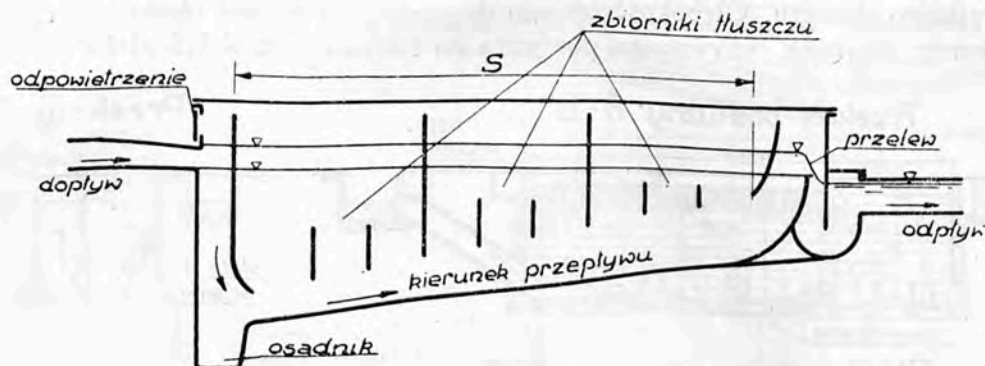


Zanieczyszczone tłuszcze roślinne mogą być wprowadzone do komór gnilnych dla przegnicia. Z 1 kg tłuszczu otrzymuje się około 1 m³ gazu.

Urządzenia ostatnio opisane mają tę wielką zaletę, że przez nawietrzenie ścieki się odświeżają, wydalone zostają siarkowodor i inne szkodliwe gazy, przyspiesza się skłaczkowacenie. Wszystko to ułatwia dalsze traktowanie ścieków na oczyszczalni.



Rys. 345. Tłuszczownik Zunkera.

IX. 3-c. Osadniki.

Najpowszechniej do oczyszczenia mechanicznego ścieków stosowane są osadniki. Poprzezają one zawsze, jako wstępne urządzenie, biologiczną część oczyszczalni oraz również stosowane są dla wtórnego wytrącenia osadów, po utlenieniu ścieków, na oczyszczalni biologicznej. Tam, gdzie odbiornik na to pozwala, można zadowolić się tylko oczyszczaniem mechanicznym przy pomocy osadników.

Klarowanie ścieków opiera się na fizykalnym działaniu opadania zawiesin przy zmniejszeniu się prędkości przepływu w tym stopniu, że przeważa działanie siły ciężkości. Opadają dość szybko zawiesiny nie znajdujące się w stanie koloidalnego zawieszenia. Koloidy utrzymują się niepomierne długo w zawieszeniu, stąd podział na zawiesiny ulegające osadzeniu i nie ulegające.

Rozróżniamy: zawiesiny ziarniste, spadające na dno ze stałą szybkością, jest to piasek, ziarenka węgla, ruń, cząstki gruntu, oraz zawiesiny kłaczkowate, zbijające się w czasie opadania w coraz większe kłaczki, przez co powiększa się ich prędkość opadania. W postaci zawiesin kłaczkowatych występuje wytrącony wodorotlenek żelaza i glinu, masa papierowa, muł czynny oraz skłaczkowe związki białkowe. Zawiesiny w ściekach miejskich są rodzaju pośredniego raczej, jednak bardziej charakteru kłaczkowatego. Ciężar właściwy takich zawiesin wynosi 1,2. Ścieki przemysłowe mogą ten charakter w silnym stopniu zmienić.

Dla osadzania zawiesin ziarnistych ważne są prawa ustalone przez Stokesa i Hazena. Głębokość nie odgrywa roli, natomiast miarodajna jest powierzchnia A m² w odniesieniu do ilości przepływu Q . Określa się ją przy znanej najmniejszej prędkości opadania v m/godz z zależności

$$A = \frac{Q}{v} \text{ m}^2$$

Pod najmniejszą prędkością opadania rozumie się prędkość, z jaką opadają ostatnie najbliższe zawiesiny na dno osadowego naczynia szklanego o wysokości 0,4 m. Jeśli czas zużyty na opadnięcie wynosi t godz.

$$v = \frac{0,4}{t} \text{ m/godz}$$

Dopuszczalne obciążenie osadnika wyraża się przez ilość ścieków, przypadającą na jednostkę powierzchni, tj. $\frac{Q}{A}$ m³/m²/godz.; odpowiada ono najmniejszej prędkości opadania.

Osadniki z ruchem wstępującym są również obliczane dla zawiesin ziarnistych według powierzchni, przy czym prędkość ruchu wstępnego nie może być większa niż najmniejsza prędkość opadania. Ponieważ głębokość nie odgrywa roli, najodpowiedniejsze są zbiorniki płaskie. Dla zawiesin ziarnistych Fair podał następujące prędkości opadania przy ciepłocie ścieków 10°C.:

Zestawienie 12.

Średnica ziarn	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01	0,005 mm
Piasek kwarcowy	217	113	35,5	10,5	2,63	0,131	0,026 m/godz.
Węgiel	65,8	32,8	11,2	3,28	0,658	0,033	0,007 „
Zawiesiny w ściekach domowych	52,6	26,3	7,9	1,31	0,328	0,013	0,003 „

Prędkość przepływu, w wypadku poziomego jego kierunku, nie może przekroczyć granicznej prędkości, przy której rozpoczyna się toczenie osadzanych ziarn, wynosi ona około 50 mm/sek = 180 m/godz. W osadnikach prędkość przepływu jest znacznie niższa. W bardzo płytkich zbiornikach, np. poletkach ociekowych, gdzie głębokość wynosi tylko 0,4 m, prędkości mogą przekroczyć dopuszczalną granicę. Należy więc dokonać sprawdzenia jej wielkości przy pomocy wzoru

$$v = \frac{Q}{A} \text{ m/godz.}$$

lub, kiedy przekrój pozostaje stały, na zasadzie długości osadnika L m oraz czasu przebywania t godzin

$$v = \frac{L}{t} \text{ m/godz.}$$

Zawiesiny kłaczkowate zachowują się przy opadaniu zupełnie inaczej niż ziarniste. Kłaczkowate zbijają się w czasie opadania powiększając swą wielkość i opadają z rosnącą prędkością. Prędkość opadania nie może być określona przy pomocy naczynia szklanego, gdyż jest zmienna zależna od głębokości. Miarodajne są głębokość i powierzchnia, tj. czas przepływu. Jeżeli oznaczymy przez V m³ pojemność osadnika, czas przepływu t obliczy się z wzoru

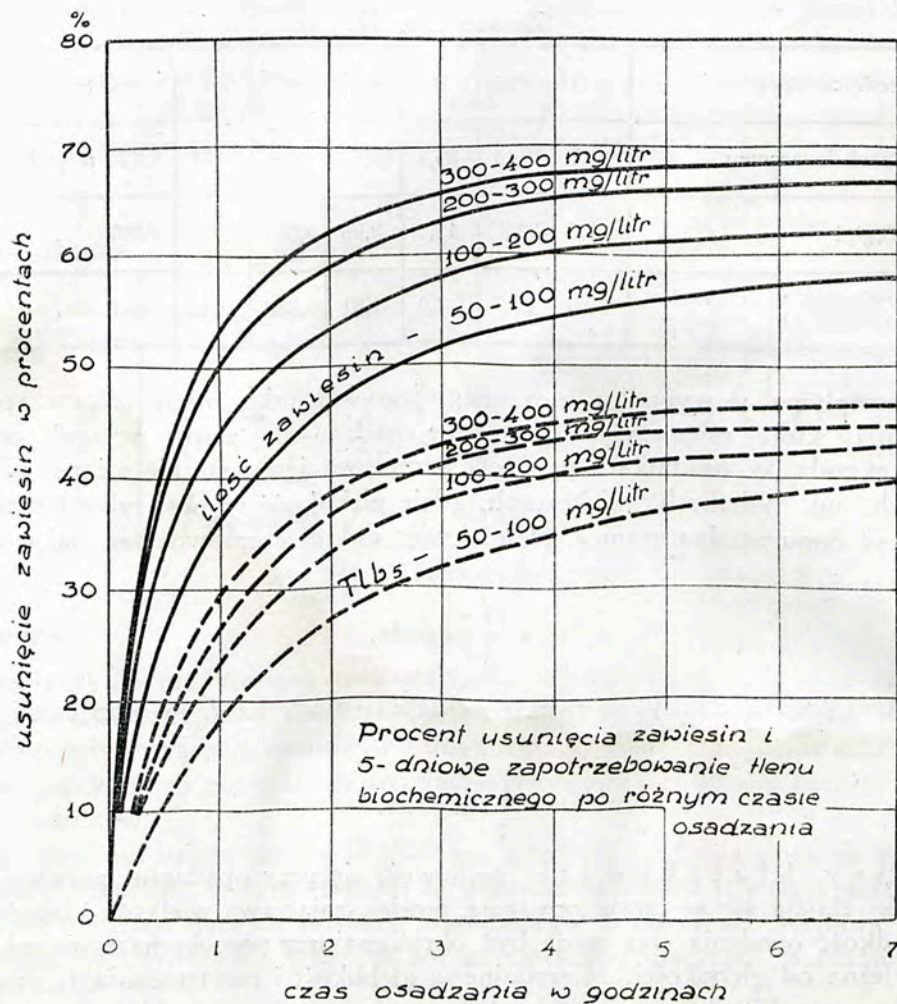
$$t = \frac{V}{Q} \text{ godzin}$$

W wypadku osadników podłużnych długość L ustala się według wzoru

$$L = v \cdot t \text{ m}$$

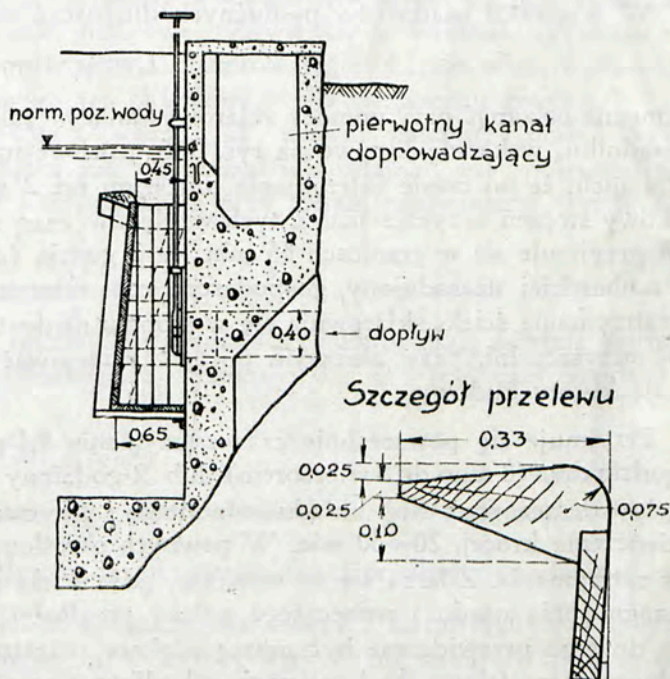
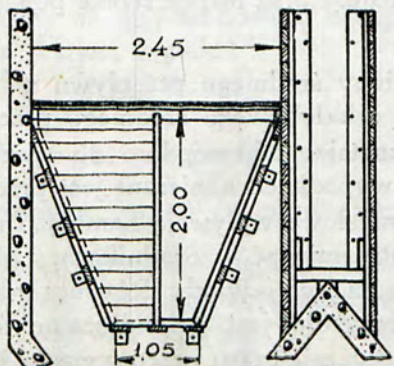
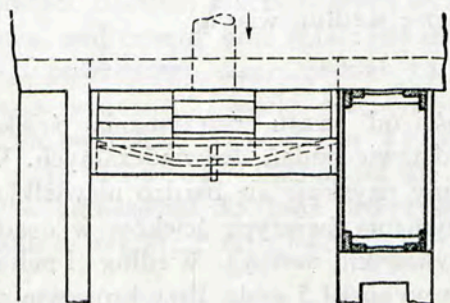
Ce można osiągnąć przy pomocy sklarowywania w zależności od czasu zatrzymania ścieków w osadniku, wskazują krzywe na rys. 346, ustalone na podstawie badań doświadczalnych. Wiadac z nich, że po czasie zatrzymania dłuższym niż 2 godziny uzyskuje się bardzo niewielki dodatkowy stopień oczyszczenia. Z tych względów czas zatrzymania świeżych ścieków w osadnikach przyjmuje się w granicach 45 min. — 2 godzin (amerykańskie normy). Według Imhoffa najbardziej uzasadniony gospodarczo czas zatrzymania wynosi 1,5 godz. Przy krótszym czasie zatrzymania ścieki sklarowują się w stopniu niedostatecznym i obciążają zbyt biologiczną część oczyszczalni, przy dłuższym poczynają zagniwać i cuchnąć oraz niepotrzebnie powiększone zostają koszty budowy.

Przyjmuje się powszechnie czas zatrzymania 1,5-godzinny średniego przepływu z okresu 12 godzin dnia (8 rano do 8 wieczorem) lub 2-godzinny dla całodobowego średniego przepływu. Odpływ deszczowy z sieci układu jednolitego zatrzymany zostaje odpowiednio do przyjętego rozcieńczenia krócej, 20—30 min. W pewnych określonych wypadkach konieczne jest przedłużyć czas zatrzymania. Zdarza się to wówczas, gdy ścieki przemysłowe wpływają hamująco na proces zagniwania osadu i wobec tego należy go dłużej przetrzymywać w osadnikach. Odpowiednio do tego przewidziane być muszą większe przestrzenie na jego odkłady. Również gdy przemysł wpuszcza falami do kanalizacji szkodliwe ciecze, korzystne jest przemieszanie ścieków i wyrównanie fal odpływu. Osiągnąć to się daje przez przedłużenie czasu przetrzymania ścieków w osadnikach.



Rys. 346. Skutek sklarowywania w zależności od czasu zatrzymania ścieków w osadniku.

Rzut poziomy wlotu



Rys. 347. Ukształtowanie wlotu do osadnika.

Stosownie do wyników praktyki dobry skutek wytrącenia zawieszin osiąga się w zbiornikach o głębokości około 2 m (1,8 — 2,5 m), choć stosuje się głębokości dochodzące do 6,0 m.

Czas przepływu ścieków przez osadnik odbiega od teoretycznego czasu zatrzymania. Według badań czas zatrzymania 2-godzinny może być w pewnych wypadkach zredukowany do 1-godzinnego czasu przepływu. Głównym warunkiem dobrego wykorzystania przekroju osadnika jest równomierny rozdział dopływających ścieków na cały jego przekrój. Osiąga się to przez odpowiednie zaprojektowanie wlotu oraz wylotu. Wloty projektuje się zwykle jako przelewy o niewielkiej wysokości przelewającej się warstwy ścieków w celu zmniejszenia możliwości powstawania wirów, przy czym jako dodatkowe zabezpieczenie służą zanurzone deski. Jako wypróbowana polecana jest konstrukcja przedstawiona na rys. 347. Dopływające ścieki tracą swą energię wznosząc się i wpływają równomiernie na całej szerokości z małą prędkością. Deski zanurzone nie są potrzebne. Na odpływie umieszcza się również przelewy na całej szerokości. Zanurzone pod powierzchnią na głębokości 0,10—0,20 m deski przed wylotem mają na celu zatrzymanie tłuszczu i zanieczyszczeń pływających. W wypadkach bardzo szerokich przelewów dla możliwie jednostajnego rozdziału ścieków daje się w koronie w odstępach 20—30 m wycięcia trójkątne.

Osad zgniwy musi być usuwany możliwie szybko, zanim wzruszony będzie przez gazy gnilne. Powodują one powrotne jego unoszenie przez ścieki oraz nadają im właściwości gnilne. Zależnie od czasokresu oraz sposobu usuwania osadów podzielić można osadniki na:

- osadniki naturalne,
- poletka zalewane,
- osadniki gnilne,
- osadniki świeżowodne wstępne,
- osadniki świeżowodne wtórne.

Dalszy podział dotyczy kierunku przepływu: osadniki z przepływem poziomym lub pionowym. Ostatnie stosowane są na ogół rzadko. Rozróżnia się również osadniki o ciągłym przepływie i napelniane. Osadniki napelniane pracują przerywanie. Po napelnieniu zbiornika osadowego ściekami pozostają one w nim aż do chwili sklarowania, po czym zostają ostrożnie, tak by nie powstało wzruszanie odkładów osadu, wypuszczane. Osad zostaje wybrany do dalszej przeróbki lub usunięcia. Obecnie osadniki tego rodzaju wychodzą z użycia.

Stawy załadowywane.

Do osadników naturalnych należą stawy załadowywane oraz stawy rybne. Stawy rybne działają głównie jako naturalne urządzenia biologiczne i omówione będą w sposobach biologicznego oczyszczania ścieków.

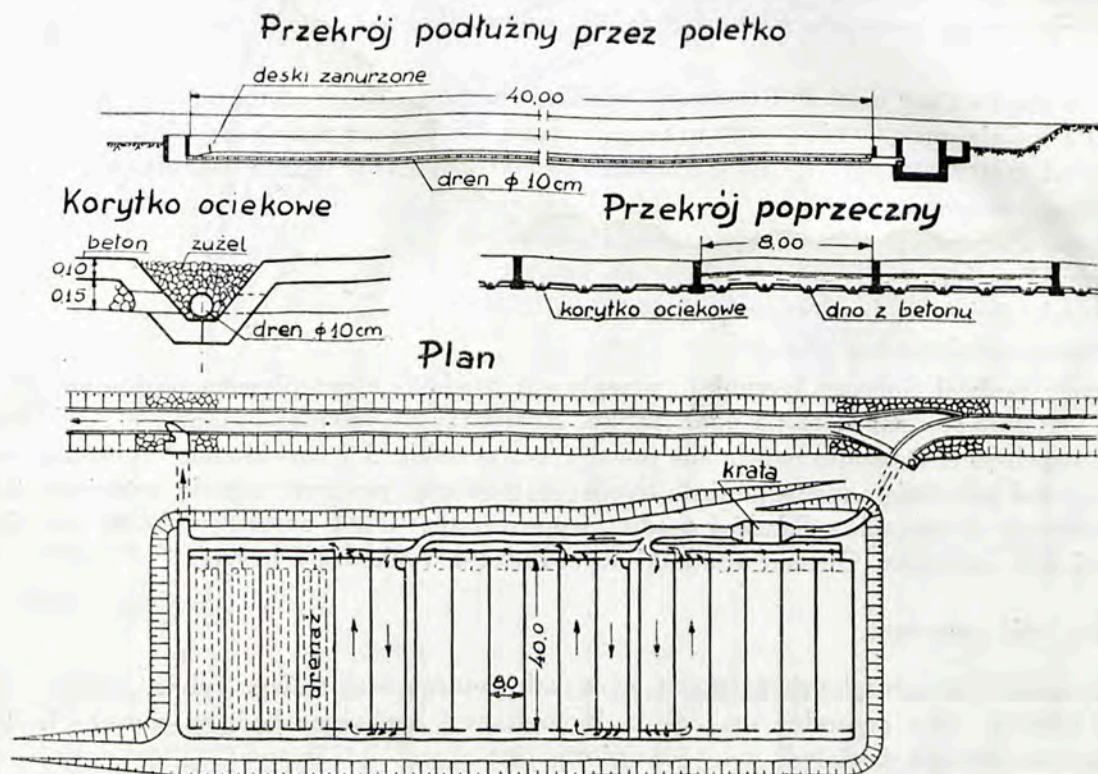
Bardzo prostym sposobem uwolnienia wody od zawieszin jest sposób załadowywania. Stosuje się on w wypadku zawieszin mineralnych lub przy ich znacznej przewodzie, a więc w wypadku ścieków z kopalni, hut, niektórych fabryk chemicznych. Osady mineralnego pochodzenia nie zgniwiają i po opadnięciu; jeśli tylko prędkości przepływu utrzymane są w odpowiednich granicach, nie są unoszone powtórnie.

Stawy załadowywane są to zwykle naturalne zbiorniki ziemne, które można stworzyć wykorzystując zagłębienia powierzchni gruntu przy pomocy krótkich ogroblowań. Ścieki wprowadzane są w jednym końcu, przepływają przez całą długość stawu osadzając zawiesziny, sklarowane odpływają do odprowadzalnika, a następnie do odbiornika. Staw stopniowo załadowuje się. Po całkowitym wypełnieniu się zagłębienia ścieki wprowadza się do nowego uprzednio przygotowanego stawu. W dnie wykonany być musi drenaż, zamknięty aż do czasu całkowitego zapelnienia się osadami stawu. Po wyłączeniu dopływu drenaż otwiera się, co umożliwia wyschnięcie odkładów mułu.

Poletka zalewane.

Poletka zalewane wykonywane są jako płytkie osadniki budowane podobnie jak poletka ociekowe dla przegniłego osadu. Stosowane są również w wypadku niezagniwanego osadu, głównie do ścieków z zawieszinami ziarnistymi, przeważnie do ścieków z płuczek węgla.

Budowane są jako zbiorniki (rys. 348) o niewielkiej głębokości 30—40 cm, o długości 20—40 m oraz szerokości 8—20 m. Zaopatrzone są w drenaż, ułożony w najgłębszych miejscach dna i obsypany grubym żwirem lub żużlem. Na tym podkładzie daje się na całej powierzchni dna warstwę drobnego piasku lub gruzu kokсового grubości 10 cm, służącą jako filtr. Zbiorniki umieszczone są w ilości co najmniej 6 jeden obok drugiego, pracując po dwa. Gdy przez jedną parę przeprowadza się ścieki, pozostałe są wyłączone z przepływu. Zebrany na nich poprzednio osad podlega ocieknięciu, osuszaniu, a następnie wybraniu i usunięciu. W czasie przepływu drenaż jest zamknięty, otwiera się go po wyłączeniu przepływu. Na dopływie i odpływie umieszcza się zanurzone deski dla schwytania pływających zanieczyszczeń oraz tłuszczu. Po otwarciu drenażu stojąca nad osadami woda filtruje się przez piasek. Pozostający osad wysycha w czasie zależnym od większej lub mniejszej ilości domieszek niemineralnych oraz od ciepłoty. Do zamykania wylotów drenowych stosuje się prostego rodzaju zasuwę, w najprostszym wypadku zwykłe kołki drewniane.



Rys. 348. Poletka zalewane.

W wypadku ścieków domowych z przewagą zawiesin organicznych głębokość zapelniania nie może wynosić więcej ponad 0,2—0,3 m, przy czym warstwa osadu może osiągać co najwyżej połowę tej grubości, gdyż osad nie będzie wysychał. Większa głębokość ścieków zmniejsza pochłanianie powietrza powodując stan gnilny ścieków. Odwrotnie, w wypadku zawiesin tylko o charakterze mineralnym głębokość może być w bardzo dużym stopniu powiększona.

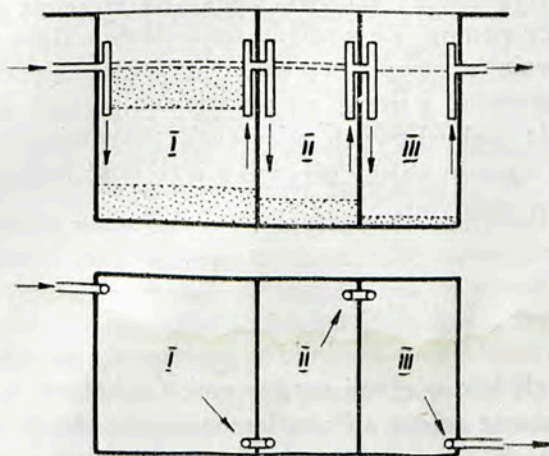
Urządzenia te mają zaletę taniości oraz prostoty. W wypadku ścieków domowych wykonywane są jako urządzenia pomocnicze lub przejściowe. Po rozbudowie oczyszczalni mogą być użyte jako poletka do osuszania osadu przegniłego. Związane są zawsze z przykrymi objawami plagi much oraz nieprzyjemnych zapachów. Okresy deszczowe wpływają ujemnie na procesy strącania i suszenia.

Osadniki gnilne.

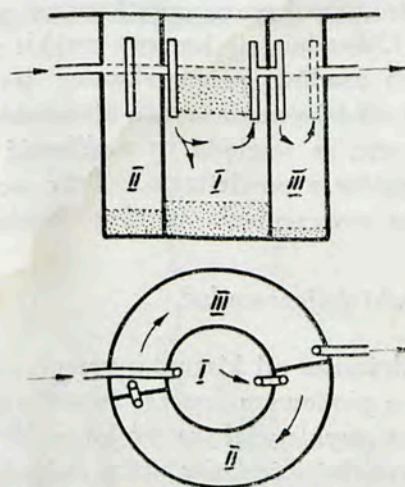
Osadniki gnilne służą podwójnemu celowi: wytrącenia zawiesin, które odbywa się w górnej ich części, oraz przegnicia osadów, zachodzącego w dolnej części. Spełniają więc rolę małych oczyszczalni z prostymi bardzo urządzeniami, wymagającymi w bardzo ograniczonym stopniu

obsługi. Skutek oczyszczania nie jest pełny. Jako oczyszczalnie miejskie nie są stosowane, natomiast budowane są w osiedlach nieskanalizowanych dla obsługi poszczególnych domów lub grup domów, szkół itp.

Osadniki gnilne buduje się przeważnie w postaci podłużnych pojedynczych lub wielokrotnych komór, przez które przeprowadza się ścieki. Czas zatrzymania ścieków przyjmuje się znacznie dłuższy niż w osadnikach świeżo-wodnych—w zależności od ilości przyłączonych mieszkańców od 1 doby do 3-ch. Głębokości komór powinny być większe niż 1,5 — 2 m. Na rys. 349, 350 pokazano schematycznie urządzenie osadników trzykomorowych prostokątnego oraz kołowego. Ścieki przeprowadza się z jednej komory do drugiej rurami zanurzonymi pod zwierciadło wody na głębokości 30 cm i umieszczonymi po przekątnych.

