



**NORGE**  
**[NO]**

**STYRET**  
**FOR DET INDUSTRIELLE**  
**RETTSVERN**

**[B] (II) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 155236**

(51) Int. Cl.<sup>4</sup> C 02 F 11/04,  
// A 23 K 1/00

(21) Patentsøknad nr. 782877

(22) Inngitt 24.08.78

(24) Løpedag 24.08.78

(41) Alment tilgjengelig fra 27.02.79

(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 24.11.86

(30) Prioritet begjært 25.08.77, Ungarn, nr. RI-645.

(54) Oppfinnelsens benevnelse **FREMGANGSMÅTE FOR FREMSTILLING AV BIOMASSE OG  
FERMENTERINGSVÆSKE FRA ANAEROBT UTRÅTNET  
KLOAKKSLAM.**

(71)(73) Søker/Patenthaver **RICHTER GEDEON VEGYESZETI GYAR RT.,  
Győrői u. 19-21,  
Budapest,  
Ungarn.**

(72) Oppfinner **LASZLO SZEMLER, Budapest,  
BELA BERES, Budapest,  
GABORNE HARGITTAI, Budapest,  
ISTVANNE UDVARDY-NAGY, Budapest,  
DENES SZEKELY, Budapest.  
Ungarn.**

(74) Fullmektig **Tandbergs Patentkontor A-S, Oslo.**

(56) Anførte publikasjoner **BRD (DE) off.skrift nr. 1908596 (85c 6/05),  
Østerriksk (AT) patent nr. 337117 (C02C 3/00),  
254086 (85c 11).**

Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte for fremstilling av biomasse og fermenteringsvæske fra anaerobt utråtnet kloakkslam dannet hovedsakelig under kommunal kloakkrensning, inneholdende organiske forurensninger.

For å løse problemet med kommunal kloakkrensning har man lenge tatt sikte på å tilintetgjøre biproduktene som i høy grad forurenser omgivelsene eller å nyttiggjøre seg dem med en viss metode. Ved kloakkrensning er det idag absolutt nødvendig å legge hovedvekt på beskyttelse av miljøet og reduksjon av omkostningene ved kloakkrensningen.

Anaerob gjæring er den vanligste prosess som brukes for å stabilisere de råtnende biprodukter som dannes under rensning av kommunalt avløp, som f.eks. "primærslammet" som fåes fra forsedimenteringstanken, sekundærslammet som fåes efter biologisk behandling eller blandingen av disse to slamsorter: råslam. Gjæringen er for det meste forbundet med den sekundære gjæretank som hovedsakelig tar sikte på dehydrering, og det anaerobt utgjærede kloakkslam som allerede er stabilt forlater råtnetanken. Flere prosesser er kjent for å kvitte seg med eller utnytte råtnet kloakkslam. Behandlingens første trinn er rettet på konsentrering av slammet; den mest utviklede metode hertil er å legge det ut på tørkesenger, hvilket er en meget uøkonomisk prosess i og for seg, da den fordrer meget stor overflate med lav produktivitet, mens en annen metode er mekanisk avvanning etterfulgt av tilintetgjørelse ved forbrenning. Tilintetgjørelsen er en energi-intensiv prosess, ved hvilken verdifulle bestanddeler i kloakkslammet ikke kan utnyttes.

Nyere prosesser motvirker det uøkonomiske ved uskadeliggjørelse av kloakkslam ved å utnytte de verdifulle komponenter som er å finne i slammet. Blant disse er det verdt å nevne utnyttelse av asken som dannes ved forbrenning, tørking av det avvannede slam i stedet for forbrenning, utlegning av det tørre slam direkte eller blandet med andre åkerlandsbestanddeler, fremstilling av kompost etc. Bruk av slammet som jordforbedringsmiddel forhindres av det faktum at dets verdi ikke står i forhold til den arbeidskrevende transport og fordeling av stoffet. Ytterligere en ulempe er at de biologisk brukbare stoffer i kloakkslammet på denne måte ba-

re blir av verdi til en viss grad, bare indirekte ved husdyravl med lav effektivitet.

Ved en annen gruppe behandlingsmåter gjenvinnes en av slammets komponenter. Gjenvinning av det meget verdifulle vitamin  $B_{12}$  er et av eksemplene. Behandlingen av det gjenstående stoff er fremdeles et vanskelig problem i denne prosess.

I fremgangsmåten ifølge BRD off.skrift 2.504.412 stabiliseres det aktiverte slam ved partiell, anaerob, senere aerob spaltning. Det råtnede kloakkslam brukes som gjødningsstoff etter tørkingen. En fordel ved den partielt anaerobe gjæring er den korte oppholdstid i gjærkaret med stor kapasitet ved siden av at en stor del av de brennbare gasser som oppstår under forholdene ved anaerob gjæring vil bli frigitt selv i løpet av denne tid, og det raske aerobe trinn - som går forut for partiell avvinning i gitt tilfelle - gir et produkt som er lettere å benytte. Allikevel får man selv ved denne prosess bare et jordforbedringsprodukt.

Ifølge den løsning som er beskrevet i ungarsk patent nr. 158.172, dirigeres den halvkontinuerlige gjæring av råslammet med spesifikke næringsstoffer (kulturer) på en slik måte at man lager gunstige forhold samtidig for de mikroorganismer som er egnet til å produsere vitamin  $B_{12}$  som for andre mikroorganismer som lever i gjæretanken. På denne måte dannes også vitamin  $B_{12}$  i gjæretanken samtidig med økningen i mengden av biomasse. Overskuddet av biomasse gir en stor mengde utgjæret slam, som på grunn av sitt vitamininnhold er passende som førtilsetning, og dets proteininnhold er ikke høyere enn det hos det råtnede slam som fremkommer ved den konvensjonelle fremgangsmåte.

