsorganisationen

Først som sidst !

Den primært ansvarlige for din sikkerhed er dig selv!

Brug din forstand og følg reglerne!



Arbejds miljøloven

Lov om arbejdsmiljø

Lov om arbejdsmiljø trådte i kraft 1. juli 1977. Den afløste en række tidligere love om arbejderbeskyttelse. Den er senere blevet revideret flere gange.

Lov om arbejdsmiljø behandler spørgsmål af generel karakter, medens specielle regler fremgår af bekendtgørelser og publikationer.

Lovens formål

Loven indledes med følgende formålsbestemmelse:

Paragraf 1. Ved loven tilstræbes at skabe:

1. Et sikkert og sundt arbejdsmiljø, der til enhver tid er i overensstemmelse med den tekniske og sociale udvikling i samfundet samt,
2. Grundlag for at virksomhederne selv kan løse sikkerheds- og sundhedsspørgsmål med vejledning fra arbejdsmarkedets organisationer og vejledning og kontrol fra Arbejdstilsynet

Loven er en rammelov

Det vil sige, at kun spørgsmål af generel betydning og de grundlæggende principper for sikkerhedsarbejdet er fastlagt i loven. Det indebærer, at loven samtidig indeholder en række bemyndigelser til arbejdsministeren til at udarbejde nærmere regler.

Bl.a. er rammerne blevet udfyldt med hensyn til virksomhedernes sikkerhedsarbejde, branchesikkerhedsråd og bedriftssundhedstjeneste.

Med denne lov i hånden har Direktoratet for Arbejdstilsynet udarbejdet, blandt mange andre, Bekendtgørelse om kloakarbejde m.v. 473 af 7. oktober 1983, også kaldet Kloakbekendtgørelsen

Bekendtgørelse om kloakarbejde m.v. nr. 473 af 7. okt. 1983 med senere ændringer

Denne bekendtgørelse beskæftiger sig med forholdene omkring vores arbejdspladser på renseanlæg og ved kloakarbejde.

Den supplerer andre love og bekendtgørelser som gælder også for andre brancher, f.eks. bestemmelser vedrørende:

- elektriske lavspændingsanlæg
- almene sikkerhedsforskrifter
- gasreglementet
- regler for kranarbejde
- regler for dampkedler
- regler for førere af køretøjer til vejtransport

Blot for at nævne nogle enkelte.

Som det ses, er det ikke vanskeligt uforvarende at komme til at overtræde reglerne, så før du begynder på et nyt arbejde, så læs:

Hvad siger bestemmelserne

§ 1 omhandler hvor bekendtgørelsen gælder. § 2 omhandler hvem pligten for overholdelse af bekendtgørelsen påhviler. Nedenfor er ordlyden af § 1 og § 2 gengivet.

§ 1. Bekendtgørelsen omfatter arbejde i og indretning af private og offentlige spildevands- og regnvandsafledningssystemer, herunder kloak- og regnvandsledninger, bygværker, pumpebrønde, pumpestationer, renseanlæg og regnvandsbassiner m.v., undtaget er dog ledning med tilhørende brønde fra enfamiliehuse eller rækkehuse til offentlig kloak.

§ 2. Forpligtelsen ifølge denne bekendtgørelse påhviler arbejdsgivere, arbejdsledere og øvrige ansatte, leverandører, installatører, reparatører, projekterende, rådgivere og planlæggere efter arbejdsmiljølovens almindelige regler.

Inden vi kan komme igang med arbejdet, er der en del generelle bestemmelser, som må være opfyldt (i parentes er det angivet, hvor du kan finde bestemmelserne i bekendtgørelsen):

Vaccination: (§ 249)

Polio

Stivkrampe

Hepatitis A

Personlig hygiejne: (Kap. 7)

Baderum

Omklædningsrum

Spiserum Toiletter

Tørrerum Skurvogn Rengøring

Personlige værnemidler

Særligt arbejdstøj

Sikkerhedskedeldragt

(§ 25 og § 19)