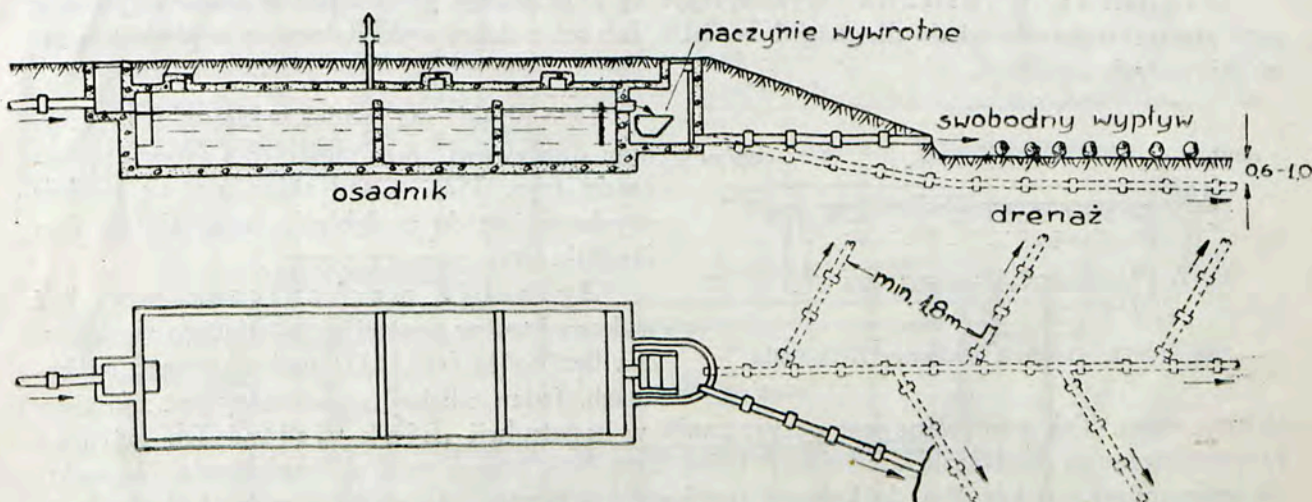


Rys. 349. Osadnik gnilny o przekroju prostokątnym.



Rys. 350. Osadnik gnilny o przekroju kołowym.

Przy czasie zatrzymania 1—3 dni ścieki opuszczające osadnik mają ciemną barwę i przykry zgniły zapach. Nie mogą być odprowadzane do otwartych odbiorników. Dla pełnego przegnicia ścieki musiałby być przetrzymywane przez 20—30 dni. Wprowadza się je w grunt przy pomocy drenażu (rys. 351). Nie może jednak zbyt płytko leżeć zwierciadło wody gruntowej, nie płycej niż 1,5 m, wówczas można drenaż ułożyć na głębokości 0,6—1,0 m. Zwykła głębokość drenów 1 — 1,5 m. Dreny powinny mieć długość 15 m na każdą przyłączoną osobę przy łącznej powierzchni wypływu 10—20 m² na mieszkańca lub 1 m² na 10—20 litrów ścieków.



Rys. 351. Osadnik gnilny i drenaż na odpływie.

Najodpowiedniejsze dla zraszania podziemnego są ziemie lekkie przewiewne. Dreny zakłada się w odstępach od 1,8 m wzwyż. W wypadku gruntu zwięzłego dreny o średnicy 8—10 cm otacza się warstwą żwiru lub tłucznia. Dla osiągnięcia dobrego przewietrzania nawadnianie-

go gruntu pożądane jest zraszanie przerywane, co daje się osiągnąć przez wykonanie na odpływie samoczynnego urządzenia syfonowego lub wywrotnego naczynia o konstrukcji używanej w płuczkach kanałowych. Dobrze jest również układ sieci drenów podzielić na dwie części pracujące na zmianę w odstępach tygodniowych.

Oblicza się, że drenaż pracować może bez oczyszczania około 10 lat. Po upływie tego czasu należy go wyjąć, oczyścić i ułożyć w pewnym odstępie od poprzedniej linii przebiegu.

Komory z wierzchu muszą być przykryte dla zabezpieczenia się przeciwko zapachom oraz pladze much. Osadniki takie usuwają 50—60% zawieszin. Raz lub dwa razy do roku, najlepiej na wiosnę i w jesieni, usuwa się pływający kożuch, opróżnia się osadniki ze ścieków i wydobywa osady. Nie powinny one zapelniać komory więcej niż na $\frac{1}{3}$ część wysokości. Wybierany osad można zużytkować do nawożenia gruntu.

W stropie pokrywającym komory umieścić należy otwory żłazowe, zamknięte szczelnie pokrywkami. Odwadnia się komory zwykle przy pomocy pompy. Ze względu na wydobywające się z gniących osadów gazy wskazane jest umieszczenie w stropie przewodu przewietrzającego. W czasie wydobywania osadu zachować należy ostrożność z uwagi na wydzielane przezeń trujące gazy oraz ze względu na możliwość powstawania wybuchowych mieszanek przy mieszanii się tych gazów z powietrzem. Przy oczyszczaniu z osadu należy niewielką jego ilość pozostawić w celu zaszczepienia świeżego osadu bakteriami gnilnymi.

Osadniki świeżowodne.

W zależności od kierunku przepływu ścieków rozróżniamy osadniki z poziomym przepływem oraz z pionowym, inaczej zwane studniami względnie wieżami osadowymi. Głębokość osadników jest zwykle większa niż 1,8 m. Wymiary poziome zależą od rozplanowania całości oczyszczalni oraz ilości ścieków. Przy dużych pojemnościach dzieli się osadniki na kilka jednostek w celu zmniejszenia możliwości powstawania zaburzeń w przepływie oraz ułatwienia usuwania osadów. W wypadku mechanicznego usuwania osadów urządzenia czyszczące wpływać będą na kształt, który może być kwadratowy, kołowy lub podłużny.

W urządzeniach starszych dla usunięcia osadu wyłączało się osadniki z przepływu i odwadniało. Robotnicy przy pomocy zgrzebel spędzali mul do otworów odpływu osadu, otwieranych na czas czyszczenia. W urządzeniach nowszych usuwanie osadu odbywa się bez przerwy w pracy osadnika: pod wodą grawitacyjnie przy pomocy przewodów dzięki istnieniu różnicy poziomów ścieków w osadniku oraz wylotu przewodu odprowadzającego osady, lub też przy pomocy różnego rodzaju zgrzebel względnie urządzeń czerpiących.

Osadniki podłużne wykonywane są o przekroju prostokątnym z dnem płaskim przy stosunku szerokości do długości 1:3—1:10, lub też z dnem wykształconym w postaci szeregu lejowatych zagłębień.



Rys. 352. Osadnik podłużny Link-Belta.

Dno płaskie ma spadek w kierunku przeciwnym dopływowi do zagłębienia gromadzącego osady (rys. 352). Osad zbierający się na dnie spychany jest do zagłębienia, skąd się go wyczerpuje przy pomocy pompy.

Zgrzebła mechaniczne mogą być wykonywane w postaci poruszającego się łańcucha bez końca (rys. 352) umieszczonego na bębnach. Jeden z bębnow poruszany jest silnikiem

elektrycznym. Tak pomyślane jest oczyszczanie w konstrukcji Link-Belta. Do łańcucha przymocowane są poprzeczki drewniane, które zgrzebują powoli osad do zagłębienia. Na wylocie umieszczone jest korytko, do którego spychany jest tworzący się na powierzchni kożuch. Przewodem rurowym odprowadza się dopływający kożuch do studzienki, skąd się go wyczerpuje dla dalszej przeróbki lub usunięcia. Przy równoległym umieszczeniu kilku jednostek można w ściankach działowych na szerokości zagłębienia pozostawić otwory i doprowadzić osady do jednej pompy, umieszczonej w najniższym miejscu zagłębienia. Dla pewniejszego działania daje się w zagłębieniu spychacz poprzeczny.

Zgrzebló tarczowe Hardinga umieszczone jest na jeżdżącym po szynach wzdłuż osadnika wózku. Przy ruchu powrotnym tarcza jest podnoszona do poziomu powierzchni ścieków i spycha kożuch do korytka przed wylotem. W wykonaniu przedstawionym na rysunku 353, 354 ze zgrzeblą tarczową osad odprowadzany jest grawitacyjnie rurociągiem.

Konstrukcję ze zgrzeblą tarczową i odprowadzeniem osadu pompą przedstawia rys. 355.

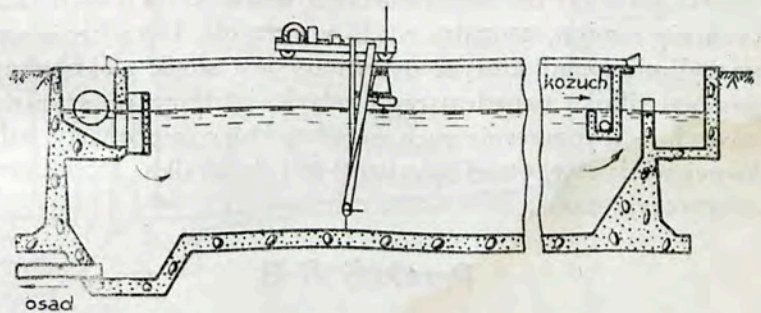
Prędkość jazdy taśm i tarcz wynosi 10 — 60 mm/sek. Stosuje się tym mniejsze prędkości im jest lżejszy osad.

Zamiast zgrzeblu zastosowana być może pompa jeżdżąca na wózku, wyczerpująca osad z dna. Wówczas dno wykształca się w kształcie korytka. Przewód ssawny pompy umieszczony jest w linii największego zagłębienia. W wypadku mułu łatwo zbijającego się zaopatruje się koniec rury ssawnej w kosz. W szczególnych wypadkach kosze są zaopatrzone w urządzenia do rozluźnienia leżącego na dnie mułu, by łatwiej dał się zasysać.

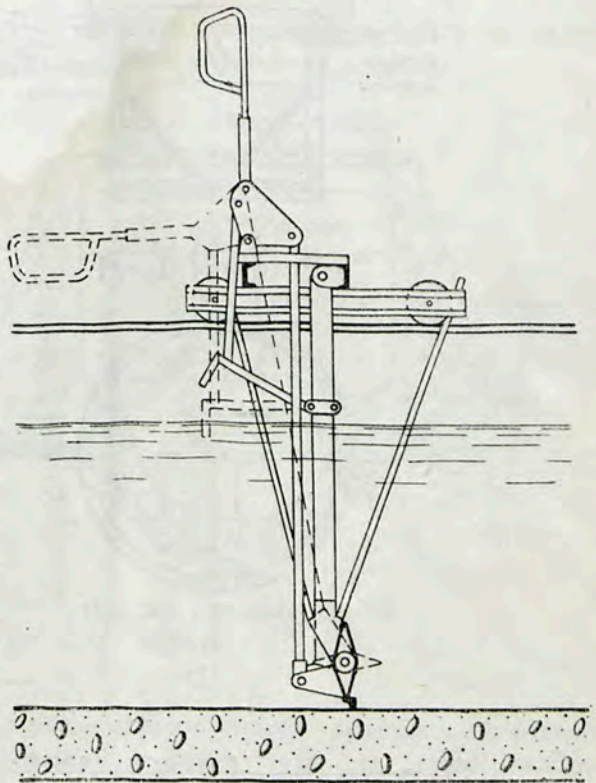
Przewód tłoczny od pompy doprowadza mul do kanału, biegnącego wzdłuż całego osadnika, skąd odchodzi on do dalszej przeróbki.

W osadnikach z dnem lejowym (rys. 356) gromadzą się osady w zagłębieniach dna, skąd odprowadzane są przy pomocy układu rur grawitacyjnie lub też wyciągane przy pomocy pomp. Osadniki takie mogą być wykonywane z przepływem poziomym lub pionowym. Ściany lejów powinny być dostatecznie strome, najlepiej około 45° . Wypuszczanie osadów powinno się odbywać powoli. Zbyt gwałtowne odprowadzanie może spowodować przerwanie się ścieków przez odkłady mułu.

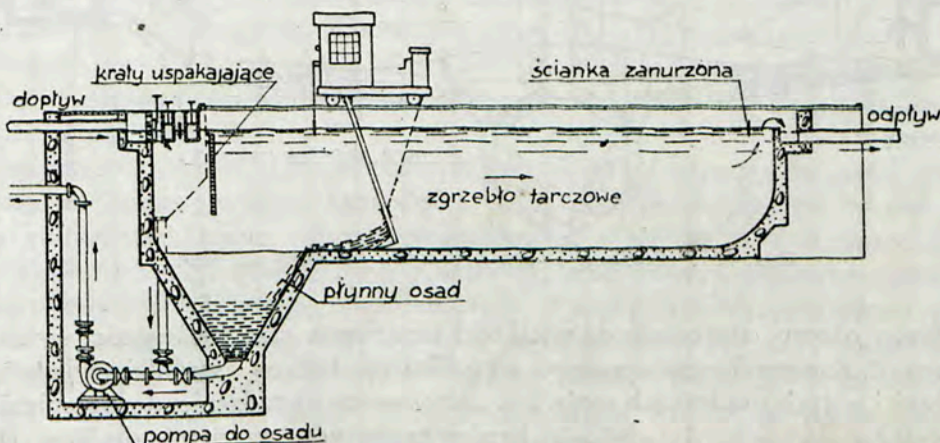
Stosowana jest również często jako osadnik wspomniana już poprzednio konstrukcja Dorra. Osadnik tego typu wykonywany jest o kształcie kwadratowym z zaokrąglonymi na-



Rys. 353. Osadnik podłużny ze zgrzeblą Hardinga.

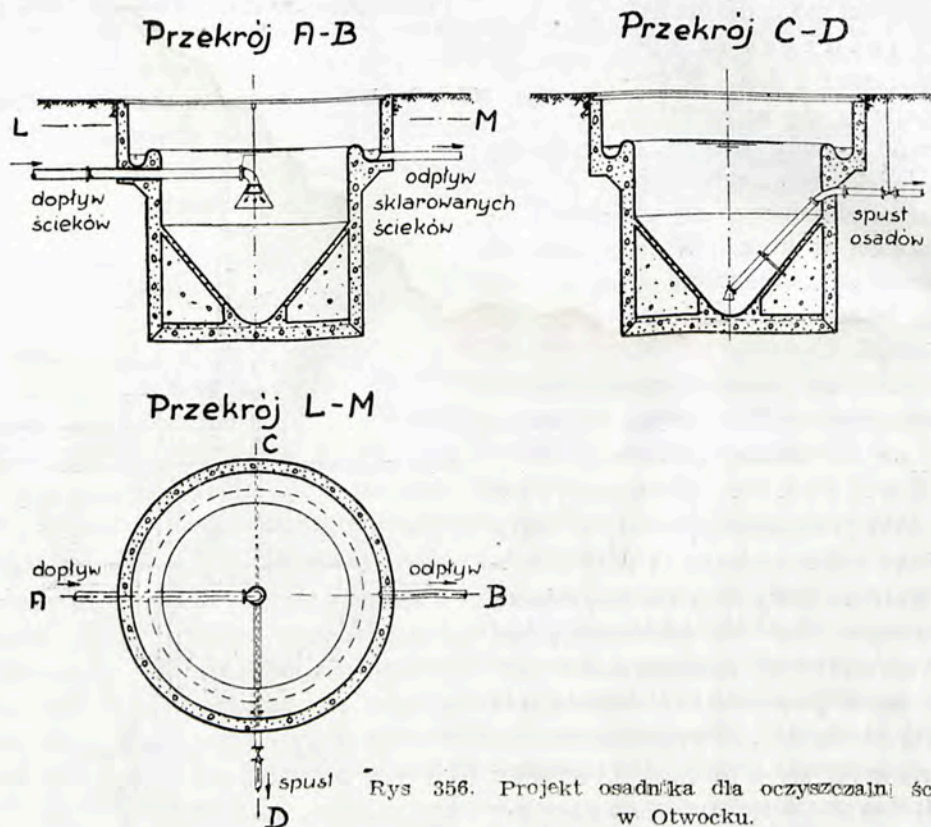


Rys. 354. Zgrzebló Hardinga.

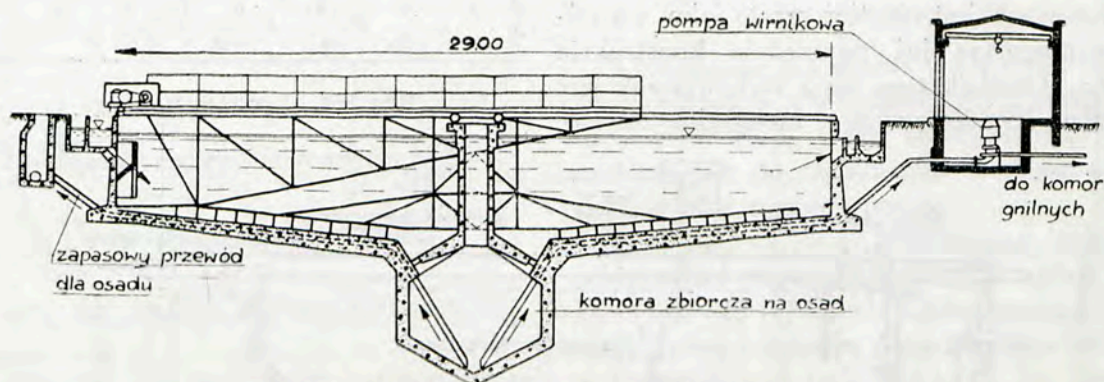


Rys. 355. Osadnik podłużny ze zgrzeblą i odprowadzeniem osadu pompą.

rożami (rys. 357). W początkowo wykonywanych o kołowym przekroju powstawał niekorzystny ruch wirowy. Ścieki dopływają albo przez przelew z jednego boku, odpływają zaś z przeciwległego, lub też wchodzi przez otwory w wieży środkowej, odpływają zaś przez przelew wzdłuż całego obwodu (rys. 358). Dno ma lekkie nachylenie do środka do niewielkiego zagłębienia, skąd odchodzi przewód do odprowadzania mułu. Grabi składają się z dwóch lub czterech obracających się ramion, zaopatrzonych w zgrzebla. Urządzenie zgrabiające umocowane jest do pionowego cylindra, nad którym ustawiony jest silnik elektryczny. Ruch obrotowy grabi osiąga się przy pomocy silnika napędzającego wózek, jeżdżący po szynie, biegnącej wokół osadnika. Wózek powoduje jednocześnie ruch mostka, który jest oparty jednym końcem na nim, drugim na środkowej wieży. Osad spychany jest do środka. Dodatkowe zgrzebla z ruchem wahadłowym oczyszczają naroża.

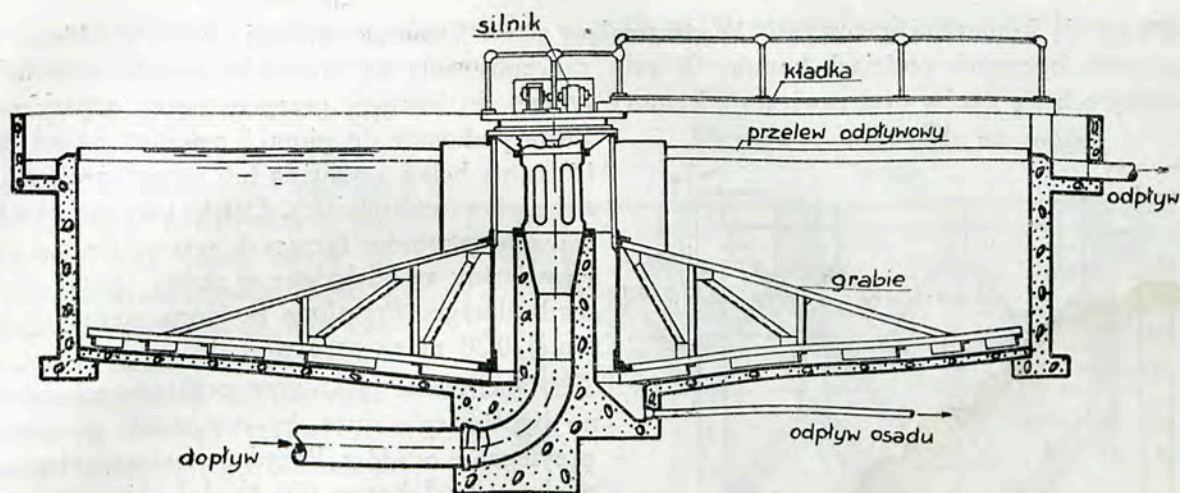


Rys. 356. Projekt osadnika dla oczyszczalni ścieków w Otwocku.



Rys. 357. Osadnik Dorra z komorą zbiorczą na osad.

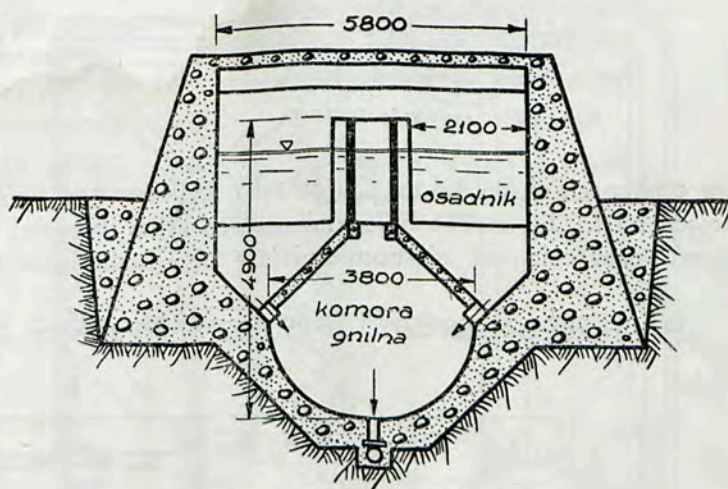
Czas jednego obrotu, stosownie do wielkości urządzenia oraz właściwości ścieków, waha się od 5—30 minut. Zapotrzebowanie mocy w wypadku osadników średniej wielkości wynosi 2,2 kW. Również i w tych osadnikach może być zastosowane urządzenie do zgarniania kożucha. Średnice osadników dochodzą do wielkości bardzo znacznych, przeciętnie do 30 m, choć istnieją wybudowane o średnicach powyżej 60 m, a nawet dochodzących do 95 m.



Rys. 358. Osadnik Dorr-Siteed.

Zaletą osadników Dorr jest natychmiastowe usuwanie osadzonego mułu i w ten sposób nie dopuszczanie do zmniejszania się części przepływowej oraz zagniwania ścieków.

Z uwagi na konieczność ciągłego odprowadzania osadu pumpuje się mul o różnej zawartości wody. Aby uniknąć przy trwałym ruchu pompy silnych wahań zawartości wody w mulu, umieszczono w osadniku Dorr oczyszczalni Essen Rollinghausen w środku, zamiast koryta zbiorczego większych wymiarów, komorę (rys. 357). W komorze tej zbiera się mul i gęstnieje. Nie ma potrzeby ciągłego wyciągania mułu o zmieniającym się stężeniu, wyciąga się okresowo bardziej jednostajną masę.



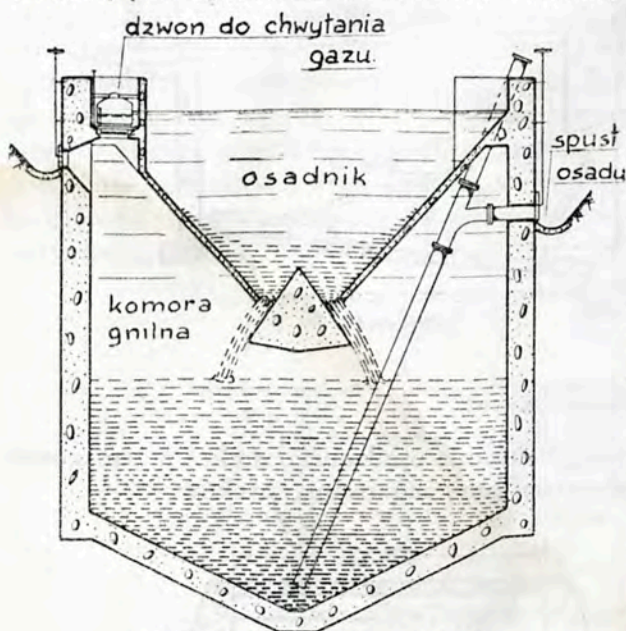
Rys. 359. Osadnik Trivisa.

Osadniki dwupiętrowe.

W osadnikach dwupiętrowych połączone są procesy sklarowywania ścieków oraz przegniwania wytworzonego osadu. Różnią się one od osadników gnilnych tym, że część osadowa i gnilna są od siebie oddzielone tak, że nie ma bezpośredniego stykania się przepływających ścieków z gniącym osadem, co sprzyja wytrącaniu się osadów. Prototypem był osadnik Trivisa (rys. 359) wykonany po raz pierwszy w Anglii, konstrukcję tę ulepszył Imhoff zastosowując ją po raz pierwszy dla spółki Emsherskiej, stąd nazwa osadniki Imhoffa lub studnie Emsherskie. Osadniki Imhoffa są bardzo rozpowszechnione, choć obecnie nieco straciły na popularności wobec coraz częstszego stosowania na większych oczyszczalniach wydzielonych komór gnilnych.