Av den naturlige bakterieflora ved den anaerobe utgjæring av kloakkslam som fremkommer ved kloakkrensningen, kan arter som er egnede til produksjon av vitamin  $B_{12}$  og protein anrikes, som f.eks. ifølge ungarsk patent nr. 153.740. Ifølge denne fremgangsmåte brukes bakteriefloraen viderekulvert i kulturmediet utvalgt fra det råtnede kloakkslam til fremstilling av vitamin og protein, men bruk av kloakkslammet selv med dyrkning av bakteriene blir unødvendig. Således løser ikke oppfinnelsen spørsmålene om biproduktene ved kloakkrensning som er skissert i innledningen.

Den løsning som er beskrevet i det svenske patent nr. 471.540 tar sikte på bruk av kloakkslamm til førstøff. Ifølge denne blandes det aktiverte slam alene eller med tilsetningsstoffer og mates inn i en kontinuerlig dreven ekstruder, oppvarmes til 105 - 160°C en kort tid, hvorefter det ekspanderes plutselig og produktet lufttørkes. Ekspansjonsteknikken produserer et passende produkt fra stoffene i slammets egnet for direkte føring. Med hensyn til det faktum at slammets selv inneholder en stor del ballaststoff og andre stoffer, hvis benyttelse av høyerestående dyreorganismer ikke er økonomisk ved den forholdsvis lave proteinmengde, så utnytter ikke prosessen på tilfredsstillende måte det næringspotensial som forefinnes i slammets.

Hensikten med oppfinnelsen er å skaffe en slik løsning til behandling av slammets som hovedsakelig fremkommer ved kommunal kloakkrensning, hvorved kloakkslammets totalbehandles, således er f.eks. avsetning i tørkende skikt unødvendig, samtidig som - som følge av behandlingen - de verdifulle organiske og uorganiske stoffer i kloakkslammets - hovedsakelig proteiner, vitaminer og metaller - er tilgjengelige i form av sluttprodukter i full overensstemmelse med helse-hygieniske krav og direkte egnet til føring av dyr.

Oppfinnelsen er basert på den erkjennelse at hvis det på riktig måte varmebehandles, anaerobe råtnede slam separeres i et fortykket slam og et slamvann, blir det sistnevnte egnet for anrikning av mikroorganismer i overraskende grad, inklusive selektiv anrikning av methanolbrukende bakterieflora, derved f.eks. til produksjon av proteinrik biomasseprodukt. Varmebehandlingen tilintetgjør de patogene bakterier, og således steriliserer den praktisk talt kloakkslammets samtidig som de høymolekylære komponenter i det varmebehandlede slamvann blir mer velegnet for enzymnedbrytning, i tilfelle av proteingjæring blir sluttproduktets sammensetning mer stabilt og mer egnet som fôr, samtidig som fraskillelse av slammets faser - slamvann og fortykket konsentrat - kan utføres mer fordelaktig. Den methanol som tilsettes til det varmebehandlede slamvann med sikte på å utvikle kulturmedium, virker som et "selektivt steriliseringsmiddel" ved at den forhindrer

utvikling av patogene bakterier. Sluttelig vil tørkning av biomassen praktisk talt stabilisere denne, med andre ord forhindre nedbrytning av denne, hvilket ellers ville foregå på meget kort tid.

Videre er oppfinnelsen basert på den erkjennelse at det utstyr som er nødvendig for eliminering og utnyttelse av kloakkslam kan bygges opp av i og for seg kjente ledd, men valgt på passende måte for dette øyemed, slik som beholdere, pumper, apparater, redskaper etc. som hver for seg er brukt i kloakkrensningsteknikken og til gjæring, men som ved å bli forbundet på en spesiell måte og benyttet sammen, tillater at de kompliserte funksjonsledd til behandling av slam til et sterilt næringsstoff kan inkluderes i en eneste rasjonell teknologisk linje, og hele utstyret kan virkelig gjøres på stedet hvor kloakkslammet dannes, dvs. i kloakkrenseanlegget eller i dets umiddelbare nærhet.

Oppfinnelsen angår således en fremgangsmåte for fremstilling av biomasse og fermenteringsvæske fra anaerobt utråtnet kloakkslam dannet hovedsakelig under kommunal kloakkrensning, inneholdende organiske forurensninger, hvilken fremgangsmåte er kjennetegnet ved at

- a.) det utråtnede kloakkslam oppvarmes til minst  $80^{\circ}\text{C}$ , fortrinnsvis til  $100 - 150^{\circ}\text{C}$ , og avkjøles deretter til  $80 - 40^{\circ}\text{C}$ ,
- b.) det varmebehandlede, utråtnede kloakkslam skilles, fortrinnsvis i nærvær av et koaguleringsmiddel, til slamkonsentrat og slamvann,
- c.) et kulturmedium fremstilles ved tilsetning til slamvannet av en alkohol med 1 - 3 carbonatomer, fortrinnsvis methanol, minst ett uorganisk salt inneholdende nitrogen, vannoppløselig vitaminforløper(e) samt vekstfaktorer,
- d.) kulturmediet podes med anaerobt utråtnet kloakkslam,
- e.) det podede kulturmedium fermenteres anaerobt ved  $26 - 38^{\circ}\text{C}$ ,
- f.) biomasse separeres fra fermenteringsvæsken som dannes under fermenteringen.

Det viktigste trekk ved utstyret er at det har en varmeveksler passende til oppvarmning og kjøling av kloakkslammet, utstyr til separering av det varmebehandlede kloakkslam i et slamvann og et slamkonsentrat, en beholder til frems-tilling av kulturmedium ved bruk av slamvann, en gjæretank passende for gjæring av kulturmediet såvel som en separator passende til utseparering av biomassen som dannes fra fermenteringsvæsken i gjæretanken.