Handsker

Regntøj-Overtrækstøj

Sikkerhedshjelm

Sikkerhedsfodtøj

Sele – Sikkerhedslinje

Måleudstyr for H₂S -

O₂ - og eksplosion

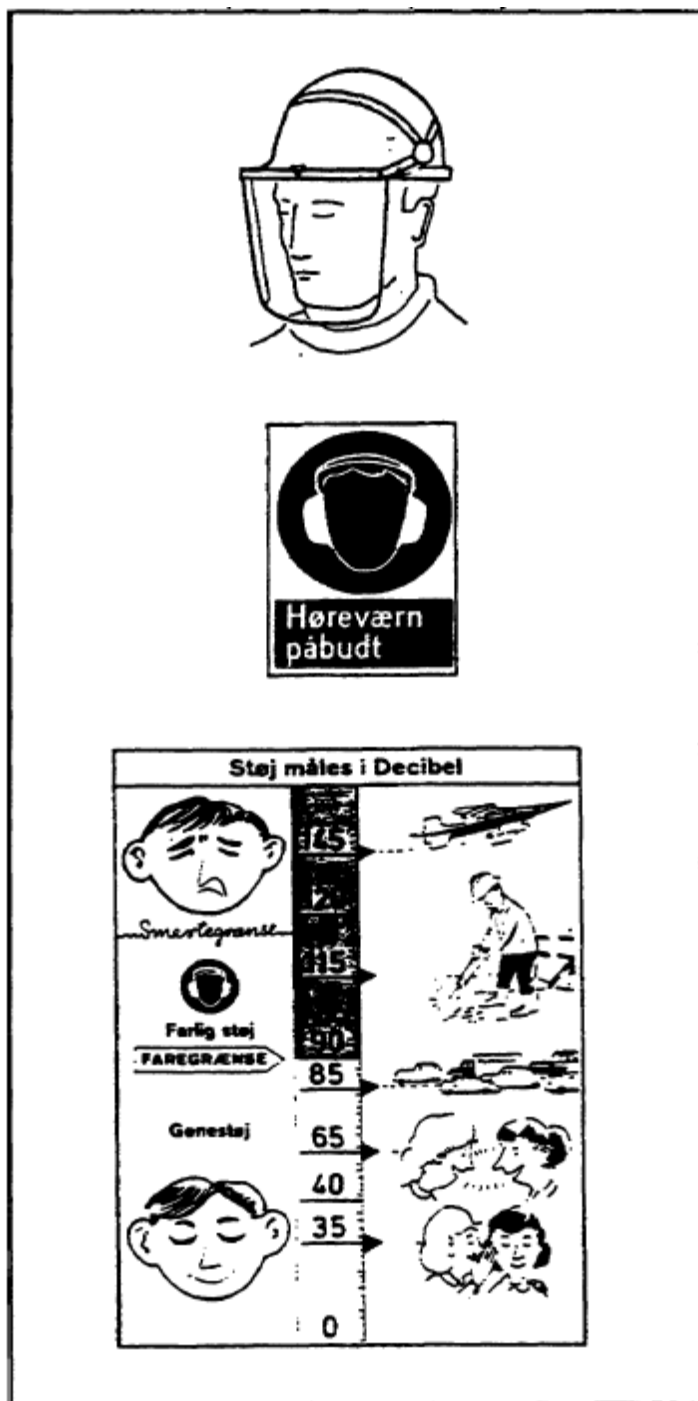
Friskluftudstyr

Instruktion: Arbejdsgiveren skal

(§ 23) instruere personalet

Ørere

Beskyt dig mod støj ved brug af høreværn. Ørepropper nedsætter støjen med 10-15 dB (-halvering af støjen), og det vil i de fleste tilfælde være nok til at værne om din hørelse. Vær opmærksom på støjniveauet ved anskaffelse af nyt materiel.



Introduktion til modelreanseanlægget

Undervisningen på kurserne tilrettelægges med henblik på at deltagerne får styr på modelreanseanlægget og rensningen af vandet i dette.

Tema: Beskrivelse af anlægget:
Volumen/overflader af tanke
Flow mellem de enkelte tanke

Måleserier der illustrerer:

Iltindhold i hver tank i løbet af en dag
pH i hver tank i løbet af en dag
(ilt og pH elektroder skal kalibreres)

Der måles hver time
Hændelser i løbet af dagen noteres: primært fodringstidspunkter og fodermængder

Vandets indhold af TS og SS bestemmes i hver tank (eller slangerne mellem tankene) før fodring og ca. 1 time efter fodring

SVI bestemmes i de to procestanke

Metodebeskrivelserne i kompendiet anvendes og der svares på de tilhørende spørgsmål.

Kursisterne tegner grafer over forløbet i måleserierne

Spørgsmål:

Hvad er den hydrauliske overflade belastning i bundfældningstanken
Hvilke effekter har fodring af fiskene på de målte parametre? Hvorfor?
Er der forskel på de målte parametre i de forskellige tanke? Hvorfor?
Hvilke processer foregår i de enkelte tanke

Øvelse: Omsætning af organisk stof i spildevand

Teori:

Da mikrobiel omsætning af organisk stof kræver ilt kan iltmålinger på spildevand bruges til at undersøge i hvilken grad der ske en omsætning af organisk stof. Ved tilsætning af forskellige organiske kilder kan det undersøges om de forskellige organiske kilder er lige omsættelige.

Apparatur og reagenser:

Kalibreret iltmåler

Konisk kolbe 0,5 L

200-400 mL spildevand fra fiskeanlægget beluftningstanken eller AN tanken, der skal benyttes sammen tank til alle forsøgene

Pumpe til beluftning

Glucose (0,25g/mL)

Acetat (0,25g/mL)

Stopur

Fremgangsmåde:

Forsøg 1

Iltmåling uden tilsætning af glucose

Udtag 1 L homogent spildevand fra en af tankene i kolben. Sæt kolben på magnetomrører, der skal være svag omrøring i spildevandet. Beluft til iltmætning (ca. 8,4 mg O₂/L ved 20°C). Sluk for beluftningen og mål iltkurven over 15 min. Noter iltindholdet hvert minut.