Działanie osadnika Imhoffa jest następujące. Ścieki dopływają do części górnej przepływowej zwanej też komorą osadów (rys. 360 i 361), która jest oddzielona od umieszczonej pod nią komory gnilnej nachylonymi płytami wykonanymi z żelbetu. Wytrącające się zawiesiny opadają na silnie nachylone powierzchnie i spływają przez otwarte szpary u spodu płyt do poniżej leżącego pomieszczenia gnilnego beztlenowego. Tutaj przechodzą one przez proces gnicia względnie anaerobowego rozkładu. Gdy zostanie on zakończony, przegniły osad usuwany jest z komory przy pomocy rur grawitacyjnie lub przy pomocy pomp. Mul pozostaje w komorze gnilnej 3—5 miesięcy. Wydzielający się w czasie gnicia gaz wznosi się wzdłuż spodu płyt rozdzielczych do otworów, którymi albo uchodzi w powietrze lub chwytny jest przy pomocy umieszczonych nad otworami dzwonów w celu dalszego wykorzystania. Te części górne osad

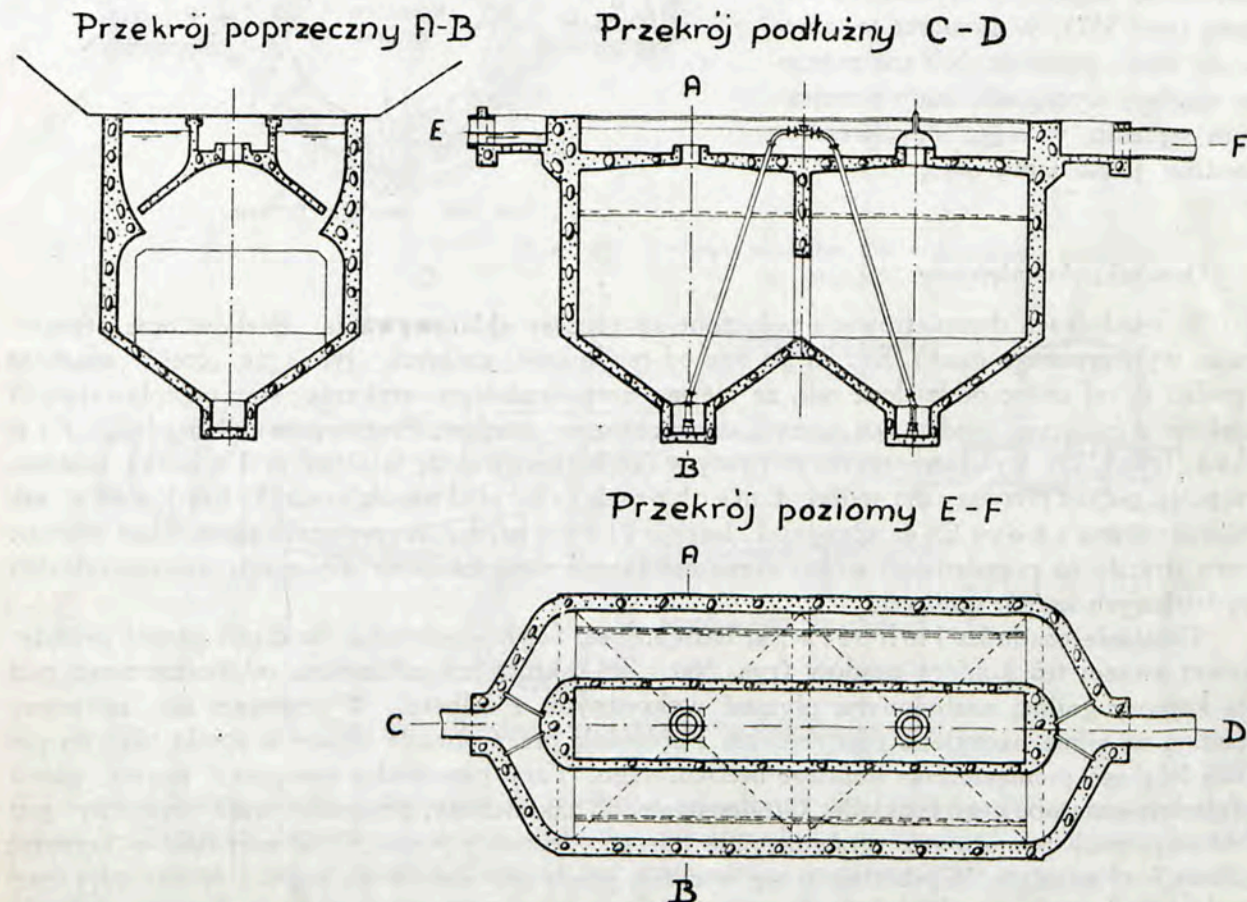
nika zwą się komorami gazowymi. Wytwarzający się w komorze gnilnej kożuch zbiera się w górnych bocznych częściach komór. W celu zabezpieczenia się przeciwko przedostawaniu się wznoszących się gazów oraz zawieszin z komory gnilnej do komory przepływającej, szpary przebiegają ukośnie do pionu i osłonięte są od dołu trójkątną belką podłużną lub przedłużeniem jednej z płyt rozdzielczych. Dzięki takiemu ukształtowaniu otworów łączących wznoszące się gazy i zawiesziny są odchylane w stronę spodu stropu rozdzielczego. Przesłona powinna sięgać co najmniej 0,20 m za szparę.



Rys. 360. Osadnik Imhoffa.

Nachylenie płaszczyzn ześlizgowych powinno być na tyle duże, by nie mogło powstawać przyleganie osadów. Pożądane jest nachylenie do poziomu pod kątem 60° , tj. 1:2. Stosowano jednak z dobrym skutkiem nachylenie 1:1, 25 (0,8:1). Powierzchnie ześlizgowe powinny być bardzo gładkie.

Przy kształcie prostokątnym osadnika umieszcza się pomiędzy lejami dna scianki działowe poprzeczne z otworem u spodu. Zadaniem ścianki jest podtrzymywanie płyt rozdzielczych oraz hamowanie mogących powstawać w komorze gnilnej prądów. W długich osadnikach daje się je w odstępach około 4,5 m. Często tak rozplancowanie się przewody doprowadzające i odprowadzające ścieki, by można było zmieniać co kilka tygodni kierunek przepływu (rys. 362). Daje się wówczas osiągnąć równomierniejsze obciążenie komory gnilnej.



Rys. 361. Projekt osadnika Imhoffa w Sochaczewie.

Szerokość szpar powinna wynosić 0,2 — 0,25 m. W niewielkich oczyszczalniach domowych zmniejsza się ją do wymiaru 0,12 m.

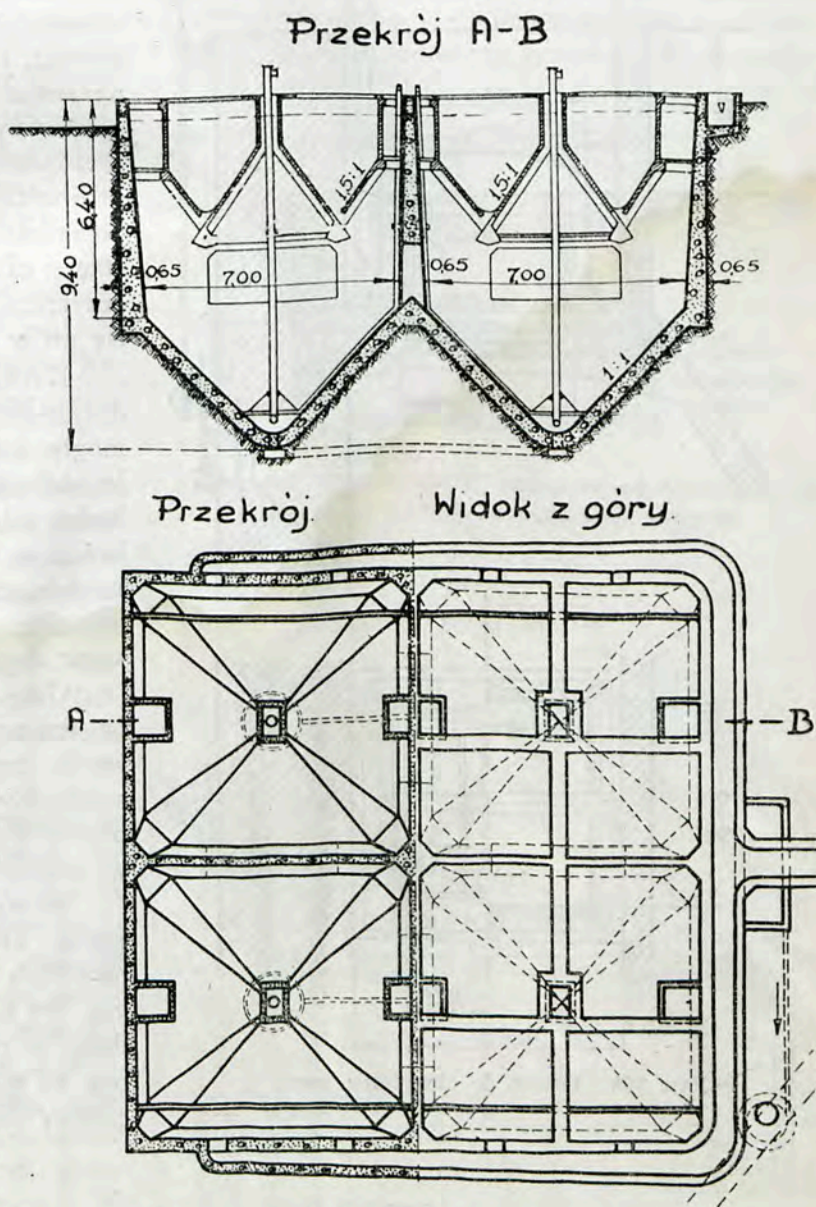
Dno wykształcone jest w postaci lejów; wykonywa się je również o przekroju ciągłym trójkątnym. Nachylenie powierzchni dna, jeżeli ścieki są w dostatecznym stopniu odpiaszczane w piaskowniku, daje się niewielkie około 1:2. W wypadku dostawania się dużych ilości piasku do komory gnilnej powstaje zjawisko jego zcimentowywania się na wlocie do rury odprowadzającej muł. Pomocne może być wówczas umieszczenie rury płuczającej, idącej wzdłuż przewodu mułu. Wyphywający z rury strumień wody wzrusza piasek zabezpieczając przeciwko jego zcimentowywaniu się.

Każdy lej w komorze gnilnej musi być zaopatrzony w przewód o średnicy 200 mm dla odprowadzania przegniłego osadu. Na przewodzie musi być umieszczona zasuwa. Stosowane są rury żeliwne, chronione przeciwko rdzewieniu na wysokości zwierciadła wody płaszczem z betonu. Strata wysokości w rurach prowadzących muł wynosi 1:8, w przewodach otwartych 1:40. W wypadku bardzo gęstego mułu wynosi ona znacznie więcej. Liczy się, że przy dostatecznie płynnym mułu wypływać on będzie przy różnicy ciśnienia wynoszącej 1,2 — 1,5 m.

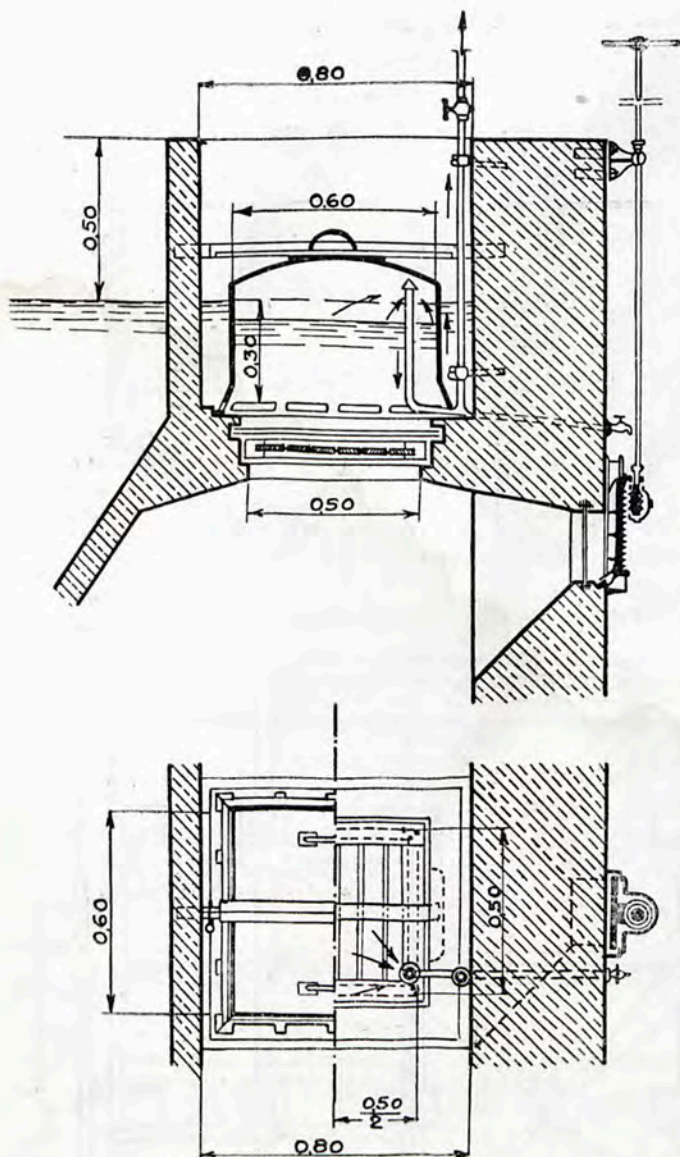
Czas zatrzymania przyjmuje się 1,5—2 godzin. Komora osadowa nie powinna być zbyt głęboka, gdyż powoduje to zwiększenie zagłębienia osadnika bez powiększania jego wydajności. Odległość od poziomu ścieków do szpary nie powinna być większa niż 2,7 m. Osadniki umieszcza się w terenie tak, że wystają tylko nieznacznie ponad powierzchnię. Całkowita głębokość wynosi minimalnie 4,5 i dochodzi do 10,0 m.

Wlot i wylot są kształtowane jednakowo. Wykonywane są zwykle jako przelewy na całej szerokości komory osadowej. Przed przelewami umieszcza się zanurzone na głębokość 0,10 — 0,30 m deski.

Otwory do uchodzenia gazu powinny być dostatecznej wielkości, by nie powstawało zjawisko podnoszenia się kożucha, co sprzyja pienieniu się powierzchni w komorze gnilnej. Przekrój otworów powinien wynosić 15—25% całej powierzchni osadnika. W dużych oczyszczalniach zaopatruje się komory gnilne w dzwony żelazne do chwywania gazu (rys. 363, 364). Zanurzone są one na głębokość 0,30 m w ścieki. Różnica ciśnienia 200 mm wystarcza do wtłaczania gazu do przewodów. U spodu dzwonów daje się ochronę przeciwko dostawaniu się do nich kożu-



Rys. 362. Osadniki Imhoffa w Recklinghausen ze zmieniającym kierunkiem przepływu.



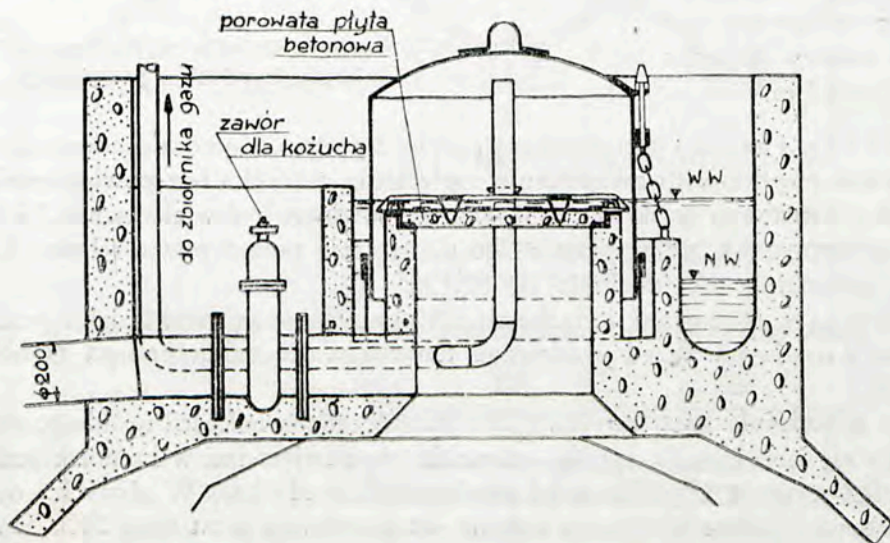
Rys. 363. Dzwon do chwytania gazu.

cha, w postaci płyty betonowej z otworami lub rusztu drewnianego. Stosuje się również rozbijanie kożucha przy pomocy uruchamianych ręcznie przyrządów skrzydełkowych lub śrubowych. Gaz odprowadzany jest z najwyższego punktu dzwonu lub ujmowany przy pomocy przewodu, umieszczonego wewnątrz niego. Przewody doprowadzają gaz do zbiornika gazu lub bezpośrednio do miejsca zużycia. Wykorzystanie gazu opłaca się tylko na dużych oczyszczalniach, w mniejszych wypuszcza się go w powietrze.

Komora gnilna posiadać musi dostateczne wymiary, by opadające osady mogły całkowicie przegnić. Pojemność jej oblicza się w zależności od przyłączonej liczby mieszkańców, 60–70 litrów/mieszkańca w wypadku kanalizacji o sieciach rozdzielonych oraz 85 litr/mieszk. dla sieci jednolitej. Osady nie mogą sięgać bliżej szpar dopływowych niż 0,35 m.

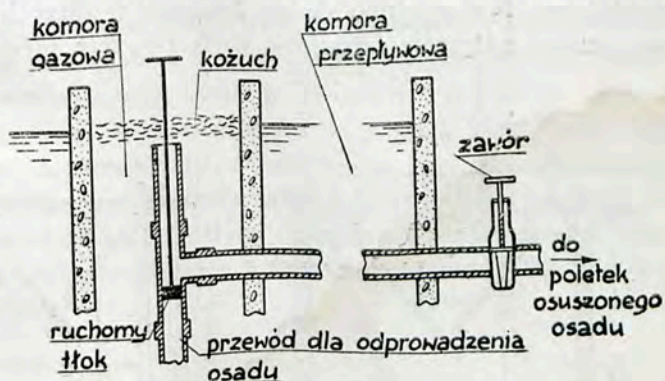
Obsługa osadników Imhoffa jest na ogół prosta. Polega ona na usuwaniu codziennym kożucha, utrzymaniu swobodnymi szpar pomiędzy komorą przepływową i gnilną oraz na wypuszczaniu w odpowiednim czasie przegniłego osadu.

Szczególną uwagę należy zwrócić na pianę, która powstaje przy wznoszeniu osiadłych zawiesin przez wznoszący się gaz. Po ujściu gazu cząstki zawiesin opadają; w niektórych wypadkach pozostają one na powierzchni, zbijając się i tworząc cieńszy lub grubszy kożuch. Skłonności do



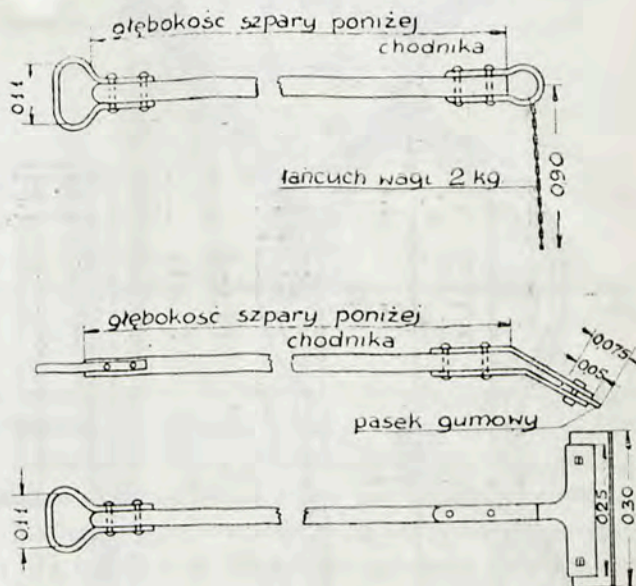
Rys. 364. Dzwon do chwytania gazu.

wytwarzania kożucha posiadają ścieki czysto domowe oraz z niektórych przemysłów wprowadzających dużo tłuszczów, włosów i ścinków. Powstaje on również przy niskich ciepłotach i przy zbyt dużym stosunku powierzchni do objętości komory. Tworzący się kożuch powinien być codziennie rozbijany. Powoduje to ujście z pod niego gazów i opadnięcie kawałków rozbitego kożucha. Tłusty kożuch nie opadający powinien być wypuszczony z komory. W tym celu w komorach gazowych umieszcza się otwory i przewody do jego wypuszczania. Mogą służyć do tego celu odpowiednio dostosowane przewody do odprowadzania przegniłego osadu (rys. 365). Rozbijanie kożucha może być przeprowadzone z dobrym skutkiem przy pomocy strumienia wody wyrzucanego z węża. W małych oczyszczalniach wyczerpuje się rozbite kawałki kożucha przy pomocy czepaków siatkowych.



Rys. 365. Dostosowanie przewodu odprowadzającego przegniły osad do wypuszczenia kożucha.

Oczyszczanie powierzchni ześlizgów przeprowadza się przy pomocy drewnianego drąga, zaopatrzonego u spodu w zgrzebło obite kauczukiem. Zatkane szpary oczyszczane są przy pomocy przyrządu składającego się z długiego drąga, do którego końca przymocowany jest ciężki łańcuch (rys. 366). Luźno wiszący łańcuch przeciąga się przez szparę.



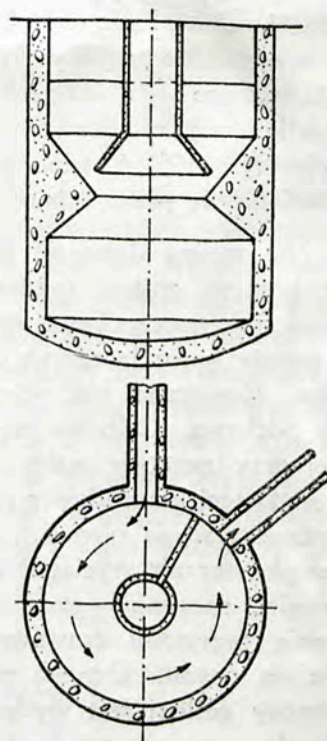
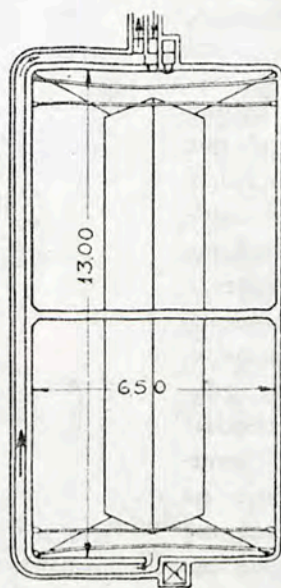
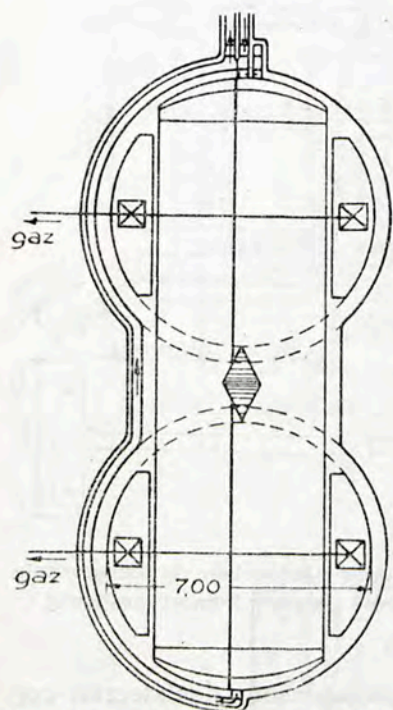
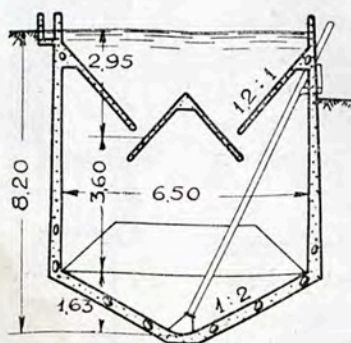
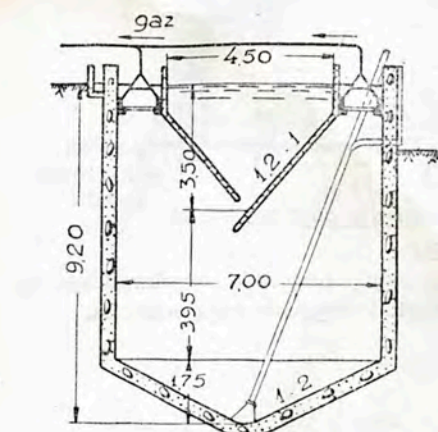
Rys. 366. Zgrzebło i drąg z łańcuchem do oczyszczania powierzchni ześlizgów i szpary komory osadowej.

Nie można dopuścić do przepelniania się komory gnilnej osadami. Sięgać one mogą, jak wspomniano, nie wyżej niż 0,35 m poniżej szpar łączących obie części osadnika. Konieczne jest więc stałe badanie ich poziomu. Odbywa się to najskuteczniej przy pomocy małej ręcznej pompki, posiadającej kauczukowy przewód ssawny. Opuszcza się ją powoli. Z chwilą, gdy pompka zacznie wyciągać osad, wychodzą również zaczynają gazy. Długość zanurzenia przewodu ssawnego wskazuje na poziom osadu. Oznaką przepelnienia się komory gnilnej jest wydobywanie się pęcherzy gazu ze szpar.

Wypuszczenie przegniłego osadu powinno być przeprowadzane dostatecznie często, jednak należy zwrócić uwagę, by zawsze powstawała w komorze dostateczna ilość starego dojrzałego mułu, który ma za zadanie zaszczepienie bakteriami gnilnymi świeżo napływających mas osadu.

Najczęstszy kłopot sprawia pienie się powierzchni w komorach gazowych. Objawia się ono przez wypływanie na powierzchnię czarnych mydlin i piany, którym towarzyszy nieprzyjemny zapach. Piana może się przelać do komory przepływowej powodując zanieczyszczenie odpływających ścieków. Pienienie powstaje zawsze w czasie dojrzewania komory. W czasie późniejszej jej pracy może powstawać przy dopływie kwaśnych ścieków przemysłowych, przy nadmiarze w ściekach mydlin lub przy niezrównoważeniu świeżego osadu z dobrze przegniłym. Zwalczanie tego objawu polega na rozcieńczeniu gnijącej wody ściekowej przy pomocy czystej wody. Pomaga również wypuszczanie osadu, powodujące wchodzenie świeżych ścieków z komory przepływowej.

W początkach uruchamiania osadników dobry skutek osiąga się przez zaszczipienie komór dobrze przegniłym osadem z innych komór. Gdy go brak, można posłużyć się dobrze przegniłym nawozem końskim. Stały objaw pienienia się może być zmniejszony przez wstępne przechłowywanie ścieków. Również dodanie wapna zmniejsza kwaśność i pienienie się. Dodaje się go przez komory gazowe w postaci wapna gaszonego w ilości 2—4 kg na 1000 mieszkańców raz tygodniowo. Nie powinno się go dodawać w dużych ilościach jednorazowo, gdyż choć nastąpi zmniejszenie natężenia zapachów może powstać pienienie się z powodu zbyt silnej alkaliczności.



Rys. 367. Kołowy osadnik Imhoffa.

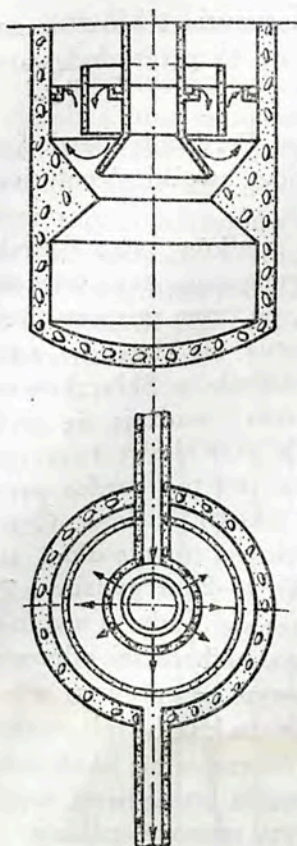
Rys. 368. Prostokątny osadnik Imhoffa.

Rys. 369. Osadnik Imhoffa z przepływem kołowym.