Ved fremgangsmåten fremstilles følgende kulturmedium: (slamvann) passende for anrikning av mikroorganismene erholdt ved varmebehandling og fraskillelse av slamkonsentrat, med følgende karakteristika:

- a.) dets uorganiske og organiske nitrogenforhold er 1:1-10:1,
- b.) dets organiske syreinnhold uttrykt i maursyre, er 500-5000 mg/l.

Ved fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen erholdes et produkt rikt på proteiner og vitaminer anrikt med næringsstoffer passende til dyrefôr, erholdt ved anaerob gjæring av et kulturmedium ved varmebehandling og fraskillelse av kloakkslammet, som er kjennetegnet ved at

- a.) dets innhold av rå protein er >50 vekt%, og
- b.) det vannoppløselige totale vitamininnhold er >1000 γ/g.

De gunstige virkninger erholdt ved bruk av oppfinnelsen er følgende:

et stoff - kloakkslam - nyttiggjøres ved hjelp av oppfinnelsen, opparbeides til et verdifullt produkt med høyt protein- og vitamininnhold eller metallinnhold egnet til dyrefôr, hvilket stoffs lagring eller eliminering på en eller annen måte har vært en stor belastning, mer eller mindre et uløselig problem i kloakkrensningen. Elimineringen av dette alvorlige hygieniske miljøbeskyttelsesproblem var således vellykket ved fremstilling av et sterilt produkt, fremragende egnet som dyrefôr av hittil ikke be-

nyttede, ødslede protein- og vitaminkilder ved ikke bare reduksjon av omkostningene ved kloakkrensningen, men også produksjon av nye verdier. Investerings- og driftsutgiftene for utstyret er relativt lave sammenlignet med det oppnådde resultat. Etter slambehandling gjenstår intet skadelig ekstra biprodukt av noe slag. Ytterligere en fordel er at produksjonen av biogass med høyt energi-innhold til og med økes ved gjæringen av slamvannet.

Tabell 1 viser en sammenligning av sammensetningen av hovedproduktet fremstillet ved fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen (se følgende eksempler 1, 5, 6 og 7) og egnet til dyrefôr med sammensetningen hos råtnet kloakkslam som må fjernes og som kommer fra den konvensjonelle kloakkrenseprosess. Disse data demonstrerer vel betydningen av det resultat som oppnåes med oppfinnelsen.

| <u>Tabell 1</u>             |     | Anaer-<br>robt ut-<br>gjæret<br>kloakk-<br>slam | Hovedprodukt fremstillet |       |        |        |
|-----------------------------|-----|-------------------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|
|                             |     |                                                 | Eksempler                |       |        |        |
|                             |     |                                                 | 1                        | 5     | 6      | 7      |
| Total tørrsubstans          |     |                                                 |                          |       |        |        |
| g/100 g gjærevæske          |     | 10,2                                            | 2,5                      | 2,56  | 2,40   | 2,38   |
| Råprotein i % av            |     |                                                 |                          |       |        |        |
| tørrsubstans                |     | 17,7                                            | 69                       | 71    | 64     | 63,5   |
| Gjørbar protein i           |     |                                                 |                          |       |        |        |
| % av råprotein              |     | 24,8                                            | 53                       | 56    | 51     | 58     |
| Vitaminer: γ/g tørrsubstans |     |                                                 |                          |       |        |        |
| vitamin B <sub>1</sub>      | γ/g | 0,60                                            | 17,2                     | 8,2   | 22,0   | 15,5   |
| vitamin B <sub>2</sub>      | "   | 1,42                                            | 150,0                    | 124,0 | 210,0  | 130,0  |
| vitamin B <sub>6</sub>      | "   | 3,45                                            | 187,0                    | 130,0 | 150,0  | 850,0  |
| vitamin B <sub>12</sub>     | "   | 5,40                                            | 85,0                     | 35,0  | 55,0   | 38,0   |
| Nikotinsyre                 | γ/g | 2,0                                             | 160,0                    | 120,0 | 167,0  | 125,0  |
| Cholinklorid                | "   | 0,098                                           | 1100,0                   | 985,0 | 1180,0 | 1510,0 |
| Biotin                      | "   | 0,51                                            | 12,5                     | 25,0  | 250,0  | 17,0   |
| Pantotensyre                | "   | 14,5                                            | 125,0                    | 98,0  | 374,0  | 285,0  |

Oppfinnelsen er videre beskrevet i detalj under henvisning til de vedføyede tegninger. Tegningene viser utstyret til utførelse av fremgangsmåten, og diagrammet viser materialstrømmene.

Tegningene viser følgende:

Fig. 1 er en skjematisk sidetegning av en utførelsesform av utstyret.

Fig. 2 er et flyteskjema som knytter seg til et konkret eksempel på fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen.

Fig. 1 inneholder også pilene som antyder strømmingen av materiale i de rør som forbinder apparatenhetene såvel som inn-tak og utslipp, hvorigjennom de tekniske prosesser lett kan følges.

Råtningstanken 1 er en del av et komplett kloakkrense-anlegg - andre deler av anlegget vises ikke. Råslaminntak 2 og utløpet 3 er tilknyttet råtnetanken. Uttaket 3 fører den biogass som utvikles under den anaerobe gjæringsprosess til lagerbeholderen (ikke vist).

Råtnetanken 1 er forbundet med lagertanken 7 gjennom ledningen 6 som inneholder sentrifugalpumpen 5. Lagertanken 7 er forbundet gjennom ledningen 8 med varmeveksleren som i sin helhet er markert med referansenummer 9. Sentrifugalpumpen 10 er i ledningen 8. Varmeveksleren 9 inneholder varmevekselenhetene 11 og 12. Varmevekselenheten 12 varmer opp og enheten 11 kjøler ned kloakkslammet, følgelig går dampledningen 13 inn i enheten 12. Varmevekslerne 11, 12 er forbundet med hverandre gjennom ledninger 14, 15 resp., mens ledning 16 forbinder varmevekslerenheten 11 med sedimentasjonsbeholderen 17 i hvilken omrøringsbladet 17a er anordnet.