Iltmåling efter tilsætning af glucose

Spildevandet beluftes igen til iltmætning. Derefter tilsættes 1 mL glucoseopløsning der skal hele tiden være omrøring i spildevandet. Sluk for beluftningen og mål iltkurven over 15 min. Noter iltindholdet hvert minut. Spildevandet bortskaffes

Forsøg 2

Iltmåling uden tilsætning af acetat

Udtage 1 L homogent spildevand fra en af tankene i kolben. Der skal benyttes samme tank til alle forsøgene. Sæt kolben på magnetomrører, der skal være svag omrøring i spildevandet. Beluft til iltmætning (ca. 8,4 mg O₂/L ved 20°C). Sluk for beluftningen og mål iltkurven over 15 min. Noter iltindholdet hvert minut.

Iltmåling efter tilsætning af acetat

Spildevandet beluftes igen til mætning. Derefter tilsættes 1 mL acetatopløsning der skal hele tiden være omrøring i spildevandet. Sluk for beluftningen og mål iltkurven over 15 min. Noter iltindholdet hvert minut. Spildevandet bortskaffes.

Resultatbehandling:

1. Optegn iltkurver over forsøgene. Ilt indhold skal på grafen afbildes som funktion af tiden. Indtegn de to grafer fra hvert forsøg i samme diagram.
2. Beregn for hvert forsøg ilt forbrug/ min
3. Hvad fortæller Ilt forbruget
4. Hvor mange mol er der tilsat af de to kulstof kilder?
5. Giv en beskrivelse af kurverne?
6. Er der forskel på hvilken kulstof kilde I tilsætter?
7. Hvis der er forskel. Hvilken kulstof kildes omsættes hurtigst?
8. Prøv at komme med en forklaring på forskellen mellem de to kulstofkilder

Opgaver

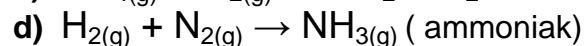
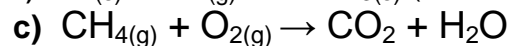
Kemiske grundbegreber

En neutron har massen $1,7 \cdot 10^{-24}$ g og en elektron har massen $1,7 \cdot 10^{-28}$ g.

1. Hvilken af dem har den største masse?
2. Hvad er forskellen på et grundstof og en kemisk forbindelse?
3. Hvad er forskellen mellem en ionbinding og en kovalent binding?
4. Er ioner elektrisk ladede eller er de neutrale (uden elektrisk ladning)?

Kemiske reaktioner

1. Afstem følgende reaktioner og tjek om massen på venstre side er lig med massen på højre side :



2. Zink og saltsyre blandes og der dannes zinkchlorid og dihydrogen.
Afstem reaktionsskemaet.
3. Ethanol kan forbrænde til kuldioxid og vand, skriv reaktionen.
4. Ved fotosyntese opbygges det organiske stof glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$):
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2$, afstem reaktionen
5. Glucose kan også indgå i en gæringsproces hvor glucosen nedbrydes til ethanol og kuldioxid:
Skriv reaktionen.
Hvor meget ethanol dannes hvis man tager 3 mol glucose i arbejde?
6. Hvad er anaerob respiration?

Renseprincipper

1. Et regnvandsbassin er 6 m dybt, 5 m bredt og 10 m langt. Pumpen der føder bassinet giver 22000 L/time. Hvor længe skal pumpen køre, før bassinet løber over?
2. Nævn 2 gode grunde til at man ikke skal tage sig en svømmetur i et beluftet sandfang.
3. Hvorfor benytter man ikke en meget tættere rist i indløbet?
4. Er destilleret vand hårdt eller blødt vand?
5. Hvilke metoder kan anvendes til slamafvanding?
6. Hvad er suspenderet stof?
7. Hvordan fjernes kvælstof fra spildevand?
8. Hvad betyder anoxisk?

9. Hvad er kulbrinter?
10. Skriv formelen for svovlbrinte og angiv tilstandsformen ved 1 atm. tryk og stuetemperatur samt angiv bindingstypen i stoffet (ionbinding eller kovalentbinding)
11. Forklar forskellen mellem uorganiske og organiske stoffer
12. Kvælstof findes i følgende forbindelser i spildevand: NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , NH_3 . Hvad hedder stofferne?
13. Ammonium beluftes til nitrat i beluftningstanken. Hvordan påvirker det vandets pH-værdi?
14. Hvorfor hældes man nogle gange træsprit eller melasse til denitrifikationstanken?
15. Angiv nogle processer til fjernelse af fosfor fra spildevand.
16. Hvad er SA? Og hvad angiver det?
17. Hvad angiver HOB ?

Sikkerhed

1. Ved et uheld har man spildt noget koncentreret syre på den ene hånd. Hvilke af følgende forholdsregler skal man foretage så hurtigt som muligt?
 - A Man skal hælde fortyndet syre på
 - B Man skal hælde natriumhydroxidopløsning på
 - C Man skal vifte med hånden i luften
 - D Man skal vaske med rindende koldt vand
 - E Man skal ignorere syren, da den ikke skader hånden.
 - F Man skal skribe vildt og kalde på sin mor.