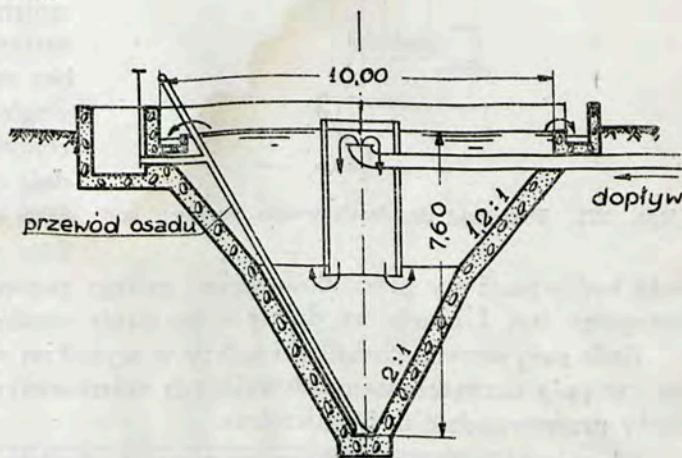
Dawniejsze osadniki Imhoffa budowane były o kształcie kołowym (rys. 367), obecnie wykonuje się je o przekrojach prostokątnych (rys. 368), gdyż daje to lepsze wykorzystanie całości. Otrzymuje się mniejsze wymiary oraz bardziej proste urządzenie do chwywania gazu. Pod względem statycznym przekroje kołowe są korzystniejsze. Ściany poprzeczne osadnika są wzmacniane silnymi ścianami poprzecznymi, których umieszczenie jest, jak wspomniano wyżej, wskazane również i z innych względów. W wypadkach trudnych warunków posadowienia, jak np. silnego napływu wód gruntowych lub istnienia kurzawki, daje się pierwszeństwo kształtom kołowym. Osadniki małe buduje się o przekroju kołowym z przepływem kołowym (rys. 369) lub promieniowym (rys. 370).

Osadniki wtórne.

Osadniki wtórne stosowane są dla sklarowania ścieków oczyszczonych biologicznie na złożach zraszanych lub sposobem mułu czynnego. Ponieważ osad wytwarzający się jest charakteru czysto kłaczkowego, stosowane są zwykle osadniki o pionowym kierunku przepływu. Tworzy się wówczas jakby filtr z opadającego mułu, wywołujący zbijanie się w większe i cięższe płyty kłaczkowego mułu. Powszechne zastosowanie mają studnie Dortmundzkie o przekroju kołowym z dnem wykształconym w postaci głębokiego leja (rys. 371). Ścieki doprowadzane są do szybu środkowego w jego górnej części, spływają w dół i opływając krawędź dolną wznoszą się do przelewu umieszczonego na całym obwodzie. Za przelewem znajduje się korytko, odprowadzające ścieki do przewodu idącego już wprost do zbiornika.



Rys. 370. Osadnik Imhoffa z przepływem promienistym.



Rys. 371. Osadnik wtórny (studnia Dortmundzka).

Jako część przeznaczoną na osad uważa się spód studni do dolnej krawędzi środkowego szybu. Prędkość przepływu nie powinna przekraczać 4—7 mm/sek, gdyż w przeciwnym razie opadające w dół kłaczkowate porywane są ku górze. Granice te nie są przekraczane, gdy czas zatrzymania wynosi 1,5 — 2 godzin. Głównym warunkiem dobrego skutku jest tak częste wypuszczanie mułu, by nie przepełniał on leja osadowego. Najlepiej gdy wypuszczanie odbywa się w sposób ciągły. Do tego celu służy rura, dochodząca do spodu leja. Rura taka powinna być drugim końcem wyprowadzona ponad wierzch osadnika, dla umożliwienia przeczyszczenia jej z góry. Na wysokości korytka odpływowego dla mułu umieszczone jest odgałęzienie łączące rurę z korytem i zamykane zasuwą.

Ściany leja muszą być silnie nachylone, 1:2 w dolnej części i 1,2:1 w górnej, by opadający muł ześlizgiwał się po nich, dochodząc bez zatrzymywania się do spodu leja.

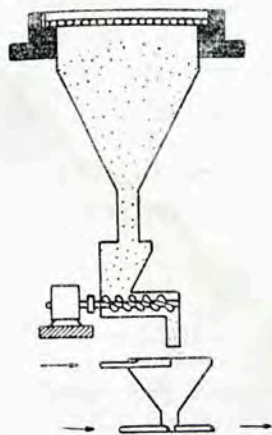
Również kształt kwadratowy może być zastosowany z powodzeniem dla osadników wtórnych. Podobnie jak poprzednio ścieki doprowadza się do pośrodku umieszczonego szybu. Korytko zbiorcze biegnie po obwodzie.

IX. 3-d. Oczyszczanie chemiczne.

Chemiczne oczyszczanie ścieków polega na dodawaniu takich związków chemicznych, które powodują koagulację nie osadzających się zawiesin oraz wytrącenie niektórych związków rozpuszczalnych. Najczęściej stosowanymi obecnie związkami są sole żelaza, siarczan żelaza oraz chlorek żelaza. Sposób zastosowania jest podobny, jak przy wodzie dla wodociągów i opisany jest szczegółowiej w dziale wodociągów. Ze względu na znacznie większe ilości zanieczysz-

czeń w ściekach dawki muszą być znacznie większe. Dla obniżenia ich zużycia i kosztów należy zwrócić uwagę na uzyskanie optymalnych wartości pH . Osiąga się to przez dodawanie wapna.

Dawkowanie musi być stosowane do zmiennego przepływu ścieków. Przyrządy dawkujące dozują albo suche sole (rys. 372) lub też regulują najczęściej przy pomocy zwężki Venturiego dopływ gotowych roztworów lub dopływ rozcieńczającej wody.



Rys. 372. Przyrząd do dawkowania suchych soli.

może być wzmocniony przez dodawanie miazgi papierowej lub mułu z węgla brunatnego, węgla aktywnego itp. Ułatwia to dalsze wysuszenie osadów i ich usuwanie przy pomocy spalania.

Ilość zużywanych chemikaliów zależy w wysokim stopniu od rodzaju ścieków oraz wymaganego stopnia oczyszczenia odpływających sklarowanych ścieków. Ustalenie prawidłowych dawek należy przeprowadzić doświadczalnie.

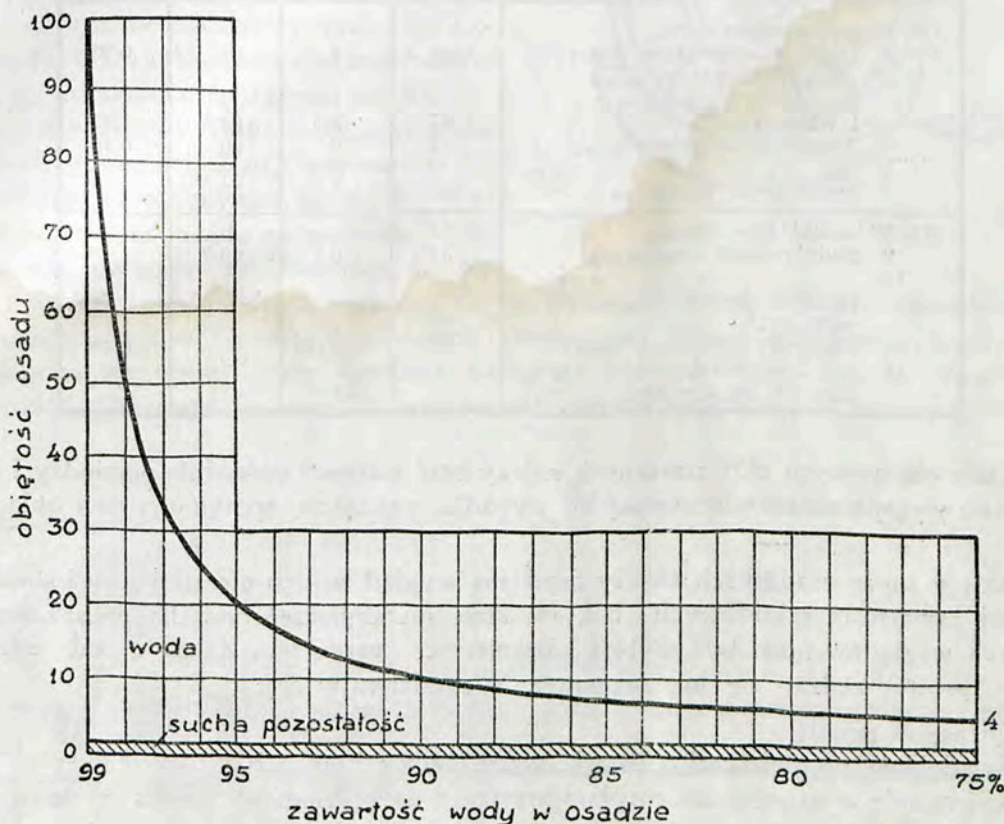
Chemiczne oczyszczanie związane jest z powiększeniem się ilości osadu ze względu na zwiększone wytrącanie zanieczyszczeń oraz dodawane chemikalia, łączące się również w postaci kłaczków z strącanymi zawiesinami. Ilość powiększa się 2 do 3-krotnie w stosunku do osadów zatrzymywanych w zwykłych osadnikach. W związku jednak z mniejszą zawartością wody 90%, gdy osad zwykłych osadników zawiera 95%, objętość wzrasta nieznacznie. Dodawanie katalizatorów, jak wspomniano wyżej, lub wapna w celu zobojętnienia ścieków powiększa ilość osadów. Poważnym zagadnieniem staje się więc sposób usunięcia osadów. Stosuje się zwykle jego przegniwanie, przy czym komory gnilne muszą być obliczane na co najmniej dwukrotnie większą pojemność. Doświadczenia co do łatwości i szybkości przegniwania osadu wytrącanego solami żelaza są sprzeczne. Próby z suszeniem osadów na filtrach ssących i użyciem dalszym jako nawozu na polach okazały się niepraktyczne ze względu na zatrucie zapachami powietrza. Odpowiedniejsze okazało się wysuszenie i spalanie suchej pozostałości.

Wyniki chemicznego oczyszczania są lepsze niż zwykłych osadników, nie dorównują jednak wynikom biologicznego oczyszczania. Ścieki stają się bardziej klarowne. Zanieczyszczenia pozostające składają się z zawiesin bardzo drobnych natury koloidalnej oraz z prawie całej ilości rozpuszczonych domieszek. Przy sprzyjających warunkach i sprawnej obsłudze może nastąpić zmniejszenie o 90% zawiesin oraz 85% wszystkich ciał organicznych. Normalnie liczyć się należy z redukcją 80—90% zawiesin, 50—55% ciał organicznych oraz 80—90% ilości bakterii.

Koszty ruchu przy całorocznym stosowaniu środków chemicznych równają się kosztom oczyszczalni biologicznych, przy gorszym jednak skutku. Korzystniej się sprawa przedstawia, gdy chemiczne strącanie ogranicza się tylko do pewnych okresów w roku. Oczyszczanie tego rodzaju stosowane jest, gdy ścieki zawierają dużą domieszkę ścieków przemysłowych, powodujących utrudnianie procesów biochemicznych na oczyszczalni biologicznej oraz wówczas, gdy wystarcza normalnie oczyszczanie mechaniczne w osadnikach, natomiast konieczny jest czasowy większy stopień oczyszczania w okresie niskich stanów w odbiorniku. Sposób ten praktykuje się z dobrym skutkiem do oczyszczania wody ściekowej z komór gnilnych.

Przeróbka i usunięcie osadów.

Zgromadzony w ten lub inny sposób osad musi być odpowiednio przerobiony i usunięty. Przeróbka oraz usunięcie osadu stanowią jedno z ważnych ogniw oczyszczania ścieków. Schwyty w osadniku świeży osad pochodzenia miejskiego ma kolor szary lub żółtawy z łatwo rozpoznawalnymi kawałkami odchodów, papieru, resztek jarzyn, kawałkami drzewa itp. Ma silny zapach odchodów. Z powodu flegmistycznych właściwości i dużej zawartości koloidów jest bardzo wodnisty i trudny do odwodnienia. Wody osadowe mają kolor szary i silny zapach odchodów. Świeży osad zawiera 70% ciał organicznych, 30% mineralnych. W przegniłym osadzie stosunek odwraca się: 45% i 55% z uwagi na zmniejszenie się ciał organicznych z powodu mineralizacji.



Rys. 373. Zależność między zawartością wody i objętością osadu.

Objętość osadów zmienia się w zależności od zawartości wody. Zawartość wody określa się wagowo z ubytku wagi przy pełnym wysuszeniu. Gdy sucha pozostałość wynosi 10%, osad zawierał 90% wody. Osad z zawartością 97,5% wody i 2,5% suchej masy ma dwa razy większą objętość od zawierającego 95% wody i 5% suchej masy. Zależność między zawartością wody i objętością osadu obrazuje krzywa pokazana na rys. 373. Zmniejszenie objętości oblicza się z proporcji stosunku całej objętości do % suchej masy, a więc dla liczb podanych wyżej zmniejszenie objętości wynosi $\frac{100}{2,5} : \frac{100}{5} = 2$. Zawartość wody w osadzie z osadników zależy od sposobów

otrzymywania osadu. Osad świeży z osadników zwykłych zawiera około 95% wody i odwadnia się trudno; osad czynny z basenów na powietrzanych zawiera 98—99,5% wody, schnie bardzo trudno; ze złóż zraszanych 92,5% wody; otrzymany przy pomocy chemicznego strącania zawiera na ogół mniejsze ilości wody, choć nie wszystkie doświadczenia to stwierdzają.

Ilość osadu zależy od rodzaju ścieków, szczególnie odpływy z przemysłu mogą silnie podwyższyć ilość normalną osadów ścieków miejskich, oraz od sposobu oczyszczania. Dla przeciętnych stosunków środkowo-europejskich ilości te według Imhoffa wynoszą:

Zestawienie 13.

Sposób oczyszczania ścieków	a Ilość suchej masy w g/m ³ /d	b Ilość suchej masy w %	c Zawar- tość wody w %	Ilość osadu w l/m ³ /dobę $\frac{a}{b} \cdot \frac{100}{1000}$
I. Osadniki:				
1. Osad suchy, wydobyty z wo- dy z lejów osadowych	54	2,5	97,5	2,16
2. Osad odwodniony przy wydo- bieniu	54	5	95	1,08
3. Nieodwodniony przegniły osad	34	13	87	0,26
4. Wyszuszony na powietrzu przegniły osad		45	55	
II. Złóża zraszane:				
5. Osad z osadników wtórnych	13	8	92	0,16
6. Świeży zmieszany osad z osadników wstępnych i wtórnych	67	5,5	94,5	1,22
7. Przegniły zmieszany osad	43	10	90	0,43
8. " " " " " wy- szuszony na powietrzu		45	55	
III. Zbiorniki nawietrzane:				
9. Świeży osad z nadmiaru	31	0,7	99,3	4,43
10. " " " " wymie- szany z osadem z osadników wstępnych	85	4,5	95,5	1,87
11. Przegniły zmieszany osad	55	7	93	0,79
12. " " " " " wy- szuszony na powietrzu		45	55	

Dla silnie obciążonych złóż zraszanych należy brać wartości pośrednie pomiędzy I i II.

Wartości wyżej podane odnoszą się do wypadku najczęściej spotykanej sieci układu jednolitego.

Osadzający się w osadnikach świeży osad ma wygląd bardzo nieestetyczny i stanowi z powodu dużej zawartości szkodliwych bakterii stałe niebezpieczeństwo dla mieszkańców i obsługi. Z tych względów musi być szybko i bezpiecznie usunięty. Zależnie od miejscowych warunków przeprowadza się to rozmaicie. Wchodzi tu w grę:

1. Topienie w morzu,
2. Odwadnianie na poletkach, filtrach ssących lub wirówkach,
3. Zakopywanie w gruncie lub rozplantowywanie na powierzchni terenu w stanie płynnym lub odwodnionym,
4. Kompostowanie z dodaniem lub bez dodania torfu lub zmiotek,
5. Zatopienie w stawach osadowych,
6. Spalenie,
7. Przegnicie z wykorzystaniem gazu i nawozu.

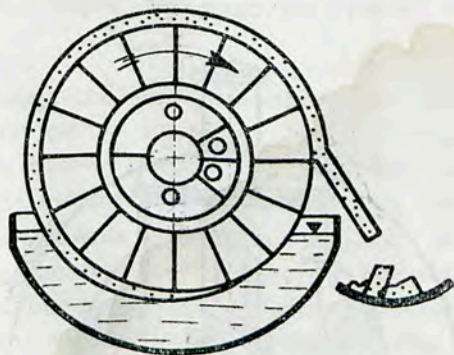
Usuwanie osadu przy pomocy topienia w morzu stosowane jest częstokroć w Ameryce i Anglii. W Londynie świeży osad wydobywany z osadników gromadzony jest w okrętach cysternach, którymi jest regularnie wywożony na odległość minimalną 100 km od brzegu i topiony. Londyn wysyła dziennie około 6000 m³ świeżego osadu przy pomocy 4 okrętów. Sposób ten jest jednak kosztowny.

Świeży osad może być odwadniany na poletkach zaopatrzonych w warstwę filtracyjną. Są to wspomniane już wyżej poletka zalewane. Ze względu na trudne wysychanie świeżego osadu i nieprzyjemne właściwości również i osuszonego osadu, sposób ten stosuje się bardzo rzadko do świeżego osadu i tylko jako tymczasowe rozwiązanie. Natomiast poletka takie dobrze spełniają swoje zadanie osuszające w wypadku osadu przegniłego.

Filtry ssące stosowane są również do przegniłego osadu dla jego podsuszenia. Działają one następująco: Na wolno obracającym się bębnie (rys. 374) napięta jest warstwa filtrująca zanurzająca się w płynny osad. Wnętrze bębna podzielone jest na komory poddawane działaniu ssącemu. Osad przyciągany jest działaniem ssącym do warstwy filtrującej, przy czym w cza-

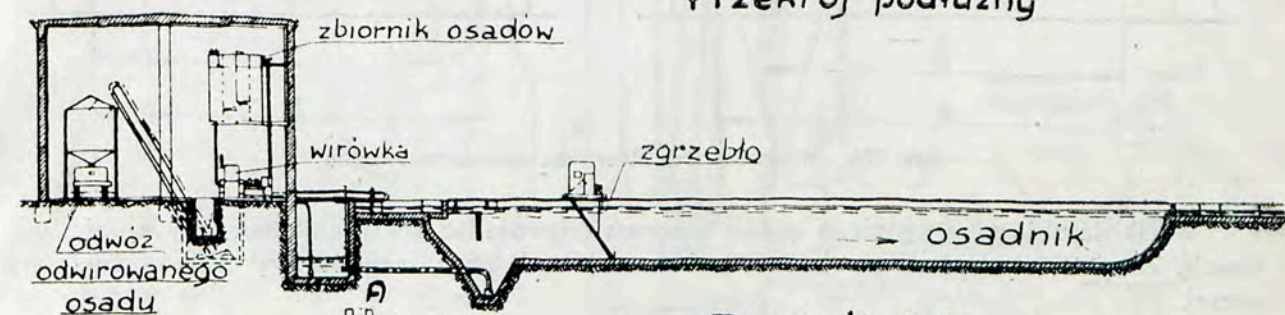
się obrotu odciągana jest z niego woda. Wytwarza się ciągła taśma ciastowata, którą odcinają noże. Ta ciastowata masa zawiera w wypadku osadu czynnego około 80% wody, miejskiego świeżego 65%, przegniłego 62%. Wydajność filtrów wynosi 10–30 kg suchej pozostałości na 1 m² powierzchni w godzinę. Nadają się tego rodzaju filtry tylko do przegniłego bezwonnego osadu. Ciastowata masa musi być dalej podsuszana. Wysuszony osad może być sprzedawany jako nawóz lub spalany.

Wirówki oddzielają wodę od osadu przy pomocy siły odśrodkowej. Zastosowane są na oczyszczalni w Frankfurcie nad Menem, Hannoverze, były proponowane w Radomiu. Nowsze konstrukcje wirówek „Ter Meer” pracują samoczynnie w ten sposób, że obsługa nie ma żadnej styczności z osadem (rys. 375). Do celów odwadniania osadów budowane są jednostki o średnicach od 800 — 2100 mm i wydajności 0,56 — 10,0 m³/godz. (rys. 376). Przy średnicy 2 m i pojemności 1,5 m³ prędkość obwodowa wynosi 60 m/sek. Wydajność wynosi 10 m³ osadu na godzinę. Osad nieodwodniony wychodzi ze zbiornika do wirówki obudowanej szczelnie i umieszczonej na osi poziomej. Na skutek siły odśrodkowej cięższa część osadu odrzucona zostaje do ściany zewnętrznej, woda się oddziela i odpływa. Gdy przyrząd zapełni się wysuszonymi osadami, następuje ich zeskrobanie nożem, otwarcie i wyrzucenie osadów. Okres pracy trwa 7,5 minuty: 0,5 minuty napełnianie, 4 minuty odwirowanie,

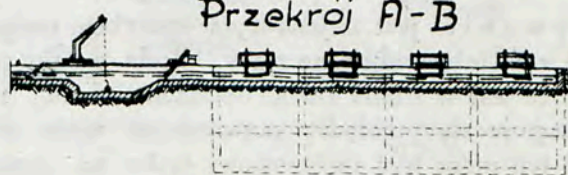


Rys. 374. Filtr ssący.

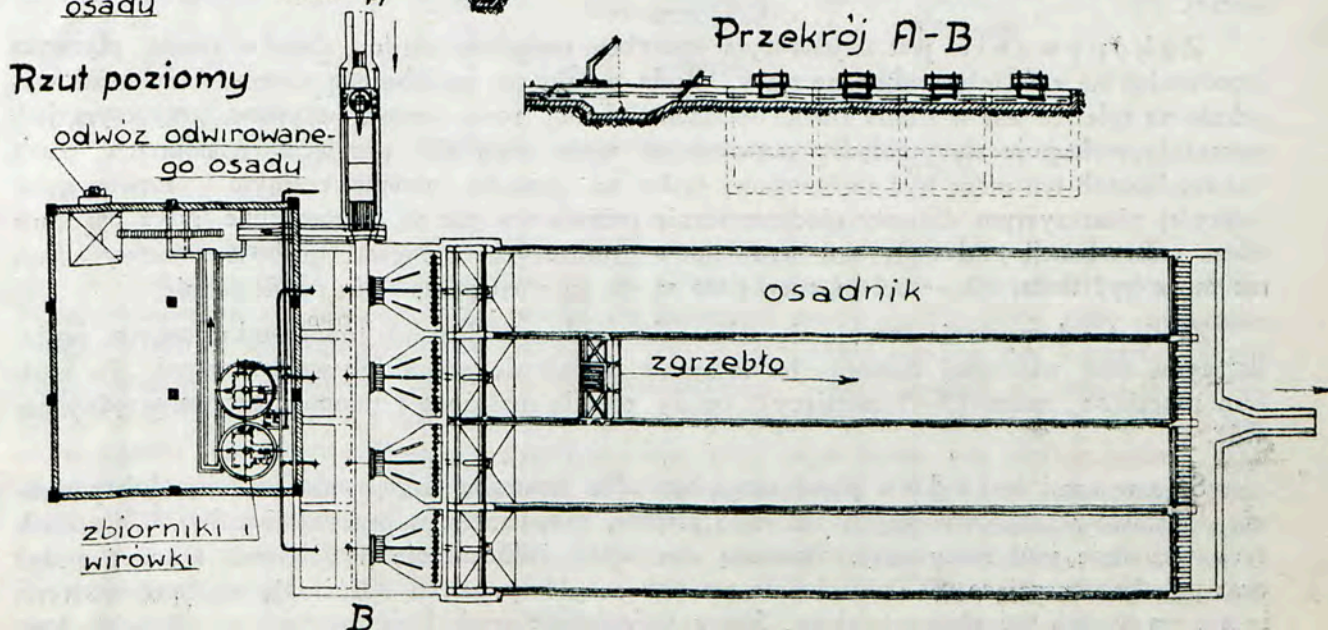
Przekrój podłużny



Przekrój A-B

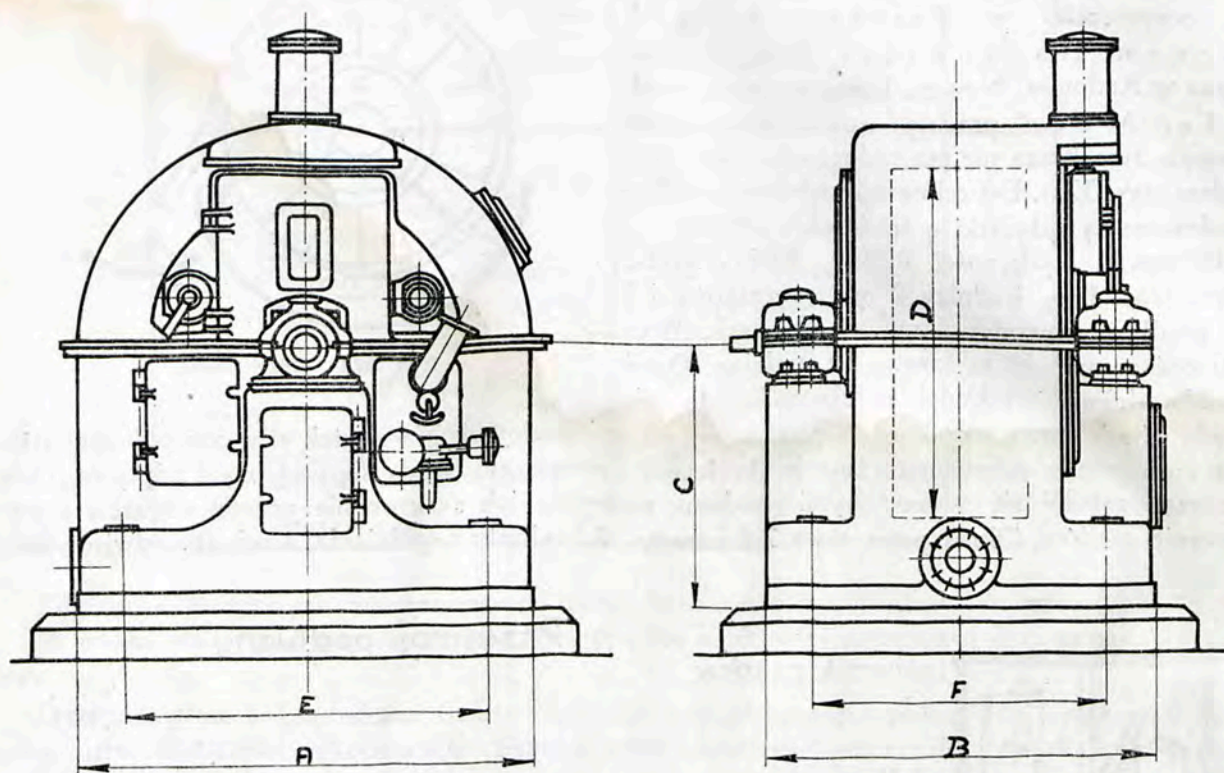


Rzut poziomy



Rys. 375. Schemat oczyszczalni z osuszeniem osadu przy pomocy wirówek.

2,5 opróżnienie, 0,5 minuty okres martwy. Po wypróżnieniu przy pomocy samoczynnego urządzenia otwiera się samoczynnie przewód ze zbiornika osadu i przyrząd zapelnia się nową porcją. Osad z wirówek zawiera 70—75% wody. Zapotrzebowanie mocy wynosi 30 kW na 10 m³/godz. Odpływająca woda musi być oczyszczana na oczyszczalni, gdyż zawiera jeszcze dość dużo domieszek łatwo zagniwających. Odwodniony osad może być kompostowany z torfem lub wapnem, traci w krótkim czasie wodę do 50% i nie cuchnie, daje się wziąć na łopatę i ma wysoką wartość nawozową.