Sedimentasjonstanken 17 står i forbindelse med reagensoppløsnings-apparatet (duplicator) 20 gjennom ledning 19 som inneholder sentrifugalpumpen 18. Vanninntaksledningen 21 går inn i ledning 19.

Den nedre del av sedimentasjonstanken 17 er utstyrt med en rørgren 22 forbundet med sentrifugalpumpen 23. Rør 24 kommer med flere utløpsarmer fra den øvre del av den stillestående beholder 17 og går inn i ledning 22 foran pumpen 23.

Utløpsledning 24 forgrener seg fra sentrifugalpumpen 23 og går inn i dekanteringssentrifugen 28. Ledning 25 er en gren-

ledning fra ledning 24 foran sentrifugen 28. Ledningen 25 går inn i beholder 26 for å samle opp slamvannet (se fig. 1 nederst til venstre). Ledningene 27 og 28a har et uttak fra dekanteringssentrifugen 28. Ledning 27 går inn i ledning 25, mens ledning 28a forbinder sentrifugen med lagertanken for konsentrat 29. Konsentratlagerbeholderen er utstyrt med en omrører 29a.

Konsentratlagertanken 29 er forbundet med den roterende tørkeovn 32 gjennom ledning 31 med sentrifugalpumpen 30. Under utløpsåpningen fra ovn 32 står homogeniseringsapparatet 33, og nedenfor denne står sekkevekten 34.

Beholderen 26 for oppsamling av slamvannet og beredning av kulturmediet står også i forbindelse med den senkede beholder 35 gjennom ledning 37 med sentrifugalpumpen 36; dampledning 38 og vannledning 39 fører inn i beholder 35.

Beholder 26 er gjennom ledning 42 i forbindelse med lagerbeholderen 40, som inneholder den methanol som er nødvendig for fremstilling av kulturmedium. I ledning 42 står den selvtettende pumpe 41 (f.eks. "SIHI"-type selvtettende methanolpumpe). Beholder 26 inneholder omrører 26a eller lignende utstyr.

Beholder 26 er forbundet gjennom ledning 44 med sentrifugalpumpe 43 til et gjæreapparat 45, til hvilket ledning 45a kommer inn for matning av leskende materiale - fortrinnsvis anaerobt utgjæret kloakkslam. Den utgående ledning 46 er for uttak av biogass, mens ledning 48 med sentrifugalpumpen 47 leverer fermenteringsvæske til lagertank 49 med omrører 49a eller lignende utstyr. Ledning 52 med sentrifugalpumpe 51 er for levering av fermenteringsvæske fra beholder 49 til separatoren 50. Biomassen går fra separatoren 50 inn i lagertank 53 gjennom ledning 54, mens ledning 55 tjener til retur av slamvann som skilles i separatoren, til kloakkrensianlegget.

Ledning 57 med sentrifugalpumpen 56 utgår fra beholder 53 og fører inn i den øvre del av det pulveriserende tørkeapparat 58. Homogeniseringsapparatet 59 befinner seg under det pulveriserende tørkeapparat med sekkevekten 60 nedenfor.

Sluseventiler eller lignende kjent utstyr tilhører utstyret på de nødvendige steder og i nødvendig antall, men er utelatt fra tegningen for å oppnå bedre klarhet, dog vil deres plassering og øyemed være opplagt for fagmannen.

Det anaerobt råtnede kloakkslam behandles med utstyret ifølge fig. 1 på følgende måte:

Det anaerobt råtnede kloakkslam (utgjæret ved 33-35°C i råtnetanken 1) leveres ved hjelp av sentrifugalpumpe 5 til lagerbeholder 7 og derfra til varmeveksler 9 med sentrifugalpumpen 10.

Volumet av råtnetanken 1 er ca. 10 ganger så stort som det volum råslam som leveres daglig under kloakkrensningen. Før man mater inn råslam fra råtnetank 1, fjerner man alltid tilsvarende mengde kloakkslam. Disse arbeidstrinn kan utføres likt og intermittert, halvkontinuerlig eller kontinuerlig; med halvkontinuerlig menes at fjerning og innmatning utføres en gang daglig eller hver 8 - 12 timer.

Hvis nødvendig vedlikeholdes temperaturen i råtnetank 1 innen det gitte 30 - 35°C ved kjøling eller oppvarmning. Den foretrukne pH-verdi for anaerob gjæring er 7 - 8, som i tilfelle av surgjøring kan reguleres med tilsetning av en base, fortrinnsvis kalkmelk.

Når kloakkslammet passerer gjennom enhetene 11 og 12 på varmeveksler 9, oppvarmes det først ved 80°C, fortrinnsvis ved 100 - 150°C, og kjøles så ned til ca. 40 - 80°C, og leveres til sedimentasjonsbeholderen 17. Mikroorganismefloraen i kloakkslammet inklusive de patogene bakterier tilintetgjøres gjennom denne varmebehandling, med andre ord blir slammet sterilisert. Et ytterligere resultat av varmebehandlingen er at slammet blir lettere å fortykke, mens slamvannet vil være i en fordelaktigere tilstand for den videre behandling. I oppvarmningsområdet fordrer lavere temperaturverdier lengere oppvarmningstid, mens høyere temperaturer krever kortere oppvarmningstid.