Rys. 376. Wirówka „Ter Meer“ dla odwodnienia osadu.

Wielkość zbiornika świeżego osadu powinna odpowiadać 8—10 godzinnej wydajności wirówek. Zaopatrzony być on powinien w mieszacz. Osad łatwo zagniwający odwirowuje się gorzej.

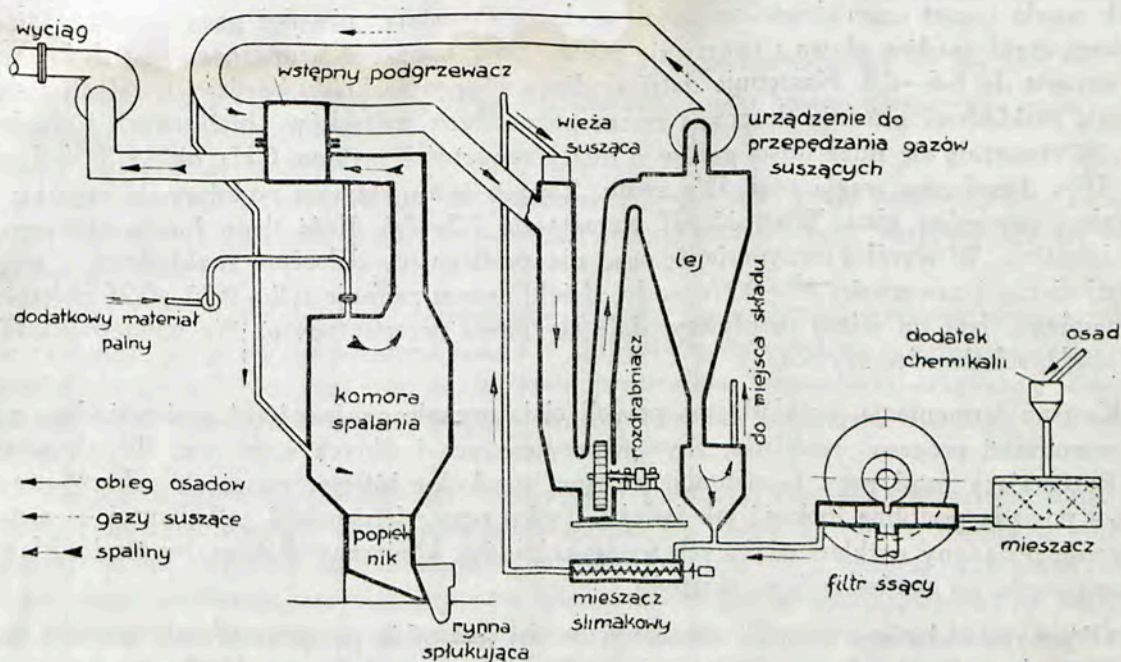
Zakopywanie jest najstarszym sposobem usuwania osadu. Osad w stanie płynnym wprowadza się w świeżo wykopane rowy. Woda wsiąka w spulchnioną ziemię. Gdy osad wyschnie na tyle, że jest w stanie znieść obciążenie ziemią, rowy zostają zasypane, przy czym jednocześnie wykopuje się pomiędzy poprzednimi nowe rowy dla przyjęcia następnych partii osadu. Sposób ten może być zastosowany tylko na gruncie przepuszczalnym, przewiewnym, najlepiej piaszczystym. Grunty niedostatecznie przewiewne nie są odpowiednie, gdyż osad nie ulega mineralizacji pod wpływem organizmów gruntowych. Ponieważ grubość warstwy osadu nie może być duża, 0,2 — 0,4 m, niezbędne są do jego usuwania duże powierzchnie.

Zamiast zakopywania stosuje się mieszanie osadu z torfem lub zmiotkami ulicznymi, posiadającymi silne własności chłonne. Jednocześnie dodaje się wapno lub węglan wapnia. Po krótkim przeciągu czasu (3—5 miesięcy) osady zostają rozłożone i stanowią pierwszorzędny nawóz.

Stawami osadowymi mogą być albo naturalne zagłębienia terenowe lub podobnie do stawów załadowywanych zbiorniki ziemne, zaopatrzone w przesiąkliwe dno. W stawach tych pozostaje muł nieruszany. Stanowią one jakby jednocześnie wydzielone komory gnilne oraz poletka osuszające. W stosunku do stawów załadowywanych odróżniają się osadowe tym, że nie ma w nich przepływu ścieków. Stawy wypełniane przegniłym osadem są całkowicie bezwonne, zaś odpływające z nich ścieki zupełnie nieszkodliwe. Gdy doprowadza się świeży płyn-

ny osad, powstają w okolicy bardzo przykre zapachy oraz plaga much. Natężenie zapachu można zmniejszyć przez utrzymywanie stale ponad osadami warstwy wody oraz utrzymywanie w całości tworzącego się na jej powierzchni kożucha. Stanowią więc one naturalne zbiorniki gnilne, z których jednak osadu nie wypuszcza się po przegniciu. Sposób ten nadaje się bardziej do osadu mineralnego, wówczas grubość zalegania może dochodzić do kilku metrów. Przy czysto domowym osadzie grubość warstwy nie może przekraczać 1 m, gdyż w przeciwnym wypadku osad nie podlega zmianom i nie traci swych nieprzyjemnych własności. Po wypełnieniu się całkowitym stawu otwiera się urządzenie odwadniające. Wymaga ten sposób dość dużych powierzchni.

Spalanie osadu posiada tę zaletę, że zostają całkowicie zniszczone wszystkie chorobotwórcze bakterie oraz usunięty zostaje cały nieprzyjemny materiał. Spalać można osad przegniły lub świeży. Osad przy przegniciu traci około połowy swych wartości kalorycznych, ze względu jednak na to, że zawiera mniej wody oraz że możliwe jest wykorzystanie dla spalania tworzącego się przy procesie gnicia gazu, nadaje się równie dobrze do spalania jak osad świeży. Przy spalaniu osuszonego świeżego osadu zaoszczędza się kosztów budowy komór gnilnych. Przy dobrze działającym urządzeniu potrzebne są niewielkie ilości dodatkowych materiałów palnych. Na większą skalę stosuje się spalanie osadów w St. Zjedn. Am. Płn.



Rys. 377. Schemat urządzenia spalającego osad w oczyszczalni Calumet — Chicago.

W oczyszczalni Calumet Chicago osad mieszany jest z osadnikami wstępnymi i wtórnymi z chlorkiem żelaza i wstępnie osuszany na filtrach ssących do zawartości wody 80%. Przez domieszanie osuszonego osadu obniża się zawartość wody do 40–50%, przy czym mieszanina ta schnie jeszcze następnie w osuszaczu (rys. 377). Osad dostaje się najprzód przez wieżę suszącą i rozdrabniacz (młyn) do leja powietrznego. Gazy suszące o temperaturze 540–620°C dochodzą do wieży i oziębiają się w niej i rozdrabniaczu do ciepłoty 110–120°C. Osuszony osad o zawartości 10% wody wpada do leja, przy czym może być wykorzystany jako niepodlegający rozkładowi i nadający się do przewozu nawóz. Część tak osuszonego rozdrobnionego na proszek osadu miesza się z dochodzącym świeżym podsuszonym osadem, podczas gdy reszta spalana jest w piecu. Jako dodatkowy materiał palny stosuje się pył węglowy. Wstępny podgrzewacz ochładzający spaliny z temperatury 750–800°C do 180–185°C ogrzewa gazy osuszające z temperatury 110–120°C do 540–620°C. Ilość popiołu odpowiada zawartości składników mineralnych w osadzie.

Przegniwanie osadu.

Najczęściej stosowanym sposobem przeróbki osadów w celu ich dalszego nie sprawiającego kłopotów usunięcia jest jego przegniwanie. Uzyskuje się przy tym procesie rozkład zawartych w osadach ciał organicznych na proste nie ulegające dalszemu rozkładowi związki. Osad staje się bezwonny. Część stałych ciał zamieniona zostaje na gazy i ciecze, przy czym następuje zmniejszenie pojemności osadów. Następuje zmniejszenie zawartości wody do 88 — 94⁰%, czasami zaś i więcej, w związku z tym dalsze zmniejszenie objętości. Osad przegniły odwadnia się znacznie łatwiej i prędzej, co zmniejsza wielkość niezbędnych do tego urządzeń. Produkt końcowy daje się wykorzystać jako nawóz, zaś wytwarzające się w czasie procesu gnicia gazy mogą być użyte jako paliwo.

Osad pozostawiony pod wodą ulega beztlenowej fermentacji, gniciu. Fermentacja gnilna przebiega stopniowo w sposób następujący. W początkowym stadium na skutek rozkładu węglowodanów przechodzi osad w stan kwaśnej fermentacji, przy czym obniża się wartość *pH* świeżego osadu z 7,2—7,4 do 5,0 i niżej. Przy jednoczesnym rozkładzie zawierających siarkę ciał białkowych wytwarzają się duże ilości dwutlenku węgla oraz siarkowodoru, który nadaje osadom odrażającą woń. Ilość tlenu biochemicznego rośnie. Część osadów wypływa. Po pewnym czasie zaczyna się zmniejszanie kwaśności. Rozpoczyna się rozkład kwasów organicznych i związków azotowych przy zmniejszonym wydzielaniu się gazów; głównie wytwarzają się dwutlenek węgla i azot oraz niewielkie ilości wodoru. Powstają również gazy o przykrej woni. Większa część osadów pływa i tworzy się piana. Ilość tlenu biochemicznego jest duża. Wartość *pH* wzrasta do 6,6—6,8. Następuje dalej stadium silnego rozkładu bardziej trwałych związków. Ulegają rozkładowi głównie tłuszcze i reszta pozostałych związków białkowych i węglowodanów. Wytwarzają się duże ilości gazów o dużej zawartości metanu CH₄ około 80⁰% i niewielkiej 15⁰% dwutlenku węgla oraz 5⁰% azotu. Zapach osadu staje się podobny do zapachu smoły. Pływające zawiesiny giną. Wartość *pH* wzrasta do 7,2—7,6. Ilość tlenu biochemicznego gwałtownie maleje. W wyniku otrzymuje się osad nie podlegający dalszemu rozkładowi, o wyglądzie czarnej cieczy i zawartości 80—90⁰% wody, dzięki czemu zajmuje tylko 0,20—0,25 objętości osadu świeżego. Jest on mimo to płynny, daje się łatwo przepompować. Na powietrzu oddaje łatwo wodę, schnie więc szybko.

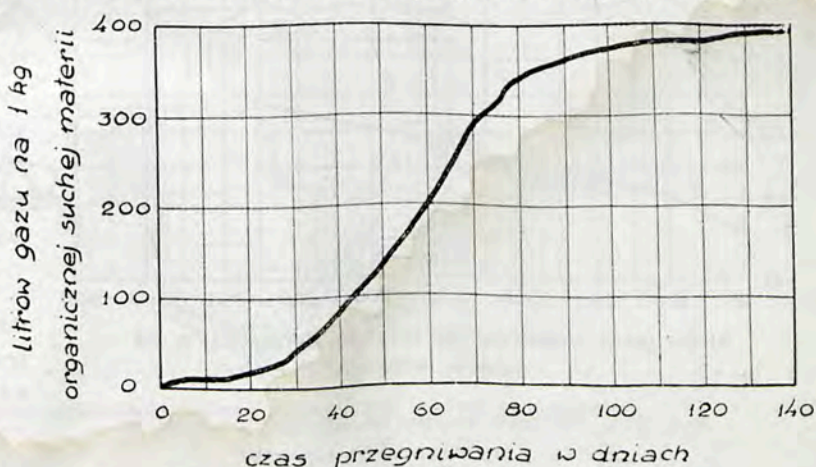
Kwaśna fermentacja, rozkładająca powoli ciała organiczne, jest bardzo niepożądaną z powodu powolności procesu rozkładu, zbyt nieprzyjemnych i silnych woni oraz źle schnącego osadu. Pozostający osad przy fermentacji kwaśnej ma kolor żółto-szary, często zabarwiony zielonkawo i posiada podobną lepkość jak świeży. Tylko przy fermentacji alkalicznej — metanowej następuje pożądany rozkład wiążących wodę koloidów, konieczny dlatego, by osad oddawał łatwo swą wodę, co zmniejsza jego objętość.

Głównym zadaniem techniki przeróbki osadu jest takie przeprowadzenie procesu gnilnego w komorach gnilnych, aby powstawały i trwały tam optymalne warunki dla przebiegu alkaliczno-metanowej fermentacji. Porównanie składu osadu świeżego z osadem przegniłym wskazuje, jak duże zmiany powoduje proces gnilny.

Zestawienie 14.

Wyszczególnienie	Osad świeży	Osad przegniły
Ilość na mieszkańca i dobę	1 litr	0,2 litra
Zawartość wody	95%	80%
„ suchej substancji	5%	20%
Całkowita ilość suchej substancji	50 g	40 g
„ „ wody	950 g	160 g
W suchej substancji zawartość związków:		
mineralnych	35%	45%
organicznych	65%	55%
azotu	3%	1,5%
tłuszczu	10—15%	3—4,5%

Opisane wyżej procesy wymagają dla swego zakończenia nawet przy sprzyjającej ciepłocie wielu miesięcy oraz bardzo dużych pojemności komór gnilnych. Każda komora, do której doprowadzony zostanie świeży osad, musi przejść przez stadium kwaśnej fermentacji czyli przez tzw. okres dojrzewania. Trwa on przy średniej ciepłocie ścieków 15° około 5 miesięcy. Przy innej ciepłocie okres ten odpowiednio się przedłuża lub skraca. Jako miara intensywności procesu gnicia może służyć ilość wytwarzanego gazu. Im silniejsze jest wytwarzanie gazów, tym krócej trwa przy tych samych warunkach proces gnicia. Gazowanie świeżego osadu przebiega według krzywej pokazanej na rysunku 378. Przedstawia on krzywą sumowaną wytwarzania się przy ciepłocie 25°C gazów ze świeżego osadu o zawartości 95,4% wody oraz 4,6% suchej masy, zawierającej 40,7% części mineralnych i 59,3% organicznych. Wytwarzanie się gazów w ciągu pierwszych 35 dni jest niewielkie, w okresie 35 do 70 dni wzrasta bardzo silnie, po 70 dniach znowu bardzo słabnie.



Rys. 378. Związek między czasem przegniwania osadu i ilością gazu.

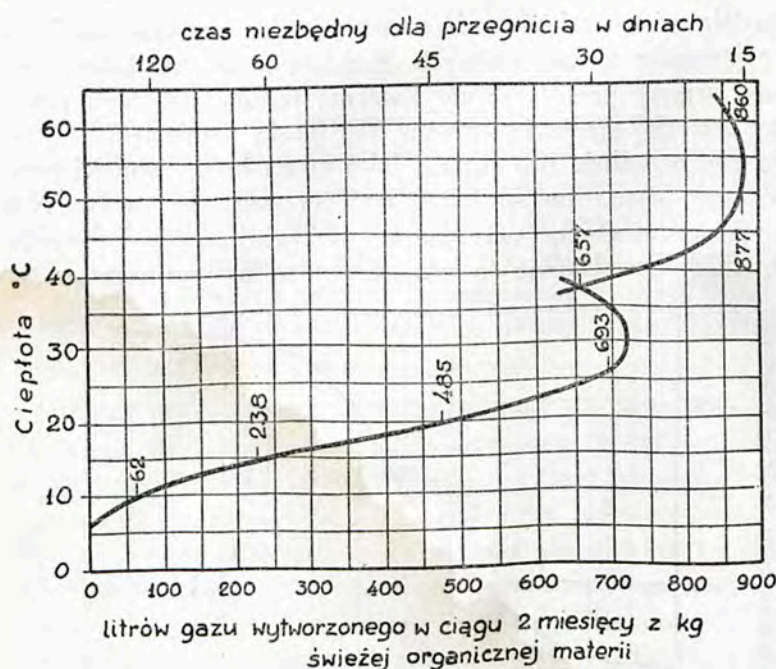
Odpowiednio zaprojektowane komory gnilne oraz prawidłowa ich obsługa pozwala na przyspieszenie czasu przegniwania. Osiągnąć to można przez utrzymanie najbardziej sprzyjającej ciepłoty, utrzymanie wartości pH w granicach 7,2—7,4 oraz przez wprowadzanie świeżego osadu nie w większej ilości niż 2—3,5% do osadu dobrze przegnilo, znajdującego się w pomieszczeniu gnilnym.

Sztucznie można przyspieszyć dojrzewanie komory gnilnej przez wprowadzenie do niej na dno w początku jej pracy przegnilo osadu z dojrzałych starych komór i obciążenie jej w początkowym okresie tylko w tym stopniu, by stale przeważała fermentacja alkaliczna. Przyspieszyć można dojrzewanie przy pomocy węgla czynnego, również nadają się do tego celu gnilące liście.

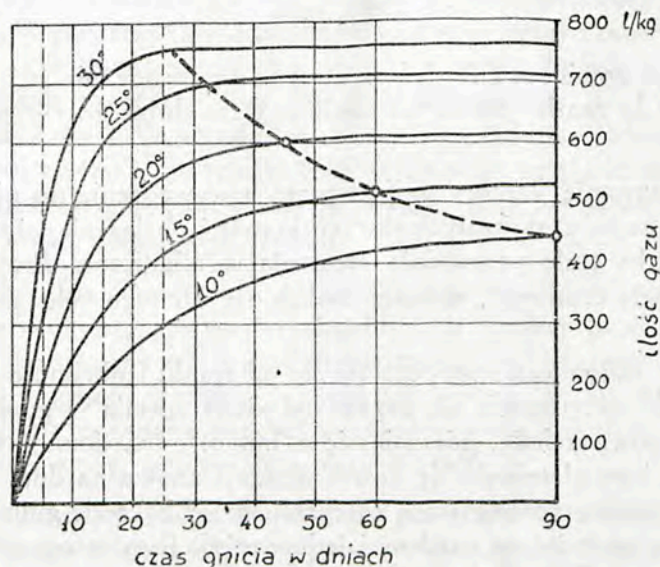
W naturalny sposób przebiegające dojrzewanie rozpoczyna się od spodu i obejmuje stopniowo całą przestrzeń komory. Na skutek wytwarzania się gazów uniesione zostają w górę gnilące cząstki osadu. Wznoszą się one na powierzchnię, mieszają się z innymi cząstkami, które jeszcze nie uległy fermentacji metanowej, i po ułotnieniu się gazów opadają znowu na dno. Cała masa osadu znajduje się więc w stałym ruchu sprzyjającym czerpaniu przez bakterie gnilne coraz to nowego pożywienia, dochodzącego ze świeżym osadem, i jednocześnie jego zaszczepianiu. W komorze znajdować się musi dostateczna ilość ścieków, umożliwiających wyżej opisane mieszanie się naturalne osadu. W przeciwnym wypadku musi być ono wspomóżone przez sztuczne mieszanie starego osadu ze świeżym.

W przeciwieństwie do fermentacji kwaśnej, która rozpoczyna się natychmiast i obejmuje całą masę osadu w ciągu kilku dni, fermentacja alkaliczna ustala się powoli i opanowuje całą komorę. Po ustaleniu się fermentacji alkalicznej nie może ona powrócić do stadium fermentacji kwaśnej, o ile tylko istnieje prawidłowa obsługa urządzeń, oraz gdy ciepłota nie obniży się na dłuższy przeciąg czasu poniżej 5°C .

Optymalna ciepłota dla procesu fermentacji alkalicznej wynosi 28°C . Poniżej tej ciepłoty (rys. 379) przedłuża się proces ustając praktycznie przy 10° . Powyżej 28° aż do 37° następuje zwolnienie jego, po czym następuje przyspieszenie aż do drugiego punktu optymalnego przy 55°C . Wpływ ciepłoty na fermentację gnilną uwiadcniają krzywe pokazane na rysunku 380, wskazujące według Faira i Moore'a ilość wytwarzających się gazów z wprowadzonego do komory gnilnej 1 kg ciał organicznych. Rozkład ciał organicznych przebiega mniej więcej równoległe do ilości wytwarzanych gazów.



Rys. 379. Związek między czasem gnicia osadu, ciepłotą i wytwarzaniem się gazu.



Rys. 380. Związek między ilością gazu, wytwarzanego z 1 kg związków organicznych wprowadzonych ze świeżymi ściekami do dojrzalej komory gnilnej, oraz czasem gnicia przy różnej ciepłocie.

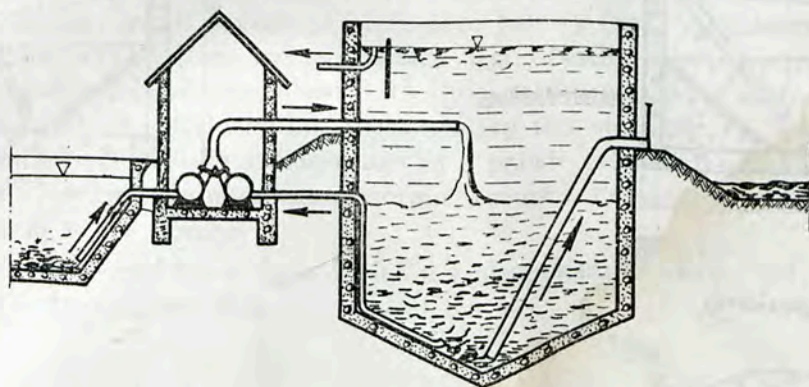
W wielu oczyszczalniach wprowadzono ogrzewanie osadów do ciepłoty możliwie zbliżonej do warunków optymalnych dla rozkładu mezophilowego. Powyżej 37° znikają bakterie mezophilowe i po pewnym czasie dojrzewania zastąpione zostają przez bakterie termophilowe, których optymalny punkt rozwoju sięga 55°C. Według doświadczeń proces termophilowego rozkładu dobrze zaszczepionego osadu trwa 12–14 dni. W praktyce nie jest on dotychczas stosowany.

Ustalona wartość pH w trzecim okresie procesu fermentacji musi być utrzymana ciągle, by nie nastąpiło jego zwolnienie. Wprowadzany codziennie do komór gnilnych świeży osad, przechodząc przez pierwsze dwa stadia, powoduje zakwaszanie dawniej nagromadzonego osadu. Jeżeli jednak objętość doprowadzanych osadów jest niewielka, tak że wpływ jego nie może obniżyć wartości pH w całej masie poniżej 7,2, proces fermentacji przebiegać będzie bez opóźnienia oraz przykrych objawów pleśnienia się powierzchni i wydzielania złych woni. Jak wspomniano, dopływ świeżego osadu nie powinien przewyższać 2–3,5% dobrze przegnilo dawniej nagromadzonego osadu, obliczanego w stosunku suchej zawartości. Za dobrze przegnilo osad należy uważać ten, który przegniwał już co najmniej 30 dni. W zwykłych warunkach przy tak prowadzonej obsłudze ustala się samoczynnie wartość optymalna $pH = 7,2–7,4$. Ścieki przemysłowe

lub też wypuszczenie z komory zbyt dużej ilości przegnilo osadu, lub też zbyt niska szczupłość miejsca mogą powodować czasowe zakłócenia. W wypadku takich objawów stosuje się dla przywrócenia stanu równowagi wapno, w ilości 1–2 kg wapna gaszonego na 1000 mieszkańców. Wapno może być dodawane do ścieków osadowych pokrywających osad w komorze lub doprowadzane w postaci mleka wapiennego do świeżego osadu w czasie, gdy doprowadza się go do komory gnilnej.

Zawarty osad w komorze gnilnej nie wykazuje nigdy jednakowej wartości pH . Najbardziej alkaliczny jest osad gromadzący się na dnie komór. W miarę przechodzenia ku warstwom wyższym, zmniejsza się zasadowość jego przechodząc u samego wierzchu na stronę kwasowości. Jak wspomniano wyżej, w warunkach korzystnych następuje naturalne samoczynne

mieszanie się gromadzących się w komorze osadów. W celu upodobnienia do naturalnego procesu mieszania w niektórych oczyszczalniach wprowadzono sztuczne mieszanie zawartości komory przy pomocy odpowiednich urządzeń. Dodatni wpływ mieszania na przyspieszenie procesu fermentacji nie jest jeszcze wyjaśniony. W wypadku osadników piętrowych mieszanie takie jest zbyteczne, natomiast w wypadku wydzielonych komór gnilnych, do których wprowadza się jednorazowo w krótkim czasie duże ilości świeżego osadu, mieszanie wpływa dodatnio na czas przebiegu fermentacji gnilnej (rys. 381).



Rys. 381. Schemat urządzenia mieszającego osad świeży z przegniłym.

Wydzielone komory gnilne.

W poprzednich rozdziałach opisano dwa rodzaje komór gnilnych, połączonych całkowicie lub tylko wąską szparą z przestrzenią, w której następuje wytrącanie się zawieszin: doły gnilne oraz osadniki Imhoffa. Omówić obecnie należy wydzielone komory gnilne nazwane tak ze względu na to, że pomieszczenie do przegniwania osadów jest całkowicie niezależne od pomieszczenia, gdzie następuje wytrącenie zawieszin. Osad zbierający się w osadniku jest doprowadzany codziennie względnie i w krótszych odstępach czasu do specjalnego zbiornika dla zgęstnienia lub też bezpośrednio do komory gnilnej.

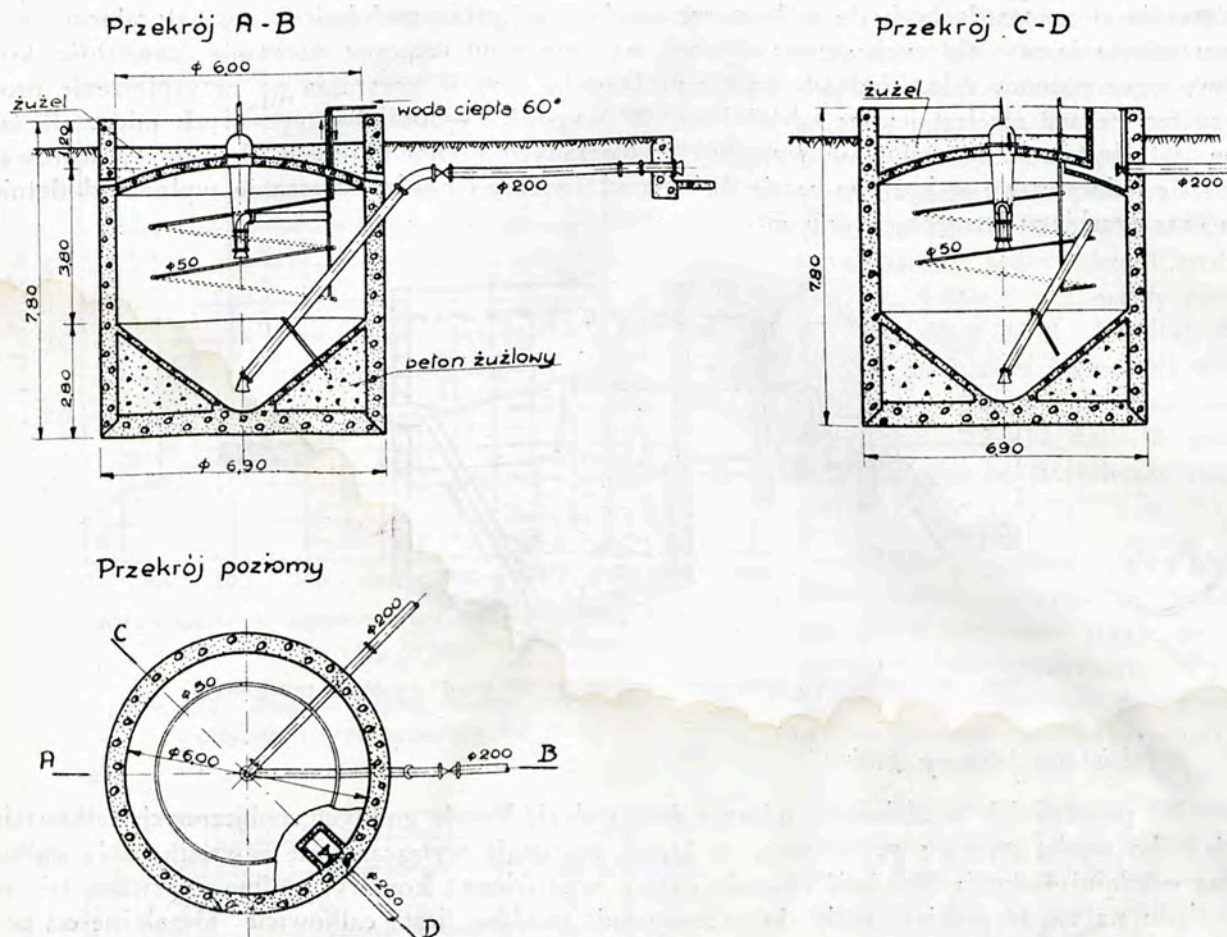
Wydzielone komory gnilne mają w stosunku do komór gnilnych osadników piętrowych tę wielką zaletę, że można je budować ponad terenem w dogodnym dla tego celu miejscu. Całkowite oddzielenie komory gnilnej daje pełną swobodę w wyborze sposobu klarowania. Wydzielone komory gnilne dają się łatwiej podgrzewać. Aby je chronić szczególnie w czasie zimy, przeciwko stratom ciepła, zaopatruje się je w dobrą izolację powietrzną oraz przez obsypanie ziemią. Istnieje zawsze możliwość łatwego powiększenia pojemności urządzeń. Nie może powstać ujemny wpływ zjawisk zachodzących w komorze na proces wytrącania się zawieszin w osadniku. Usuwanie kożucha daje się przeprowadzić łatwiejszymi środkami ze względu na łatwiejszy dostęp. Przebieg procesów zachodzących w komorze daje się łatwiej obserwować. W prostszy sposób wpływać może na ustalenie się odpowiedniej wartości pH .

Do wad należy zaliczyć potrzebę urządzeń mechanicznych i budowlanych dla przeprowadzania osadu z osadnika do komory gnilnej oraz uzależnienie się od ich pracy; konieczność starszej obsługi; mniej równomierny dopływ świeżego osadu, przez co gorszy przebieg procesu zaszczenia i wobec tego potrzebę w niektórych wypadkach urządzeń do sztucznego mieszania świeżego i dawniejszego osadu; większe koszty ruchu.

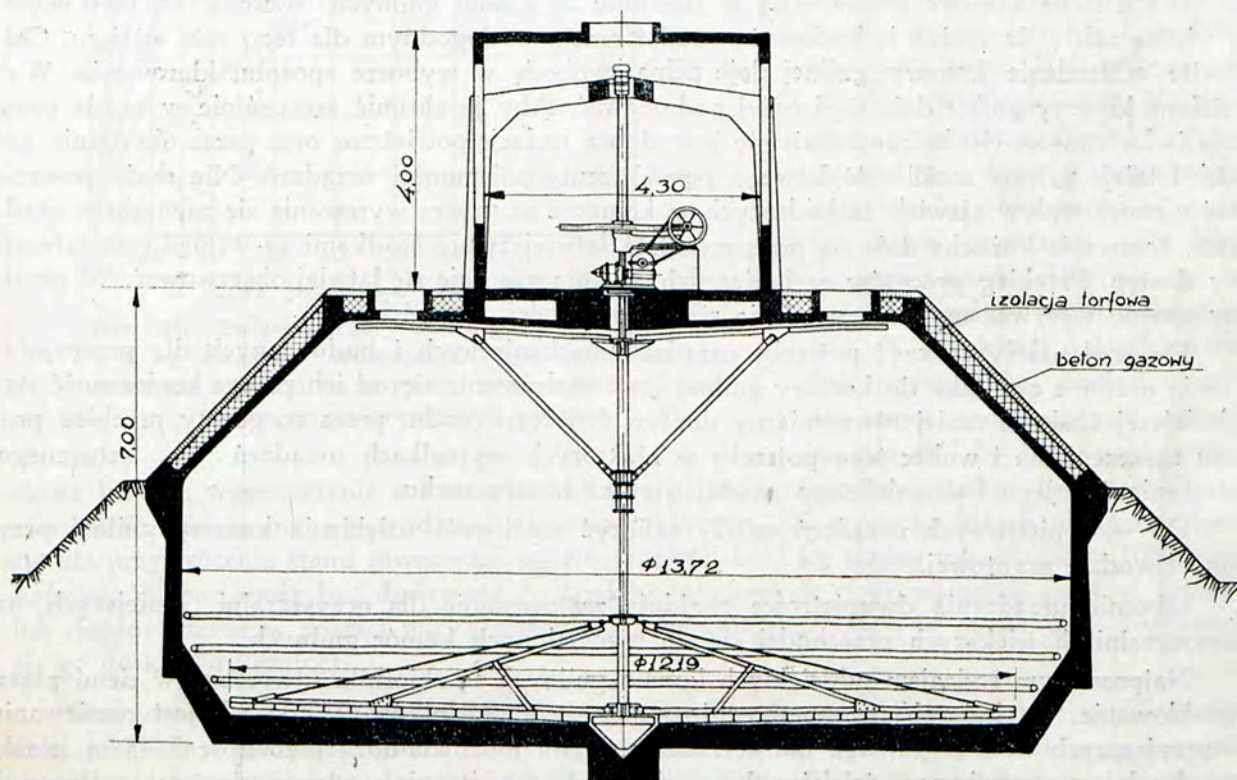
Do wad piętrowych urządzeń należy zaliczyć możliwość oziębienia komory gnilnej przy zimnej wodzie gruntowej.

Obecnie urządzenia dwupiętrowe znajdują zastosowanie dla oczyszczalni mniejszych, na oczyszczalniach większych przechodzi się do wydzielonych komór gnilnych.

Najprostszym rodzajem oddzielnych komór gnilnych są zbiorniki utworzone w ziemi przez ogrobowanie, do których przepompowuje się osady z osadników. Wadą ich jest rozsiewanie nieprzyjemnych woni oraz plaga much. Nadaje się im możliwie duża głębokość 3—5 m, z tak wysoko leżącym poziomem ścieków, by można było grawitacyjnie odprowadzać przegniły osad na poletka do jego ususzania. Osad świeży nie powinien być wprowadzany bezpośrednio, a po



Rys. 382. Projekt wydzielonej komory gnilnej dla oczyszczalni w Otwocku.

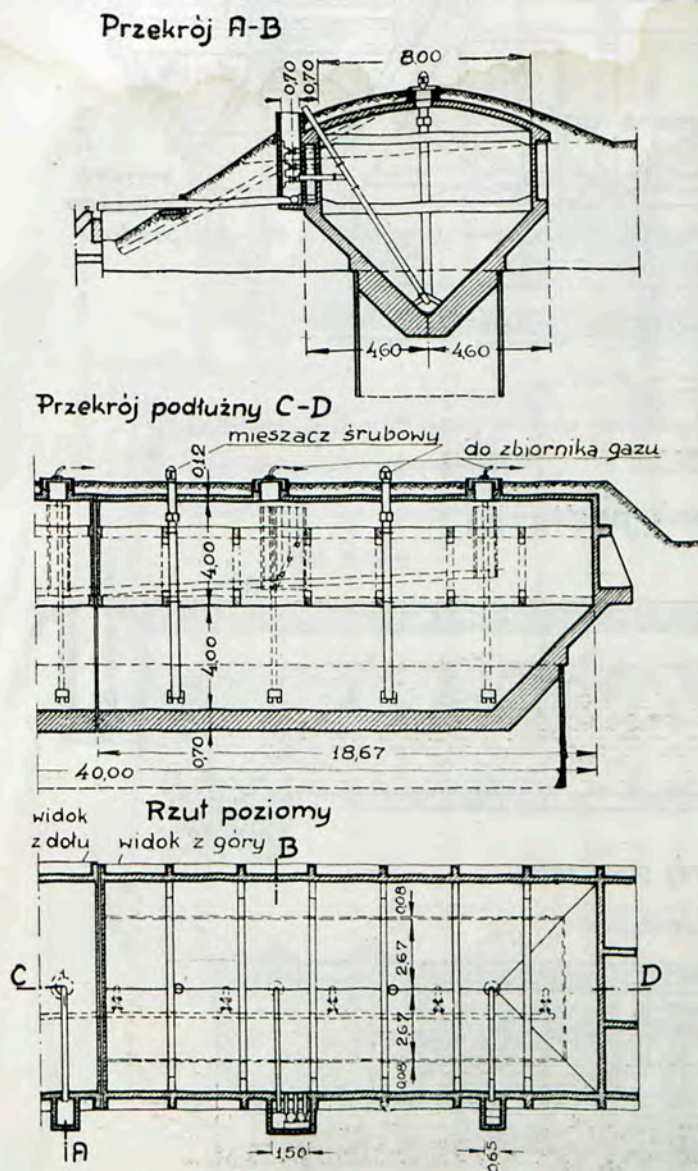


383. Wydzielona komora gnilna z przyrządem Dorra mieszającym osad.

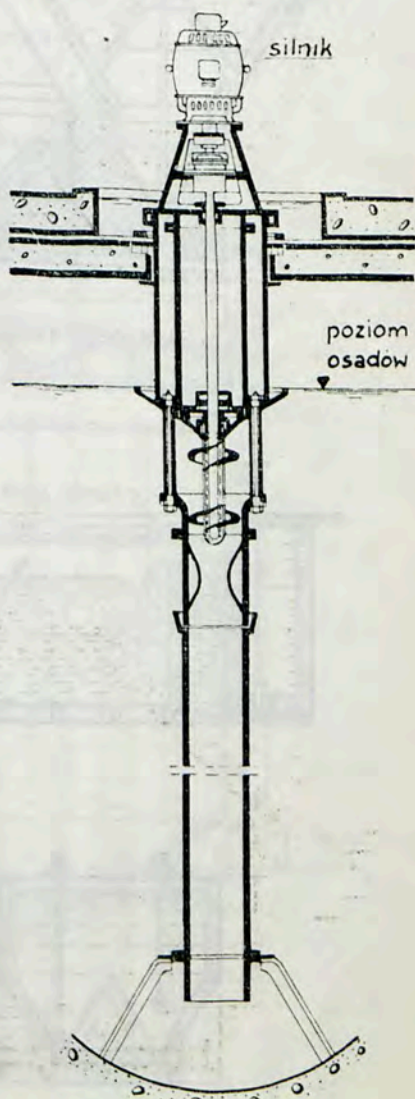
wymieszaniu ze starym w stosunku mniej więcej 2:1. W celu równomiernego obciążenia całej przestrzeni otwory wlotowe rozmieszcza się w różnych miejscach obwodu i używa na zmianę. Tworzący się na powierzchni kożuch pozostawia się jako izolację cieplną. W okresach dłuższych, kilkoletnich, zbiorniki są całkowicie opróżniane, w celu usunięcia gromadzącego się na dnie piasku oraz zbitego osadu, zmniejszających użyteczną pojemność.

Wydzielone komory gnilne są zwykle kryte w celu zabezpieczania się przeciwko wpływom ciepłoty zewnętrznej, przeciwdziałania rozchodzeniu się przykrych woni oraz umożliwienia chwywania gazów. Jako materiał na budowę stosowany jest beton lub żelbet. Najpowszechniej stosowany jest obecnie kształt przekroju poziomego kołowy (rys. 382). Średnice 9—26 m, głębokość 4—9 m. Dno wykształcane jest w kształcie leja. Nachylenie powierzchni leja nie musi być duże. W wypadku dochodzenia niewielkich ilości piasku wystarcza nachylenie 1:2. Gdy piasek zatrzymywany jest w piaskowniku, wystarczający jest stosunek 1:7. Komory zaopatrzone w przyrząd mieszający Dorr'a budowane są o prawie całkowicie płaskim dnie (rys. 383). Przyrząd ten ma za zadanie jednoczesne niszczenie kożucha. Poruszany jest silnikiem elektrycznym, umieszczonym w osi komory.

Komorę o kształcie podłużnym pokazano na rys. 384. Zaopatrzona jest ona w mieszacz śrubowy (rys. 385).

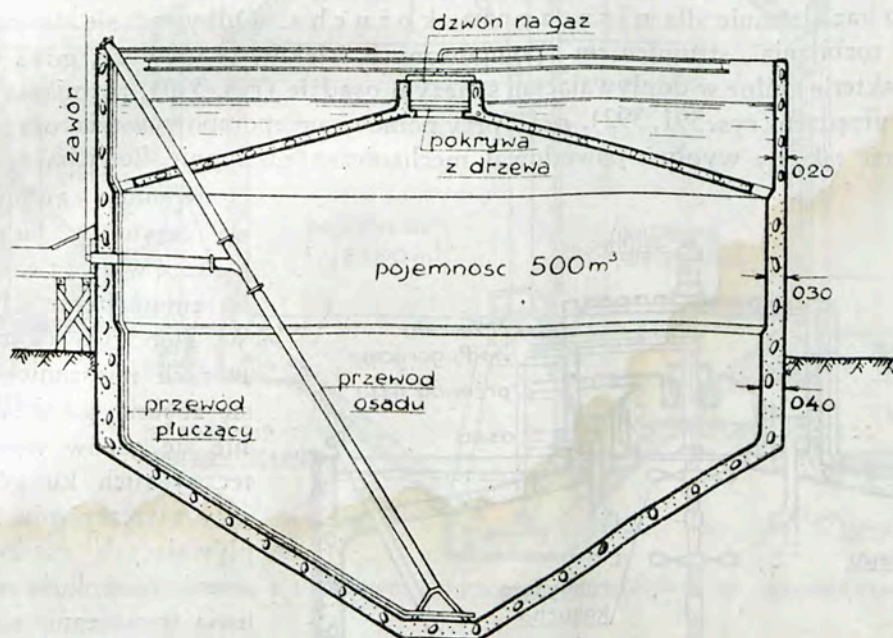


Rys. 384. Wydzielona komora gnilna oczyszczalni Spółki Emscherskiej.

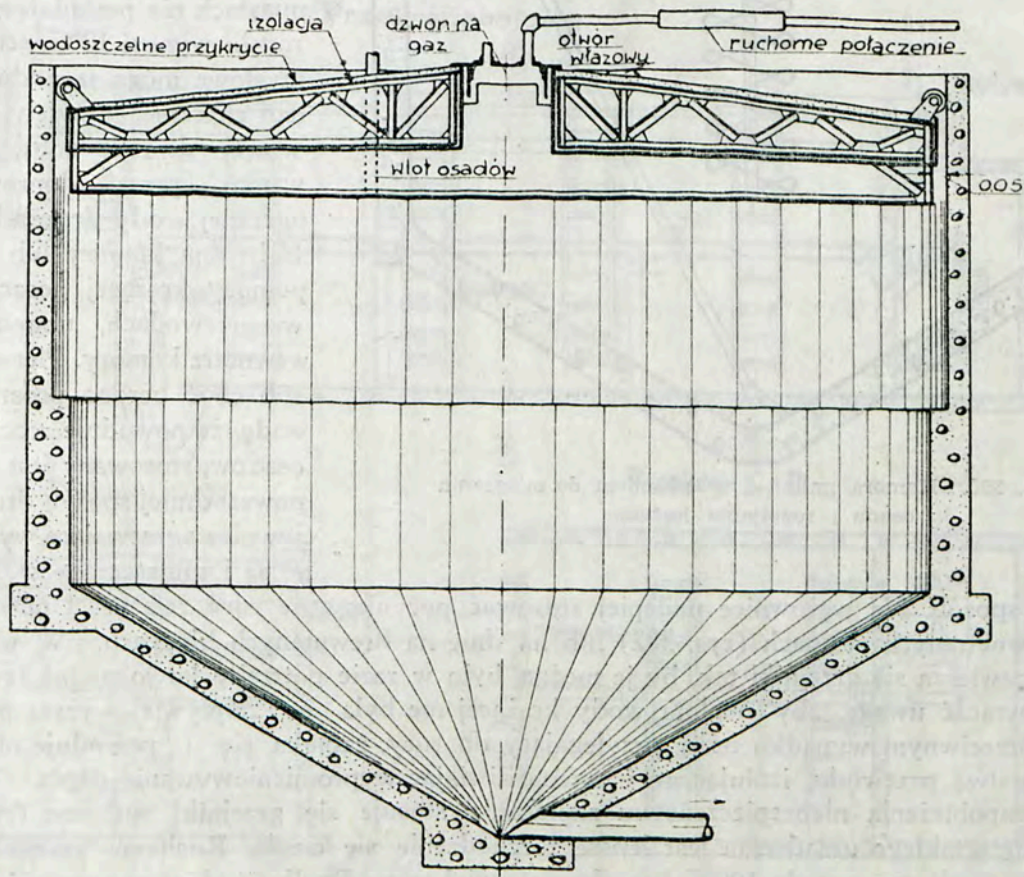


385. Mieszacz śrubowy.

się przeciwko dostawaniu się powietrza do komory strop wykonywany jest jako pływające przykrycie (rys. 389). Strop stały z pobieraniem gazów u jego szczytu wykonywany być może tylko, gdy istnieje połączenie jego spodu ze zbiornikiem gazu pod ciśnieniem. W okresie, gdy obniża się poziom wody w komorze przy wypuszczaniu ścieków osadowych lub osadów, gaz ze zbiornika wchodzi z powrotem pod strop, wypełniając całą wolną przestrzeń.



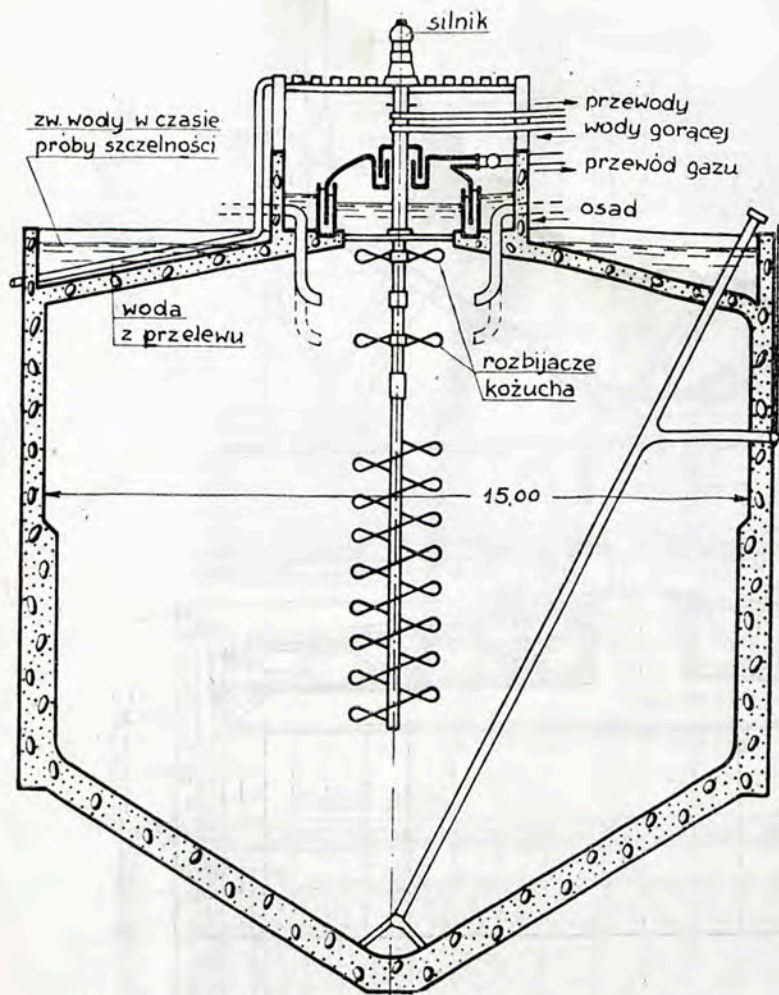
Rys. 388. Wydzielona komora gnilna ze stałym stropem zatopionym.



Rys. 389. Wydzielona komora gnilna z pływającym przykryciem

Przewody do odprowadzania osadu mają wlot umieszczony u spodu leja, przy kształtach niekołowych, najlepiej bezpośrednio pod dzwonem gazowym, gdyż ruch gazu powoduje nagromadzenie się w tych miejscach większych ilości osadów. Przewidziane być muszą przewody do odprowadzania nadmiaru ścieków, przy czym wskazane jest umieszczenie wlotów do nich w kilku poziomach. Pożądane są również rurki dla obserwacji osadu i pobieranie jego próbek.

Konieczne jest umieszczenie w komorach gnilnych urządzenia uruchamianego na przeciąg krótkiego czasu raz dziennie dla niszczenia kożucha. Odbywać się to może najlepiej przy pomocy rozbijania strumieniem pompowanych ścieków osadowych, gdyż w ten sposób zaszczenia się bakterie gnilne w dopływającym świeżym osadzie (rys. 390); rozbijania przy pomocy mechanicznych urządzeń (rys. 391, 392), oraz przy pomocy przepompowywania osadu znajdującego się w komorze tak, by wypływ powodował mechaniczne niszczenie kożucha (rys. 393 i 394).



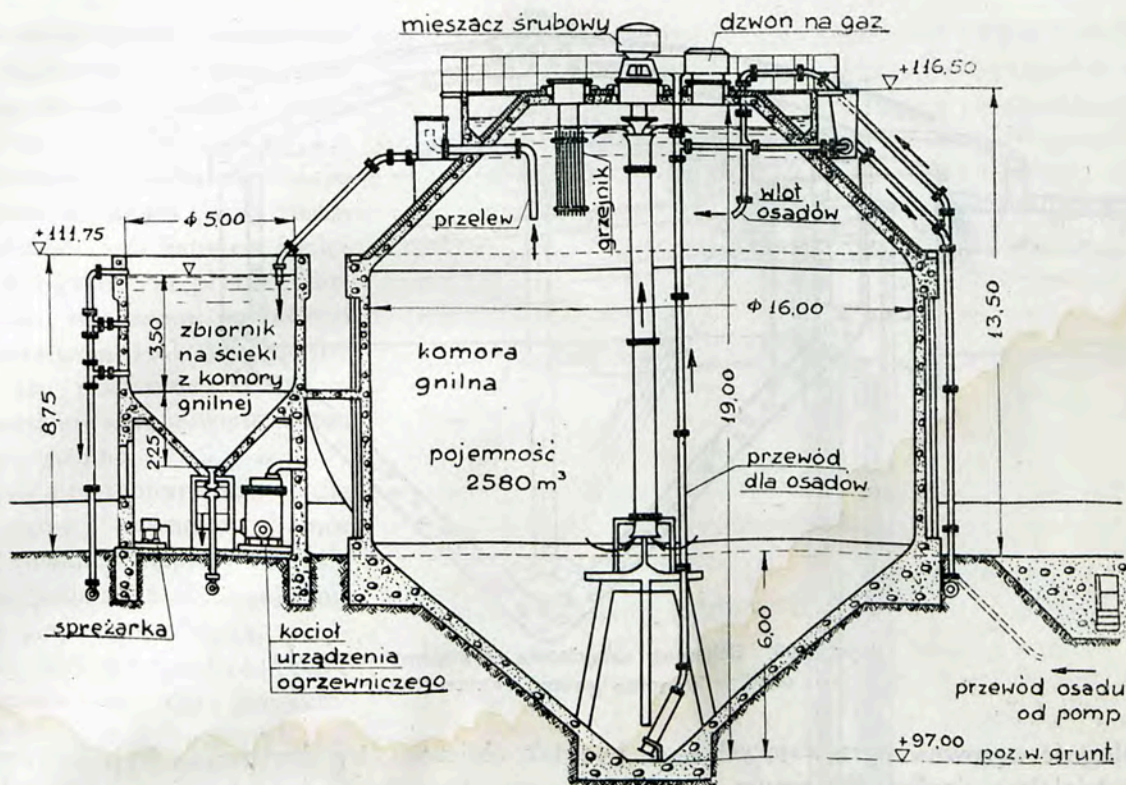
Rys. 390. Komora gnilna z urządzeniem do mieszania osadu i rozbijania kożucha.

Komory gnilne zaopatruje się często w urządzenie ogrzewnicze, pozwalające na zmniejszenie ich pojemności. W głębokich ogrzewanych komorach mieszanie osadów staje się zbędne, gdyż silne wydzielanie się gazów wywołuje dostateczny ruch ku górze, sprzyjający zaszczeniu świeżych dopływających osadów. Pozostawienie w spokoju osadów umożliwia spuszczenie nadmiaru ścieków i zbieranie się osadu o małej zawartości wody u dna.