I sedimentasjonstanken 17 under oppvarmningsprosessen kan, under intens omrøring av innholdet i tanken, et koaguleringsmiddel som f.eks. uorganiske eller organiske elektrolytter, såsom aluminiumsulfat, jernsulfat eller polyacrylater, polyacrylater, polyacrylamider tilsettes til det nedkjølte slam som inneholder delvis koagulerte svevende faste partikler, med henblikk på å lette adskillelse av disse partikler. Kolloider med amfotær oppførsel (f.eks. naturlige limstoffer) eller organiske ikke-elektrolytter (f.eks. stivelse) kan også benyttes som

koaguleringsmiddel [Flockungsmittel in Wasseraufbereitungstechnik, Chem. Rdsch./Solothurn/20, 673 - 677 (1967)]. Ved valg av koaguleringsmiddel er det en fundamental betingelse at det ikke må forstyrre utnyttelsen av sluttproduktet som frtilsetningsmiddel; således er den lett nedbrytbare I.C. Clearflock AN 10 å foretrekke som koaguleringsmiddel. Koaguleringsmidlet tilsettes kloakkslammet i form av en vannoppløsning, hvorefter følger avsetning i fortrinnsvis 2 - 6 timer, således er bruk av aluminiumsulfatopplsning også fordelaktig som koaguleringsmiddel. Det bemerkes at i visse tilfeller kan tilsetning av koaguleringsmiddel utelates, da sedimentasjon i beholderen 17 foregår selv uten den.

Det avsatte slam fra den nedre del av beholderen 17 og det overliggende klare slamvann fra den øvre del av beholderen fjernes begge deler med sentrifugalpumpen 23, hvorved selvfølgelig de ventiler (ikke vist) som sitter i ledningene må betjenes efter behov. Det dekanterte slamvann leveres gjennom ledning 25 til beholder 26, mens slammet føres gjennom ledning 24 til dekanter-sentrifugen 28.

Med den beskrevne dekanteringsoperasjon fåes et konsentrat med ca. 30 - 50 volum% og et slamvann med 50 - 70 volum% fra slammet ved en konsentreringseffekt på 0,90 - 0,95: tørrsubstansinnhold i det førstnevnte er ca. 12 - 18 %, og i det sistnevnte 0,5 - 1,0 %.

Konsentratet avvannes ytterligere i sentrifugen, hvorved man får 30 - 50 volum% konsentrat og en ny mengde slamvann; tørrsubstansinnhold i konsentratet er 30 - 40 %.

Dette konsentrat med høyt tørrsubstansinnhold leveres gjennom ledning 28 til lagertanken 29 for konsentrat og derfra med sentrifugalpumpen 30 til den roterende tørkeovn, hvor det tørkes og/eller oppvarmes inntil det er fritt for organisk material. Tørkingen foregår ved maksimum 150°C, fordi de verdifulle proteiner ville bli ødelagt ved høyere temperaturer. Det tørkede gods benevnes biprodukt I, det oppvarmede material er biprodukt II. Begge produkter er verdifulle: proteininnholdet i det førstnevnte er betydningsfullt, mens det sistnevnte har et høyt metallinnhold og resultatet derav er at de enten hver for seg eller blandet med hverandre og/eller med andre materialer - som f.eks. med hovedpro-

duktet fra prosessen i den foreliggende oppfinnelse - kan anvendes til dyrefôr. Blandings- og tilsetningstrinnene kan utføres nøyaktig med hjelp av homogenisatoren 33 og sekkevekten 34.

Det slamvann som fremkommer som følge av dekanteringen i sentrifugen 28, føres gjennom ledning 27 inn i samme ledning 25, hvorigjennom slamvannet erholdt i sedimentasjonstanken ble ledet til lagertanken 26. Med slamvannet som fåes fra de to kilder produseres et kulturmedium egnet til gjæring i beholder 26 på en slik måte at det fra beholder 35, som en kilde for nitrogen, tilsettes en gjødningsoppløsning til slamvannet, fortrinnsvis en oppløsning som hovedsakelig inneholder uorganisk ammoniakksalt, og fra beholder 40 en alkohol med 1 - 3 carbonatomer, fortrinnsvis methanol, tilsettes som kilde for carbon med den selvtettende pumpe 41 gjennom ledning 42 samt vekstfaktorer kjent og benyttet ved gjæring tilsettes gjennom ledning 37. Ammoniumhydrogencarbonat, diammoniumhydrogenfosfat eller ammoniumnitrat kan fortrinnsvis benyttes som uorganisk ammoniumsalt, eller en blanding av disse salter. Som gjærnæring kan brukes f.eks. melasse, glycol, gjær, fortrinnsvis hydrolysat av overgjær, magnesiumklorid etc. Hvis der under gjæringen produseres ikke bare biomasse med høyt proteininnhold, men også et på vitaminer rikt, gunstig brukbart hovedprodukt, kan også de kjente befordringsmidler for vannoppløselige vitaminer tilsettes. Slike befordringsmidler kan være pimelinsyre, nikotinsyre etc.

Methanolen i kulturmediet tjener praktisk talt som et selektivt steriliseringsmiddel med hensyn til patogene bakterier fordi den - samtidig som den befordrer dannelsen av andre bakteriearter - også forhindrer utvikling av patogene bakterier.

Kulturmediet fremstillet i tank 26 ved hjelp av omrøreren 26a pumpes gjennom ledning 44 til gjæringstanken 45 med sentrifugalpumpen 43, til hvilken der tilsettes podningsmiddel - fortrinnsvis anaerobt råtnet kloakkslam tatt fra råtnetank 1 - gjennom ledning 45a, mengden av podningsmiddel er ca. 1/10 - 1/20-del av gjæringstankens arbeidsvolum. Gjæringstankens 45 kapasitet er lik kapasiteten hos råtnetanken 1. Her forgjæres den podede kultur alene ifølge den kjente anaerobe metode, og den biogass som utvikles, føres inn i gassbeholderen (ikke vist) gjennom ledning 46. Under gjæringsprosessen holdes 32°C, og beholderens

innhold blandes hver 8. time. Etter oppfyllingen av gjærings-tanken 45 (ca. 5-10 dager) utvikles den mikroflora som er nødvendig for fremstilling av cellulært protein; dette etterfølges av fortrinnsvis kontinuerlig eller halvkontinuerlig gjæring. I tilfelle halvkontinuerlig gjæring leveres minst én gang pr. døgn ca. 10 volum% av fermenteringsvæsken til lagertank 49 ved sentrifugal-pumpen 47 og samtidig - eller med noen forsinkelse - leveres samme mengde kulturmedium til gjæringstanken 45.

Fermenteringsvæsken føres fra beholder 49 til separatoren 50 hvor biomassen skilles fra fermenteringsvæsken. Som følge av separeringstrinnet dannes et slamvann med 80-90 volum%, som tilbakeføres gjennom ledning 55 til det biologiske kloakkrensingsanlegg. Dette kan gjøres så meget lettere fordi  $BOI_5$ -verdien til den på celler fattige fermenteringsvæske som står tilbake etter separeringen av biomassen, er 120-150, slik at den neppe belaster det biologiske kloakkrensingsanlegg. Den  $BOI_5$ -verdi som finnes i slamvannet etter sentrifugekonsentrering i de konvensjonelle kloakkrensingsprosesser, er så høy at man må regne med den ved dimensjonering av det biologiske renseanlegg.

Konsentratet - biomassen - erholdt fra separasjonen av fermenteringsvæsken og som oppgår til 10-20 volum% av den uttatte fermenteringsvæske, føres til konsentratbeholderen 53, hvorfra den pumpes gjennom ledning 57 til sprøytetørker 58, kjent i seg selv, ved hjelp av sentrifugalpumpen 56. Det materiale som fåes ved tørkettrinnet, er prosessens hovedprodukt og inneholder ca. 70% råprotein og en betydelig mengde vannoppløselig vitamin. Biomassens stabiliserende effekt i forbindelse med tørkingen må betones, og resultatet herav er at ødeleggelse av den ellers så hurtig nedbrytbare biomasse forhindres, med andre ord blir biomassen praktisk talt bevart og fremkommer i en tilstand som gjør den forpakkbart, transporterbar, lagringsdyktig og egnet til føring.

Oppfinnelsen er beskrevet i detalj ved de følgende eksempler, hvor benevnelser og tallhenvisninger fra fig. 1 vil bli benyttet.

#### Eksempel 1

Flyteskjema til dette eksempel vises i fig. 2.

30 m<sup>3</sup> råslam mates daglig inn i råtnetank 1 med 300 m<sup>3</sup>

arbeidsvolum. Gjæringen utføres ved anaerobisk metode ved 30 - 35°C og pH-verdi 7 - 8. I overensstemmelse med påmatningen taes 30 m<sup>3</sup> kloakkslam ut daglig. Kloakkslammet inneholder en betydelig mengde uorganisk og organisk material, dets totale tørrstoffinnhold er gjennomsnittlig 7 %.

De 30 m<sup>3</sup> kloakkslam som taes ut pr. døgn sendes gjennom en varmeveksler 9, hvor det varmebehandles på den måte at det først oppvarmes til 100°C 15 minutter, og siden kjøles til 60°C. Det varmebehandlede slam føres inn i sedimenteringsbeholderen 17 hvor 60 kg Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> x 18 H<sub>2</sub>O oppløst i 300 liter vann tilsettes. Utfellingen som oppstår, fester seg til de flytende faste partikler i det varmebehandlede, utgjærede slam, dvs. det koagulerer. Det behandlede slam får synke 4 timer; på den måte kan 60 % av totalvolumet dekanteres som slamvann (nedenfor betegnet "sv" i fig. 2). Under dekanteringsoperasjonen fåes 18 m<sup>3</sup> slamvann inneholdende 0,54 % oppløst tørrsubstans (tørrsubstans = 0,1 t) og 12 m<sup>3</sup> konsentrat med 16,7 % tørrsubstans (tørrsubstans = 2,0 t).

Slamvannet pumpes til en 50 m<sup>3</sup> lagerbeholder. Konsentratet ledes inn i en dekanteringscentrifuge 28, hvor ytterligere avvanning utføres; på den måte fåes 5,4 m<sup>3</sup> konsentrat med 35 vekt% tørrsubstansinnhold (tørrsubstans = 1,9 t) fra det med aluminiumsulfat behandlede, utgjærede slam. Det sistnevnte tørkes ved 140°C i en roterende tørke 32 med regulerbar temperatur, hvorved man får 1,77 t "Biprodukt I" med 10 % fuktighetsinnhold.

Sammensetningen av "Biprodukt I" henført til dets tørrsubstansinnhold er som følger:

|                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| total organisk substans          | 59 %                   |
| herav råprotein                  | 18 %                   |
| aske med metalloxyder            | 41 %                   |
| kationinnhold oppløselig i syrer |                        |
|                                  | Fe <sup>2</sup> 2,1 %  |
|                                  | Cu <sup>2</sup> 0,18 % |
|                                  | Zn <sup>2</sup> 0,25 % |
|                                  | Mn <sup>2</sup> 0,35 % |
|                                  | Mg <sup>2</sup> 0,30 % |
|                                  | Co <sup>2</sup> 0,10 % |
|                                  | Ca <sup>2</sup> 3,2 %  |
| Total                            | P. 2,8 %               |