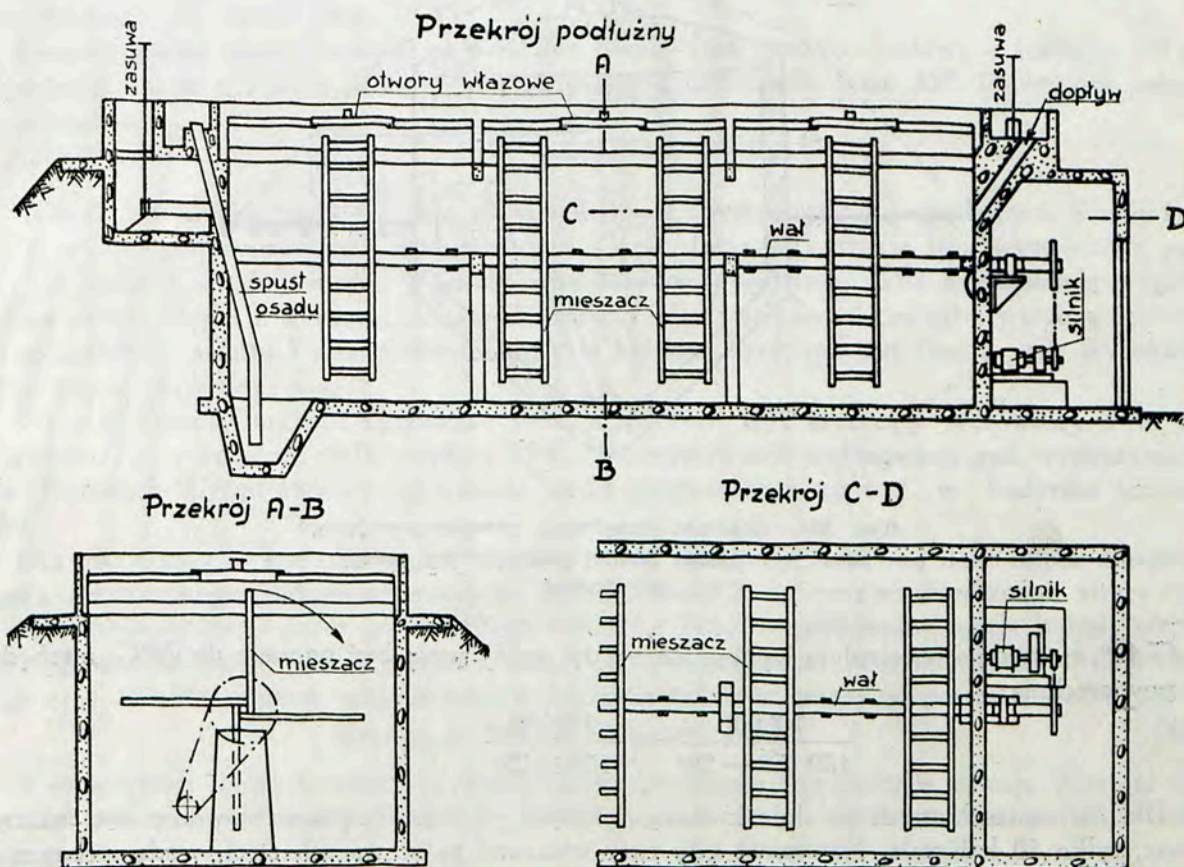
Średnia ciepota ścieków w miastach nie posiadających przemysłu wynosi 12°C ; ścieki przemysłowe mogą ją podnieść bardzo znacznie. Przyjęły się i rozwinęły dwa sposoby podgrzewania: przez doprowadzenie ogrzanej wody do osadu w pobliżu dna komory lub też przy pomocy krążącej gorącej wody w przewodach, umieszczonych wewnątrz komory. Pierwszy sposób choć bardzo prosty ma tę wadę, że powoduje rozcieńczenie osadów, stosowany jest więc najpowszechniej sposób drugi. Wężownice ogrzewające wykonywane są i umieszczane w komorze

w różny sposób. Na wężownice najlepiej stosować pocynkowane rury żelazne. Umieszcza się je na wewnętrznych ścianach (rys. 382) lub na dnie na drewnianych klockach. W wielu wypadkach zawiesza się grzejniki tak, by je można było w razie potrzeby łatwo wyjąć (rys. 395). Należy zwracać uwagę, aby ciepota wody krążącej nie była na dopływie wyższa niż 60°C , gdyż w przeciwnym wypadku osad, przylegający do rury, zapieka się i powoduje obrastanie grubą warstwą przewodu, izolując go i uniemożliwiając wypromieniowywanie ciepła.

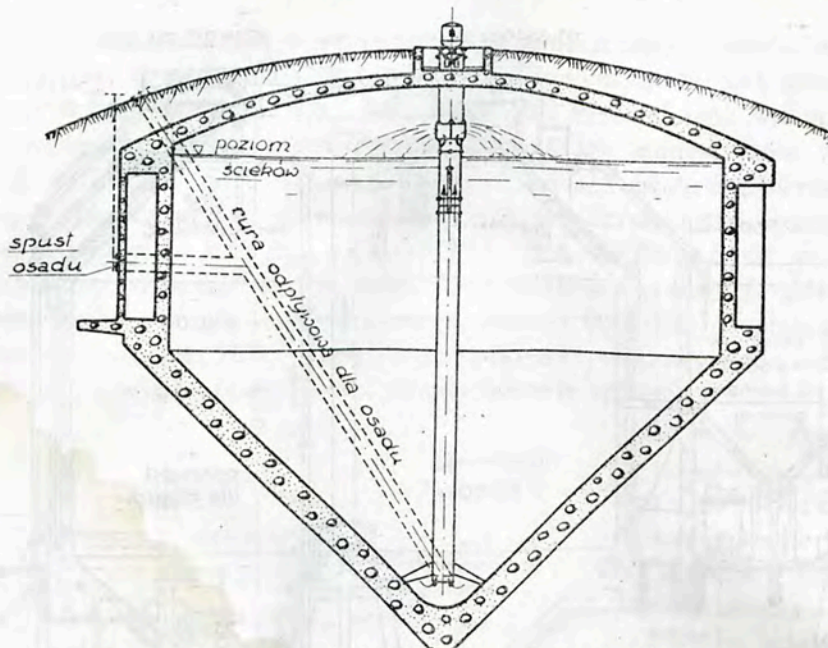
Dla zapobieżenia niebezpieczeństwu zapiekania stosuje się grzejniki ruchome (rys. 391). Dalszą zaletą takiego urządzenia jest lepsze rozchodzenie się ciepła. Ruchome grzejniki mogą przewodzić wodę ogrzaną do 100°C bez obawy zapiekania. Prędkość obrotowa wynosi 1 m/sek . Ruch odbywa się z przerwami.



Rys. 391. Komora gnilna z ruchomym i wyjmowanym urządzeniem ogrzewniczym.

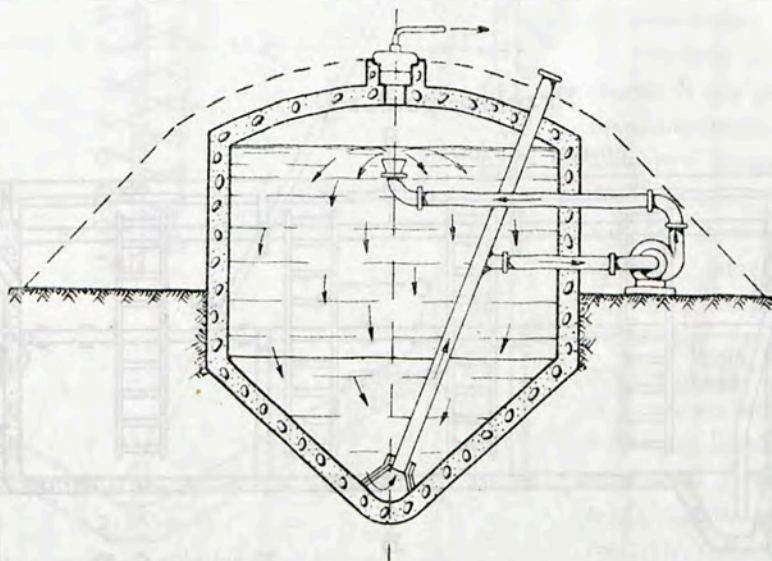


Rys. 392. Komora gnilina z urządzeniem Kessenera do mieszania osadu i rozbijania kożucha.



Rys. 393. Schemat urządzenia przepompowującego osad w komorze gnilnej (Essen-Nord).

Długość węzownic ogrzewających musi być tak obliczona, by dostateczna była powierzchnia wydzielająca ciepło. Przyjmuje się dla rur ogrzewniczych umieszczanych na ścianach na 1 m^2 powierzchni i 1° różnicy ciepłoty wypromieniowywanie 150 kalorii na godzinę. Gdy więc np. doprowadzić należy 100000 kalorii/godz, zaś woda, dopływająca z ciepłotą 60° ochłodzić się



Rys. 394. Schemat urządzenia przepompowującego osad w komorze gnilnej przy pomocy pompy wirnikowej.

ma do 40° , tj. średnia jej ciepłota wynosi 50° i gdy osady mają być ogrzane do 28°C , niezbędna jest powierzchnia:

$$\frac{100000}{150 (50 - 28)} = \frac{100000}{150 \times 22} = 30 \text{ m}^2$$

Dla rur umieszczanych na dnie komory, leżących w osadzie, promieniowanie jest znacznie słabsze, tylko 50 kal/godz. Natomiast gdy rury otoczone są ze wszystkich stron wodą, promieniowanie wzrasta do 300 kalorii. Ostatnia wartość odnosi się również do przewodów poruszających się w osadzie.

Komory gnilne, zaopatrzone w urządzenie podgrzewające, muszą posiadać bardzo dobrą izolację cieplną, gdyż w przeciwnym wypadku zbyt dużo z doprowadzonego ciepła zostaje stracone. Poza betonem żużlowym lub gazowym, płytami korkowymi, warstwami smołowca itp. warstwami izolacyjnymi stosuje się podwójne ściany z ochronną warstwą powietrza oraz obsypy ziemne.

Ilość potrzebnych kalorii dla utrzymania wewnątrz komór projektowanej ciepłoty określa się na podstawie obliczenia bilansu cieplnego. Poniżej przytaczam jako przykład obliczenie przeprowadzone dla projektowanych komór gnilnych w Mielcu. Dla celów ogrzewania zaprojektowane jest wykorzystanie wytwarzających się przy procesie gnicia i odpowiednio chwytych gazów. Obliczenie zawiera jednocześnie ilość gazu zużytego do ogrzewania.

Komory gnilne zaprojektowane są w liczbie dwóch jako studnie kołowe o średnicy 9,0 m i wysokości 4,0 m z częścią dolną w kształcie leja o nachyleniu ścian 45°. Pojemność jednej komory wynosi

$$4 \cdot \frac{\pi \cdot 9^2}{4} + \frac{\pi}{3} \cdot 4,5^2 \times 4,5 = 350 \text{ m}^3$$

Komora z wierzchu przykryta jest płytą żelbetową, zbudowaną zaś jest z betonu. Ściany komory w części cylindrycznej mają grubość 0,5 m. Część dolna w kształcie leja wytworzona jest przez wypełnienie spodu studni cylindrycznej betonem żużlowym. Dla zmniejszenia wypromieniowywania ciepła z komory, dana jest izolacja ścian i stropu od zewnątrz warstwą celolitu 0,10 m grubości i asfaltu 5 mm grubości oraz cała komora obsypana jest ziemią na wysokość 1,25 m ponad płytę pokrycia.

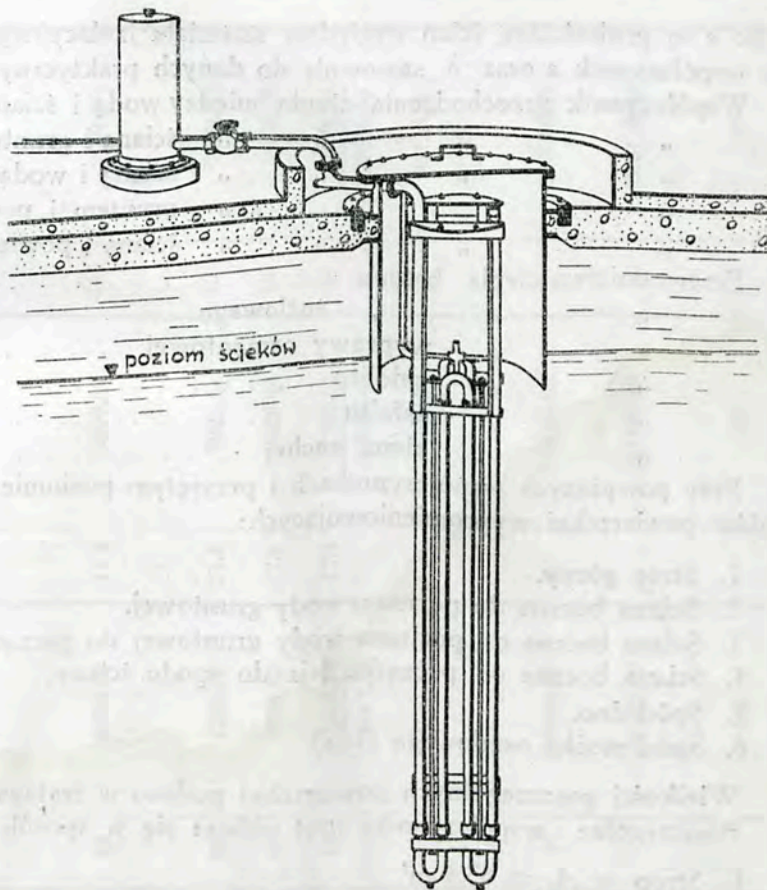
Wnętrze komory ma być ogrzewane wodą o ciepłocie 60°, krążącą w węzownicy z rur 1" dla utrzymania w komorze stałej ciepłoty 25°C. Do ogrzewania zastosowano gaz, wytwarzający się w komorach. Urządzenie do ogrzewania wody pomieszczone ma być w budynku oczyszczalni.

Dla utrzymania w komorze gnilnej ciepłoty + 25° trzeba zużyć pewną ilość ciepła dla podgrzania dochodzącego codziennie świeżego osadu w ilości 21 m³ oraz na wyrównanie straty ciepła wypromieniowanego przez powierzchnię komory. Ilość wypromieniowanych kalorii ciepła zależy od wielkości powierzchni promieniowania A , współczynnika straty k , godzin promieniowania oraz różnicy ciepłoty wewnętrznej w komorze t_1 i zewnętrznej powietrza t_2 według wzoru:

$$Q = k \cdot A \cdot 24(t_1 - t_2) \text{ kalorii/dobę} \quad (46)$$

Współczynnik straty k zależy od materiału budowlanego oraz rodzaju izolacji. Wartość zaś jego liczbowa zależy od współczynnika przewodnictwa λ oraz współczynnika przechodzenia ciepła a :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{a} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots \quad (47)$$



Rys. 395. Wyjmowana węzownica grzejnika komory gnilnej.

gdzie e są grubościami ścian względnie materiału izolacyjnego. Dla określenia wartości k przyjęto współczynnik a oraz λ stosownie do danych praktycznych, jak następuje:

Współczynnik przechodzenia ciepła między wodą i ścianą a_1	300
" " " " ścianą i gruntem a_2	250
" " " " ścianą i wodą gruntową a_3	500
" " " " gruntem i powietrzem a_4	100
" " " " ścianą i powietrzem a_5	13

Przewodnictwo ciepła: betonu	$\lambda_1 = 1$
" " " żużlowego	$\lambda_2 = 0,2$
" " " wyprawy cementowej	$\lambda_3 = 0,5$
" " " celolitu	$\lambda_4 = 0,1$
" " " asfaltu	$\lambda_5 = 0,5$
" " " ziemi suchej	$\lambda_6 = 2,0$

Przy powyższych współczynnikach i przyjętym poziomie wody gruntowej określono 6 rodzajów powierzchni wypromieniowujących:

1. Strop górny.
2. Ściana boczna do poziomu wody gruntowej.
3. Ściana boczna od poziomu wody gruntowej do początku leja.
4. Ściana boczna od początku leja do spodu ściany.
5. Spód dno.
6. Spód stożka osadowego (leja).

Wielkości poszczególnych powierzchni podano w zestawieniu obliczenia strat ciepła. Poszczególne współczynniki strat oblicza się w sposób następujący:

1. Strop — $A_1 = 63,5 \text{ m}^2$

$$\frac{1}{k_1} = \frac{1}{300} + \frac{1}{250} + \frac{1}{100} + \frac{0,275}{1,00} + \frac{0,10}{0,10} + \frac{0,005}{0,5} + \frac{1,05}{2,00} = \frac{1}{0,55}$$

$$k_1 = 0,55$$

2. Ściana boczna do poziomu wody gruntowej — $A_2 = 102 \text{ m}^2$

$$\frac{1}{k_2} = \frac{1}{300} + \frac{1}{250} + \frac{0,5}{1,0} + \frac{0,005}{0,5} + \frac{0,1}{0,1} = \frac{1}{0,64}$$

$$k_2 = 0,64$$

3. Ściana boczna od poziomu wody gruntowej do początku leja $A_3 = 31,5 \text{ m}^2$

$$\frac{1}{k_3} = \frac{1}{300} + \frac{1}{500} + \frac{0,5}{1,0} + \frac{0,005}{0,5} + \frac{0,02}{0,5} + \frac{0,1}{0,1} = \frac{1}{0,65}$$

$$k_3 = 0,65$$

4. Ściana boczna od początku leja do spodu ściany $A_4 = 94 \text{ m}^2$

$$\frac{1}{k_4} = \frac{1}{300} + \frac{1}{500} + \frac{0,5}{1,0} + \frac{1,9}{0,2} + \frac{0,005}{0,5} + \frac{0,02}{0,5} = \frac{1}{0,1}$$

$$k_4 = 0,10$$

5. Spód dno $A_5 = 60,5 \text{ m}^2$

$$\frac{1}{k_5} = \frac{1}{300} + \frac{1}{500} + \frac{0,60}{1,0} + \frac{2,0}{0,2} + \frac{0,02}{0,5} = \frac{1}{0,1}$$

$$k_5 = 0,10$$

6. Spód pod wierzchołkiem leja $A_6 = 3,0 \text{ m}^2$

$$\frac{1}{k_6} = \frac{1}{300} + \frac{1}{500} + \frac{0,6}{1,0} = \frac{1}{1,79}$$

$$k_6 = 1,79$$

Zestawienie 15.

Powierzchnia	m ²	Współcz. <i>k</i>	Strata ciepła przez 24 godz. przy <i>Δt</i> = 1° C	Najzimniejsze dni		Zimny miesiąc zimowy		Średnio roczne		Ciepły miesiąc letni	
				temp. pow. — 20° " gruntu + 4° " osadów + 6°	<i>Δt</i>	temp. pow. — 3° " gruntu + 6° " osadów + 9°	<i>Δt</i>	temp. pow. i wody gruntowej + 7,6° temp. osadów + 12°	<i>Δt</i>	temp. pow. + 20° " wody gr. + 10° " osadów + 15°	<i>Δt</i>
1. Strop	63,5	0,55	838,20	45	37719,00	28	23469,60	17,4	14584,68	5	4191,00
2. Ściana boczna do poziomu 163	102,0	0,64	1566,72	21	32901,12	19	29767,68	17,4	27260,93	15	23500,80
3. Ściana boczna między poziomami 163—161	31,5	0,65	491,40	21	10319,40	19	9336,60	17,4	8550,36	15	7371,00
4. Ściana boczna między poziomami 161—158	94,0	0,10	225,60	21	4737,60	19	4286,40	17,4	3925,44	15	3384,00
5. Spód dno	60,5	0,10	145,20	21	3049,20	19	2758,80	17,4	2526,48	15	2178,00
6. Lej osadowy	3,0	1,79	128,88	21	<u>2706,48</u> 91432,80	19	<u>2448,72</u> 72067,80	17,4	<u>2242,51</u> 59090,40	15	<u>1933,20</u> 42558,00
Dzienne wypromieniowywanie ciepła dla dwóch osadników					182865,60		144135,60		118180,80		85116,00
Zużycie dzienne ciepła na podgrzanie świeżego osadu							336000,00	13	273000,00	10	210000,00
Dzienne zużycie ciepła dla obu komór							480135,60		391180,80		295116,00
Dzienne zużycie gazu w m ³					160		133		108		82

Obliczenie straconych kalorii ujęto w zestawienie 15, podane powyżej, gdzie obliczono straty ciepła dla charakterystycznych ciepłot najzimniejszego dnia w roku, zimowego i letniego oraz średniej rocznej ciepłoty ($7,6^{\circ}\text{C}$). W zestawieniu podano również ilość kalorii, potrzebnych do podgrzania codziennie dopływających osadów stosowanie do ich zmiennej ciepłoty, uzależnionej od pory roku, obliczonych wzorem

$$Q = 21000 (t_2 - t_1) \text{ kalorii} \quad (48)$$

Przy przyjęciu wartości kalorycznej wytwarzającego się gazu 6000 kalorii na 1 m^3 i sprawności urządzeń ogrzewniczych 60%, tj. 3600 kalorii z 1 m^3 zużytego gazu obliczono ilość zużytego gazu w różnych porach roku oraz średnio rocznie.

Dwustopniowe przegniwanie.

Ze względu na to, że fermentacja gnilna przebiega, jak wyjaśniono wyżej, od stadium fermentacji kwaśnej do alkalicznej i to ostatnie ulega wpływom pierwszego, przeprowadzono próby ich rozdziału. Do tego celu posłużyć się trzeba dwiema współpracującymi komorami gnilnymi. Pierwsza służy dla fermentacji kwaśnej, druga dla fermentacji alkalicznej. Pierwsza komora ma objętość mniejszą, obliczoną tylko na krótki czas fermentacji kwaśnej. Teoretyczna objętość komór powinna być mniejsza niż komory jednej. W rzeczywistości stopniowe przegniwanie związane jest z pewnymi trudnościami. Trudne jest ustalenie pojemności komór. Stały kłopot wynika z powodu ciągłego pienienia się. Dwie komory mimo mniejszej ich łącznej pojemności mogą być droższe od pojedynczej. Zaletą jest większy stopień sklarowania ścieków osadowych oraz mniejsza zawartość wody w przegnilym osadzie, który szybko daje się wysuszyć.

W innym układzie stosuje się dwie komory o tej samej wielkości. W pierwszej zachodzi wolny proces gnicia z intensywnym ruchem zawieszin. Osad utrzymujący się na dnie usuwa się do komory następnej, gdzie podlega on powolniejszemu ostatecznemu stopniowi przegnicia. Około 90% przegnicia zachodzi w komorze pierwszej. Ścieki osadowe odprowadza się z drugiej komory, gdzie wobec braku zjawiska wypływania osadów są one klarowniejsze. Komorę pierwszą zaopatruje się w ogrzewanie, urządzenie do chwytania gazu oraz do rozbijania kożucha. W drugiej komorze urządzenia te są zbędne.

Dwustopniowe przegniwanie może być zastosowane w wypadku piętrowych osadników. Gdy część spodnia spełniająca rolę komory gnilnej okaże się niedostateczna, dobudowuje się komory wydzielne, w których można zastosować podgrzewanie osadów.

Nadmiar ścieków osadowych z komór gnilnych odprowadza się do dopływu przed osadnikami. Odbywa się to zwykle z wydzielonych komór gnilnych w czasie doprowadzania świeżego osadu. Przy małej zawartości zawieszin w ściekach mogą być one wprowadzone do dopływu, idącego na oczyszczalnię biologiczną. W niektórych wypadkach stosuje się dodatkowe sklarowywanie ścieków albo w oddzielnych niewielkich osadnikach lub przy pomocy środków chemicznych. Niekiedy nadmiar ścieków wprowadza się na poletka filtracyjne. W dwustopniowych urządzeniach istnieje stałe połączenie komory osadowej i gnilnej przez szpary tak, że zbędne się staje oddzielne traktowanie nadmiaru ścieków z komory gnilnej.

Obliczenie wielkości komory gnilnej.

Obliczenie pojemności komór gnilnych opiera się na ilości zanieczyszczeń przypadających na jednego mieszkańca lub zawartości w osadzie ciał organicznych. Jako jednostkę podstawową objętości komór gnilnych dla ścieków domowych przyjęto 30 litr/m. Odpowiada to w warunkach przeciętnych w stosunku do zawartości ulegających osadzaniu ciał organicznych $\frac{30}{40} = 0,75 \text{ litr/g}$ ($0,75 \text{ m}^3/1 \text{ kg}$) organicznej suchej pozostałości w doprowadzonym w ciągu 24 godzin świeżym osadzie. Wartość ostatnia staje się użyteczna, gdy znane są dokładnie właściwości osadów. Powszechnie obliczenie przeprowadza się w oparciu o wyżej określoną praktycznie jednostkową pojemność dla komór gnilnych osadników piętrowych 30 litr/m. Przy zmianie warunków normalnego przebiegu procesu fermentacji gnilnej wartość ta ulega zmianie. Przyjmuje się następujące pojemności jednostkowe:

Zestawienie 16.

Dla komór gnilnych osadników piętrowych	30 litr/m
" " wydzielonych, dobrze ogrzewanych, z urządzeniem niszczącym kożuch, z odprowadzeniem nadmiaru ścieków oraz przegnilego osadu w sposób ciągły przez cały rok	15 litr/m
Dla otwartych ziemnych zbiorników z wymieszaniem osadu pompą	90 litr/m
Dla komór gnilnych z osadników wstępnych i wtórnych ze złóż zraszanych	45 litr/m
Dla komór gnilnych z osadników wstępnych i wtórnych silnie obciążonych złóż zraszanych	60 litr/m
Dla komór gnilnych przy chemicznym strącaniu osadów	60 litr/m
Dla komór gnilnych z osadników wstępnych i wtórnych przy oczyszczaniu biologicznym sposobem osadu czynnego	90 litr/m

Wszystkie podane wartości należy powiększyć 1,5-krotnie, jeżeli chodzi o niewielkie rozmiary oczyszczalni, dla liczby mieszkańców poniżej 5000. Również, gdy doprowadza się osad z dużych osadników dla przepływu burzowego, należy wprowadzić współczynnik zwiększający 1,2 — 1,5.

Wytwarzanie się gazu i jego wykorzystanie.

Powstający w komorach gnilnych gaz składa się głównie z metanu i dwutlenku węgla z małą domieszką azotu. Znajdują się też w nim niewielkie ilości wodoru oraz siarkowodoru. Jako średnie wartości można przyjąć:

Zestawienie 17.

Metan	65 — 95 %
Dwutlenek węgla	5 — 35 %
Azot	0 — 6 %
Wodór	0 — 8 %
Siarkowodór	0 — 0,25 %

W gazie gnilnym zawarta jest w większej, lub mniejszej ilości woda, wydzielająca się w przewodach szczególnie w zimie. Należy ją usuwać z najniższych punktów przewodów w założonych do tego celu garkach.

Wartość kaloryczna gazu zależy od zawartości w nim metanu i waha się w granicach 6000 — 8500 kalorii w m³. Imhoff podaje 6000 — 7000 kalorii w wypadku dwupiętrowych urządzeń, 5500 kalorii z wydzielonych komór gnilnych.

Ilość gazu zależy od rodzaju i ilości organicznych zanieczyszczeń, zawartych w ściekach oraz od ciepłoty w komorze gnilnej. Z 1 kg rozłożonych w normalnych warunkach zanieczyszczeń organicznych uzyskuje się 500 litrów, przy cieple 30° — 750 litrów.