Følgende materialer oppløst i  $5,4 \text{ m}^3$  vann tilsettes til slamvannet ( $24,6 \text{ m}^3$ ) og blandes i beholder 26:

|     |    |                          |
|-----|----|--------------------------|
| 300 | l  | methanol                 |
| 36  | kg | ammoniumhydrogenkarbonat |
| 6   | "  | diammoniumhydrogenfosfat |
| 12  | "  | glycin                   |
| 12  | "  | melasse                  |
| 0,6 | "  | magnesiumklorid          |
| 2   | "  | gjær (hydrolysat)        |

Slamvannet og oppløsningen blandes sammen i den  $50 \text{ m}^3$  store lagerbeholder 26, hvorved man får det gjærbare kulturmedium som skal pumpes til den tomme beholder som har  $300 \text{ m}^3$  arbeidsvolum, inn i gjærtanken 45, inn i hvilken  $30 \text{ m}^3$  anaerobisk utgjæret kloakkslam - nylig uttatt fra kloakkrenseanlegget, som arbeider på konvensjonell måte - pumpes. Gjærtankens 45 temperatur holdes ved  $32^\circ\text{C}$ , og dets innhold blandes om hver 8.time.

For en enkel oppkjøringsoperasjon av gjærtanken 45 fortsettes innmatning av slamvann med de nevnte materialer og av de  $30 \text{ m}^3$  utgjæret kloakkslam som podningsmiddel i 5 døgn.

Fra og med det 6.døgn drives gjærtanken, oppkjørt som beskrevet ovenfor, halvkontinuerlig ved å ta ut  $30 \text{ m}^3$  fermenteringsvæske før innmatning, og siden mate inn de følgende materialer oppløst i  $5,4 \text{ m}^3$  vann og tilsatt  $24,6 \text{ m}^3$  slamvann (se også høyre side av fig. 2):

|      |    |                          |
|------|----|--------------------------|
| 1500 | l  | methanol                 |
| 180  | kg | ammoniumhydrogenkarbonat |
| 30   | "  | diammoniumhydrogenfosfat |
| 60   | "  | glycin                   |
| 60   | "  | melasse                  |
| 3    | "  | magnesiumklorid          |
| 12   | "  | gjær (hydrolysat)        |

I det følgende fortsettes gjæringen halvkontinuerlig i 24 timers perioder ved å ta ut  $30 \text{ m}^3$  fermenteringsvæske og tilsette  $30 \text{ m}^3$  kulturmedium. (Utspedningsraten er  $0,1 \text{ dag}^{-1}$ ). De uttatte  $30 \text{ m}^3$  fermenteringsvæske holder 2,5% total tørrsubstans (tørrsubstans = 750 kg). Tørrsubstansen inneholder bakteriemassen (biomasse) anriket på methanol og andre materialer. Biomassen skilles fra fermenteringsvæsken i separatoren 50.  $2,23 \text{ m}^3$  konsentrat (biomasse) med 30 vekt% tørrsubstans (tørrsubstans = 670 kg) og  $27,7 \text{ m}^3$  slamvann med 0,3 vekt% oppløst tørrsubstans (tørrsubstans = 80 kg) fåes fra  $30 \text{ m}^3$  fermenteringsvæske, mens

Biomassen tørkes i sprøytetørker 58. Mengden "hovedprodukt" som fås er 627 kg pulver med 10 % fuktighetsinnhold.

|                         |        |     |
|-------------------------|--------|-----|
| Råprotein               | 69     | %   |
| Vitaminer:              |        |     |
| vitamin B <sub>1</sub>  | 17,2   | γ/g |
| vitamin B <sub>2</sub>  | 150,0  | "   |
| vitamin B <sub>6</sub>  | 187,0  | "   |
| vitamin B <sub>12</sub> | 85,0   | "   |
| nikotinsyre             | 160,0  | "   |
| cholinklorid            | 1100,0 | "   |
| pantotensyre            | 125,0  | "   |

Fremgangsmåten er den samme som beskrevet i eksempel 1 med den forskjell at kloakkslammet som ledes inn i varmeveksleren holdes ved 120°C i 5 minutter. Mengden av komposisjonen av "Biprodukt I" og "Hovedprodukt" er den samme som oppgitt i eksempel 1.

Fremgangsmåten er den samme som beskrevet i eksempel 1, med den forskjell at 30 kg IC Clearfloc AN 10 oppløst i 3000 liter vann tilsettes til koaguleringen av varmebehandlet kloakkslam (organisk, anionisk, lett nedbrytbar polyelektrolytt).

|                |           |
|----------------|-----------|
| "Biprodukt I"  | 1,88 tonn |
| "Hovedprodukt" | 0,71 tonn |

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| "Biprodukt I"                       |      |
| Totalt organisk material:           | 52 % |
| herav råprotein                     | 21 % |
| aske inneholdende metall-<br>oxyder | 48 % |

155236

16

|                                  |                  |        |
|----------------------------------|------------------|--------|
| Kationinnhold oppløselig i syre: | Fe <sup>2+</sup> | 2,5 %  |
|                                  | Cu <sup>2+</sup> | 0,09 % |
|                                  | Zn <sup>2+</sup> | 0,31 % |
|                                  | Mn <sup>2+</sup> | 0,29 % |
|                                  | Co <sup>2+</sup> | 0,09 % |
|                                  | Ca <sup>2+</sup> | 3,5 %  |
| Total                            | P                | 3,0 %  |

Sammensetningen av "Hovedprodukt" er den samme som i eksempel 1.

#### Eksempel 4

Fremgangsmåten er den samme som i eksempel 1, med den forskjell at i stedet for 1500 liter methanol bare tilsettes 600 liter methanol pr. døgn til kulturmediet og gjæringen utføres halvkontinuerlig. Mengde "Biprodukt I" såvel som dets sammensetning er den samme som i eksempel 1.