Ilości gazu uzyskiwane na oczyszczalniach ścieków obliczone są w litrach na mieszkańca i dobę. Przy przyjęciu przeciętnego składu ścieków miejskich, podanego wyżej, na mieszkańca przypada 40 g/dobę organicznych osadzających się zanieczyszczeń. Ilość więc gazu na jednego

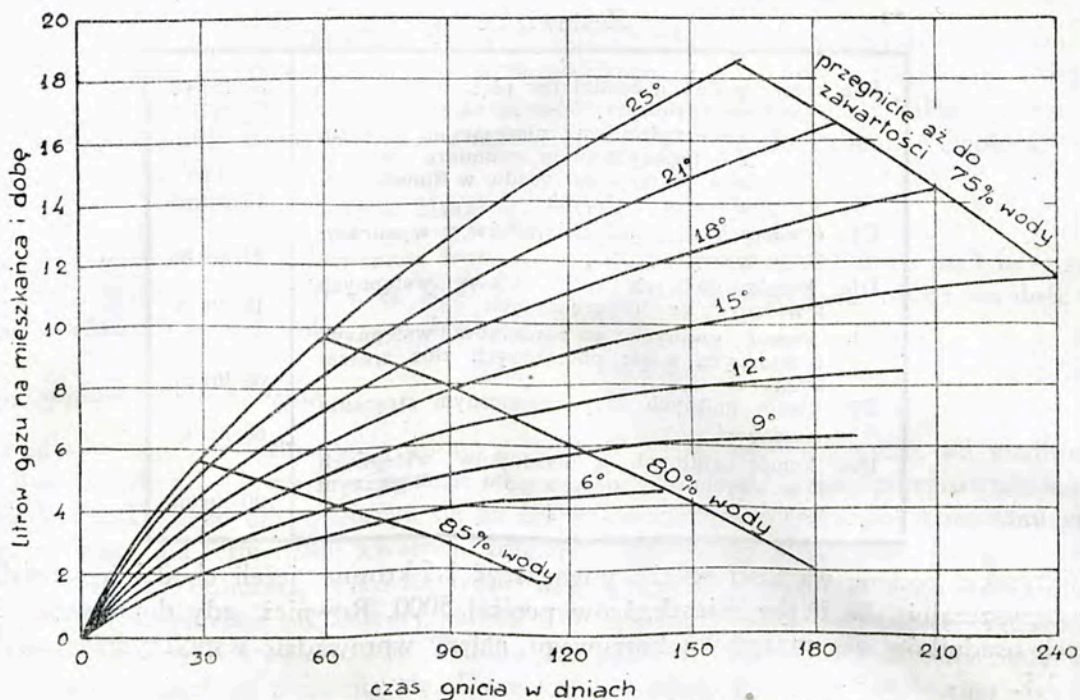
$$\text{mieszkańca wyniesie } \frac{500 \times 40}{1000} = 20 \text{ litrów/m/dobę.}$$

Ilość uzyskiwanego gazu zależy jednak od stopnia przegnicia osadów, tj. od stopnia zawartości w nich wody. Zależność tę obrazują krzywe uwidocznione na rysunku 396.

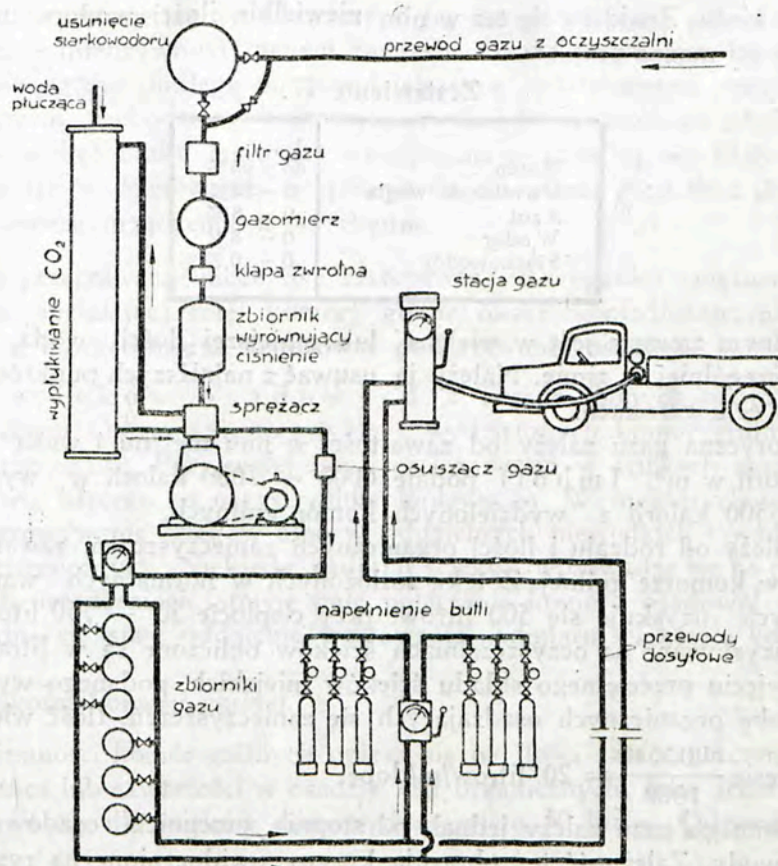
Należy liczyć, że się uzyskuje:

Zestawienie 18.

Z komór gnilnych dwupiętrowych osadników	8 — 12 litr mieszk./dobę
" " wydzielonych ogrzewanych	20 — 25 "
" " z przyłączoną oczyszczalnią biologiczną	30 "



Rys. 396. Ilości gazu na mieszkańca i dobę w zależności od czasu gnicia osadu.



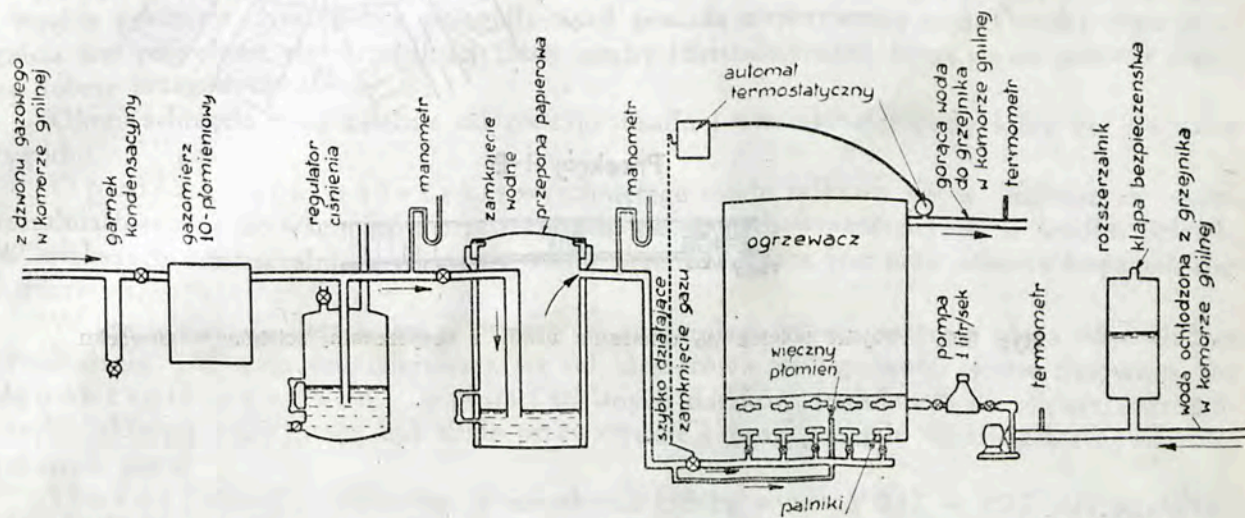
Rys. 397. Schemat urządzenia oczyszczającego gaz i użycia go do silników gazogeneratorowych.

Przyłączenie przemysłu, doprowadzającego ścieki o dużej zawartości zanieczyszczeń organicznych, powoduje zwiększenie wytwarzania się ilości gazu.

W przeważającej liczbie wypadków schwyty w komorach gnilnych gaz stosuje się do ich ogrzewania, w celu zmniejszenia ich pojemności. Może być on jednak również użyty dla podniesienia wartości kalorycznej gazu świetlnego w sieci miejskiej, lub jako niezależne źródło gazu

miejskiego, wreszcie do poruszania silników gazogeneratorowych. Przed użyciem jest wskazane oczyszczenie gazu. Jeżeli ma się go stosować do celów domowych lub przemysłowych, oczyszczenie polega na usunięciu siarkowodoru. Polega ono na przeprowadzeniu gazu przez filtr, wypełniony odpowiednią masą wodorotlenku żelaza, wiążącą siarkowodor. Również duża zawartość dwutlenku węgla jest szkodliwa w wypadku niektórych zastosowań gazu. Usuwa się go przy pomocy wymywania wodą pod ciśnieniem, a następnie przy pomocy mleka wapiennego. Powstały czysty metan ma dużą wartość kaloryczną 8500 kcal/m^3 . Może on być pod dużym ciśnieniem 350 atm wtłoczony do butli i używany do poruszania silników gazogeneratorowych (rys. 397). Energia uzyskana wynosi przeciętnie $2,2 \text{ kWh}$ z 1 m^3 .

W wypadku używania gazu do podgrzewania komór gnilnych należy liczyć, że można wykorzystać około 60% jego wartości kalorycznej, tj. 3600 kcal/m^3 . Schemat urządzenia ogrzewniczego pokazano na rysunku 398.



Rys. 398. Schemat urządzenia ogrzewniczego przy pomocy gazu gnilnego.

Przeznaczony do użycia gaz zbierany jest w zbiornikach o maksymalnej pojemności wynoszącej około 40% dziennej produkcji.

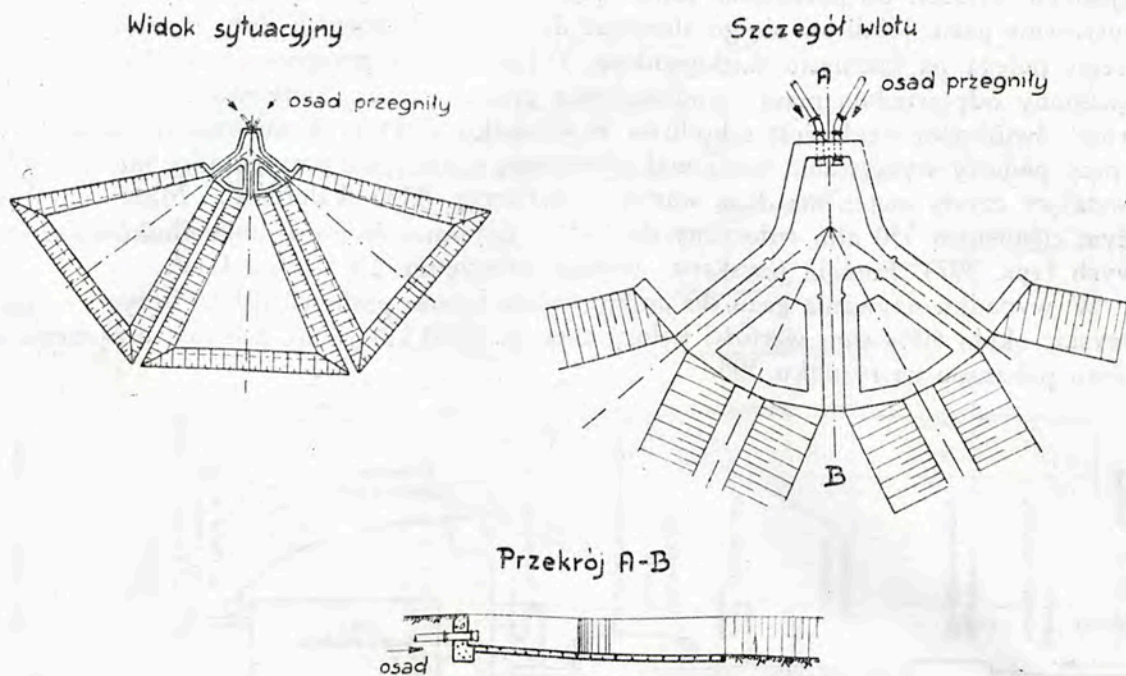
Powinno być zabronione palenie w pobliżu komór gnilnych. W czasie opróżniania i napraw komór gnilnych przedsięwbrać należy środki ostrożności przeciwko zatruciom oraz wybuchom. Wybuchowe mieszanki wytwarzają się przez zmieszanie się $7-18$ części powietrza z 1 częścią gazu. Wystarczy pałąk się papieros lub iskra, spowodowana uderzeniem stalowego narzędzia, dla wywołania wybuchu. Z tego względu stosować się powinno narzędzia brązowe lub miedziane.

Suszenie i wykorzystanie przegniłego osadu.

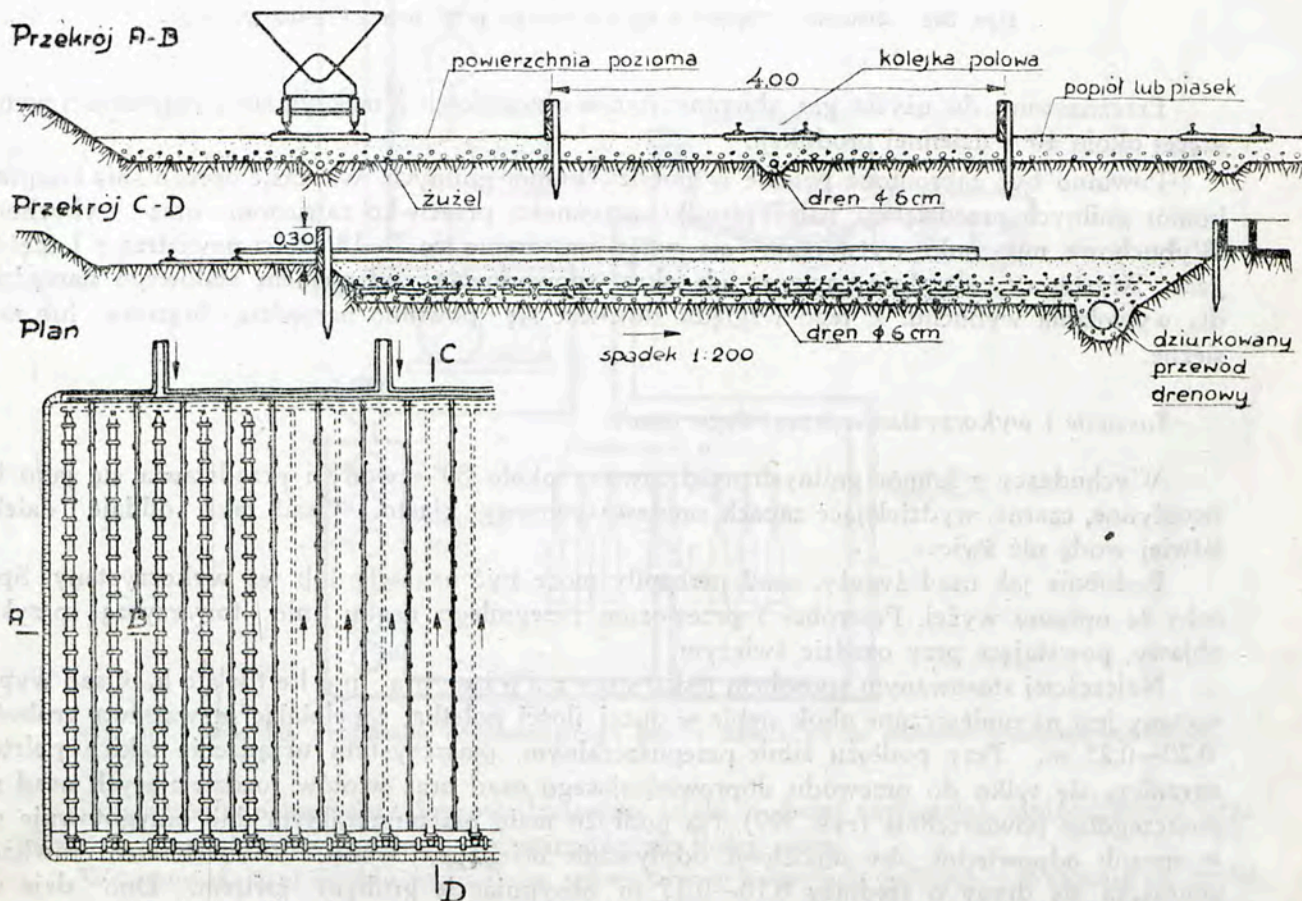
Wychodzący z komór gnilnych osad zawiera około 80% wody i przedstawia się jako łatwopłynne, czarne, wydzielające zapach smolasto-gumowy ciasto. Osad taki oddaje daleko łatwiej wodę niż świeży.

Podobnie jak osad świeży, osad przegniły może być usunięty lub też wykorzystany. Sposoby te opisano wyżej. Przeróbce i przewozom przegniłego osadu nie towarzyszą przykre objawy, powstające przy osadzie świeżym.

Najczęściej stosowanym sposobem jest **o s u s z a n i e** n a p o l e t k a c h. Osad wypuszczany jest na umieszczone obok siebie w dużej ilości poletka, zapelniając je warstwą grubości $0,20-0,25 \text{ m}$. Przy podłożu silnie przepuszczalnym, piaszczystym urządzenie takich poletek ogranicza się tylko do przewodu doprowadzającego osad oraz wlotów rozdzielających osad na poszczególne powierzchnie (rys. 399). Na podłożu mało przepuszczalnym dno przygotowuje się w sposób odpowiedni, aby umożliwić odpływanie ociekającej wody. W głębokich rowkach umieszcza się dreny o średnicy $0,10-0,15 \text{ m}$ obsypując je grubym żwirem. Dno daje się w lekkim spadzie. Całą powierzchnię dna pokrywa się $0,25 \text{ m}$ warstwą żwiru o stopniowo zmniejszającym się



Rys. 399. Projekt poletek do osuszania osadu z oczyszczalni ścieków w Otwocku.



Rys. 400. Poletka do osuszania przegnilego osadu.

szającej się ku górze grubości ziarn. Żwir pokrywa się warstwą piasku 5—10 cm grubości. Piasek ten jest zwykle częściowo zbierany z wyschniętym osadem, musi być więc co pewien czas warstwą piasku uzupełniany. Ścianki działowe pomiędzy poletkami daje się z betonu, a nawet czasami drewniane (rys. 400). Sięgają one 30—40 cm ponad powierzchnię piasku. Kształt poletek jest podłużny 4—9 m szerokości i do 40 m długości. Osad wprowadzany jest w rogu ścianki poprzecznej. Podczas wpuszczania osadu drenaż jest zamknięty aż do chwili, gdy zawarty w nim gaz nie zostanie oddzielony od wody. Trwa to 24 godziny. Wówczas otwiera się drenaż, tak że stojąca pod osadem woda może odpłynąć. Im większa zawartość gazów w osadzie, tym szybciej następuje schnięcie. Osad schnąc zbija się i pęka twardniejąc. Można go wziąć na łopatę, gdy zawartość wody zmniejszy się do 68%. Grubość początkowa maleje około 2,5-krotnie. Dzięki spękanom dostaje się do środka powietrze przyspieszające schnięcie. Z rodzaju szpar osądzić można o stopniu przegnięcia. Dobrze przegniły osad wykazuje bardzo liczne i wąskie pęknięcia. Niezupełnie przegniły osad posiada nieprzyjemną woń. Oznaką ziego przegnięcia jest pojawienie się dużej ilości żółtej muchy (*Eristalis tenax*), która się nie pojawia nigdy na dobrze przegniłym osadzie.

Okres schnięcia trwa zależnie od rodzaju osadu i warunków pogody kilka dni do kilku tygodni.

Opróżnianie poletek z wyschniętego osadu odbywa się w mniejszych oczyszczalniach ręcznie do wagoników przesuwanych po szynach umieszczonych w środku poletek. W większych oczyszczalniach usuwanie osadu przeprowadzane jest przy pomocy kopaczek mechanicznych.

W czasie pogody deszczowej w otwartych suszarniach proces suszenia ulega odpowiednio przedłużeniu. W celu uniezależnienia się od deszczów i niedogodności okresu zimowego daje się pokrycie suszarni w postaci szklanych daszków, podobnych do szklarni ogrodniczych. Szklarnie takie muszą być silnie przewietrzane z uwagi na stale wydzielające się w czasie schnięcia gazy.

Ilości osadu obliczane na mieszkańca i dobę wynoszą 0,12 — 0,25 litra względnie okrągło 50 litrów/m/rok. Przy złożach zraszanych wzrasta ilość do okrągło 75 litr/m/rok, przy urządzeniach osadu czynnego do 150 litrów.

Powierzchnię niezbędną dla osuszenia oblicza się przy przyjęciu 9-krotnego w ciągu okresu rocznego zapelniania poletek. Przy wypełnianiu ich warstwą osadów po osuszeniu grubości 0,20 m całoroczna grubość osadów wyniesie 1,8 m. Stąd obliczyć można niezbędną powierzchnię A odpowiednio do wyżej podanych ilości osadów:

$$A = \frac{0,05}{1,8} = 0,028 \text{ m}^2/\text{mieszkańca}$$

$$\frac{0,075}{1,8} = 0,042 \text{ m}^2/\text{mieszkańca}$$

$$\frac{0,150}{1,8} = 0,083 \text{ m}^2/\text{mieszkańca}$$

względnie 1 m² dla 36 — 12 mieszkańców.

W St. Zj. Am. Póln. przyjęta norma wynosi 0,1 m²/mieszk., tj. 10 mieszkańców na 1 m².

Suszarnie kryte są około 1,5-krotnie wydajniejsze od otwartych, liczyć więc można na 1 m² 50—20 mieszkańców.

Wylewanie nowego osadu może być wykonane dopiero po usunięciu wyschniętego. Gdy osad wprowadza się na tereny, gdzie ma on pozostawać i nowy osad wchodzi na warstwę poprzednio wysuszonego, należy powierzchnię powiększyć trzykrotnie w stosunku do podanych wyżej wartości. Grubość rocznie wprowadzanego osadu może wynosić 0,6 m.

Wysuszony osad używany jest wprost lub po zmieszaniu z innym materiałem nawozowym, jak sole nawozowe, torf, drobne zmiotki itp. do celów nawożenia gleby. Ponieważ posiada dużo mniejszą zawartość wody, znosi dalsze odległości przewozu. Wysuszony przegniły osad zawiera około 2% azotu oraz około 1% kwasów fosforowych. Wartość jego nawozowa odpowiada wartości nawozu końskiego. Sprzedaje się go wprost odbiorcom, zabierającym go z suszarni, lub też w workach w postaci zmielonej. Gdy brak sposobności do użycia go jako środka nawozowego, zostaje użyty do wypełniania zagłębień terenowych.

Wydobywanie osadów z komór gnilnych przeprowadzane jest przy pomocy sprężonego lub rozrzedzonego powietrza oraz różnego rodzaju pomp przeponowych, tłokowych, powietrznych oraz wirnikowych. Najpowszechniej stosowane są pompy wirnikowe. Stratę ciśnienia w przewodach prowadzących osady o dużej zawartości wody można przyjąć taką samą, jak dla wody. Gdy osady są gęste, straty mogą być około 1,5—2,0-krotnie większe.

Pompy wirnikowe stosowane są tej samej budowy, co pompy kanałowe o małej ilości łopatek i dużym prześwicie.

Przewody na oczyszczalni tam, gdzie jest to możliwe, należy wykonywać jako rynny otwarte o przekroju prostokątnym z prędkością minimalną przepływu 0,4 m/sek. Przed piaskownikiem prędkość powinna być większa co najmniej 0,6 m/sek, by osad nie zbierał się na dnie. W przewodach z płynnym osadem prędkości wynosić powinny 1 m/sek.

IX. 3-e. Oczyszczanie wtórne.

W ściekach oczyszczonych sposobami mechanicznymi pozostają wszystkie zanieczyszczenia rozpuszczone oraz koloidalne. Przy pomocy sposobów chemicznych można powiększyć stopień oczyszczenia, przy czym usunięte zostają również zanieczyszczenia nie ulegające osadzeniu i większa część koloidalnych. Ścieki stają się klarowne, zawierają jednak jeszcze dużą ilość związków organicznych, a więc podlegających gnicciu, stawiając duże wymagania w stosunku do zdolności samooczyszczania się odbiornika. Gdy ten stopień oczyszczania nie wystarcza, ze względu na zbyt małe rozcieńczenie wodami odbiornika ścieków i niedostateczną ilość tlenu zawartego w wodzie oraz pochłanianego przez powierzchnię, do mineralizacji znajdujących się zanieczyszczeń organicznych muszą być ścieki oczyszczane w sposób bardziej doskonały. Usunięcie zdolności gnilnej ścieków odbywa się przez mineralizację zawartych w ściekach ciał organicznych głównie przy pomocy mikroorganizmów. Ponieważ one nadają charakter procesom, przebiegającym w tym stopniu oczyszczania, sposoby te otrzymały nazwę biologicznych. W sposobach tych stworzone są sztucznie procesy, powstające w sposób naturalny, opisane wyżej przy mineralizacji ciał organicznych w rzekach lub gruncie. W następstwie tego we wszystkich sposobach zasadnicze znaczenie posiada jak najlepszy dostęp powietrza do wnętrza ścieków. W czasie mineralizacji ciał organicznych przy pomocy sposobów biologicznych zachodzą poza zjawiskami czysto biologicznymi również pewne procesy chemiczne i fizyczne.

Ciała organiczne adsorbowane są przy pomocy wydzielonych przez bakterie lub też zawartych w wodzie fermentów i w stanie rozpuszczonym przedostają się przez błonę komórkową wraz z zawartym w wodzie tlenem do wnętrza komórek. Tutaj podlegają rozkładowi przy pomocy tlenu i pod wpływem fermentów komórkowych, przy czym zostają utlenione biochemicznie względnie przeprowadzone w związki mineralne: węglowodany w dwutlenek węgla, związki azotowe w kwas azotowy i wodór. Produkty tych procesów utleniających, z których bakterie czerpią swoją energię życiową, pojawiają się częściowo w formie płynnej, częściowo gazowej. Podlegają one dyfuzji przez ściany komórek do otaczającej wody i wraz z nią odpływają.

W procesach biologicznych ciała organiczne są głównie mineralizowane przez bakterie. Biorąc udział w procesie oczyszczania mała liczba pierwotniaków ma za główne zadanie ograniczenie do należytego stopnia liczby bakterii. Żyjące w rzekach pierwotniaki stanowią wartościowe pożywienie dla ryb. Powstające przy rozkładzie produkty są dalej rozkładane procesami chemicznymi, względnie jeśli stają się związkami nierozpuszczalnymi, usuwane są z wody procesem fizycznym sedymentacji. Powstają błonki i kłaczk, osiadające na ziarnach gruntu lub złóż, lub też pływające swobodnie w wodzie. Adsorbują one ze ścieków najdrobniejsze zawiesiny, jak również rozpuszczane zanieczyszczenia.

Pobierany zawarty w wodzie tlen musi być ciągle odnawiany. Nawietrzanie ścieków odbywa się albo przez wdmuchiwanie powietrza do wody lub też przez rozkroplenie ścieków, wystawienie ich w stanie rozkroplonym na dłuższą styczność z powietrzem otaczającym.

Można ścieki i bez oczyszczania wstępnego poddać oczyszczaniu biologicznemu, jeśli tylko zostaną przy pomocy krat i sit usunięte grube zanieczyszczenia. W przeważającej liczbie wy-