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Mengde "Hovedprodukt"             | 450 kg  |
| Sammensetning av "hovedprodukt":  |         |
| Råprotein                         | 64 %    |
| Vitaminer: vitamin B <sub>1</sub> | 12 γ/g  |
| vitamin B <sub>2</sub>            | 53 "    |
| vitamin B <sub>6</sub>            | 154 "   |
| nikotinsyre                       | 112,0 " |
| cholinklorid                      | 34,0 "  |
| biotin                            | 3,2 "   |
| pantotensyre                      | 63,5 "  |

#### Eksempel 5

Når det gjelder fremstilling av "Biprodukt I" er fremgangsmåten den samme som beskrevet i eksempel 1. Ved fremstilling av "Hovedprodukt" tilsettes 120 kg ammoniumhydrogenkarbonat og 120 kg ammoniumnitrat daglig til kulturmediet av gjæringen i stedet for de 180 kg ammoniumhydrogenkarbonat som er angitt i eksempel 1. I fortsettelsen er fremgangsmåten den samme som i eksempel 1.

Mengde og sammensetning av "Biprodukt I" er den samme som beskrevet i eksempel 1.

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Mengde "Hovedprodukt"             | 1050 kg |
| Sammensetning:                    |         |
| Råprotein                         | 71 %    |
| Vitaminer: vitamin B <sub>1</sub> | 8,2 γ/g |
| vitamin B <sub>2</sub>            | 124,3 " |
| vitamin B <sub>6</sub>            | 130,0 " |
| vitamin B <sub>12</sub>           | 35,0 "  |
| nikotinsyre                       | 120,0 " |
| cholinklorid                      | 985,0 " |
| biotin                            | 25,0 "  |
| pantotensyre                      | 98,0 "  |

Eksempel 6

Med hensyn til fremstilling av "Biprodukt I" er fremgangsmåten den samme som i eksempel 1. For fremstillingen av "Hovedproduktet" tilsettes 2 kg pimelinsyre - som befordringsmiddel - daglig til kulturmediet av gjæringen. I fortsettelsen er fremgangsmåten den samme som i eksempel 1.

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| Mengde "Hovedprodukt"             | 755 kg   |
| Sammensetning:                    |          |
| Råprotein                         | 64 %     |
| Vitaminer: vitamin B <sub>1</sub> | 22,0 γ/g |
| vitamin B <sub>2</sub>            | 210,0 "  |
| Vitamin B <sub>6</sub>            | 150,0 "  |
| Vitamin B <sub>12</sub>           | 55,0 "   |
| nikotinsyre                       | 157,0 "  |
| cholinklorid                      | 1180,0 " |
| biotin                            | 250,0 "  |
| pantotensyre                      | 374,0 "  |

Eksempel 7

Med hensyn til fremstilling av "Biprodukt I" er fremgangsmåten den samme som i eksempel 1.

For fremstilling av "Hovedprodukt " tilsettes 5 kg nikotinsyre - som befordringsmiddel - til kulturmediet av gjæringen. I fortsettelsen er fremgangsmåten den samme som i eksempel 1.

Mengde og sammensetning av "Biprodukt I" er den samme som i eksempel 1.

155236

18

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| Mengde "Hovedprodukt"             | 685 kg   |
| Sammensetning:                    |          |
| Råprotein                         | 63,5 %   |
| Vitaminer: vitamin B <sub>1</sub> | 15,5 γ/g |
| vitamin B <sub>2</sub>            | 130,0 "  |
| vitamin B <sub>6</sub>            | 850,0 "  |
| vitamin B <sub>12</sub>           | 38,0 "   |
| nikotinsyre                       | 125,0 "  |
| cholinklorid                      | 1510,0 " |
| bitotin                           | 17,0 "   |
| pantotensyre                      | 285,0 "  |

Eksempel 8

Uttaket, varmebehandlingen og fraskillelsen av kloakk-slammet utføres på samme måte som beskrevet i eksempel 1. Konsen-tratet oppvarmes ved 500°C (se nederst til venstre på flyteskjema-et i fig. 2). Således erholdes "Biprodukt II". Med hensyn til fremstilling av "Hovedproduktet" er fremgangsmåten den samme som i eksempel 1. Mengde og sammensetning av "Hovedprodukt" er identi-ske med dem i eksempel 1.

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| Mengde "Biprodukt II"                        | 1,05 tonn |
| Sammensetning: Innhold av orga-nisk material | 0,0 %     |
| Kationinnhold oppløselig i syre:             |           |
| Fe <sup>2+</sup>                             | 5,12 %    |
| Cu <sup>2+</sup>                             | 0,43 %    |
| Zn <sup>2+</sup>                             | 0,61 %    |
| Mn <sup>2+</sup>                             | 0,87 %    |
| Mg <sup>2+</sup>                             | 0,73 %    |
| Co <sup>2+</sup>                             | 0,24 %    |
| Ca <sup>2+</sup>                             | 7,8 %     |
| Total P                                      | %         |

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for fremstilling av biomasse og fermenteringsvæske fra anaerobt utråtnet kloakkslam dannet hovedsakelig under kommunal kloakkrensning, inneholdende organiske forurensninger, k a r a k t e r i s e r t v e d a t

- a.) det utråtnede kloakkslam oppvarmes til minst  $80^{\circ}\text{C}$ , fortrinnsvis til  $100 - 150^{\circ}\text{C}$ , og avkjøles deretter til  $80 - 40^{\circ}\text{C}$ ,
- b.) det varmebehandlede, utråtnede kloakkslam skilles, fortrinnsvis i nærvær av et koaguleringsmiddel, til slamkonsentrat og slamvann,
- c.) et kulturmedium fremstilles ved tilsetning til slamvannet av en alkohol med 1 - 3 carbonatomer, fortrinnsvis methanol, minst ett uorganisk salt inneholdende nitrogen, vannoppløselig vitaminforløper(e) samt vekstfaktorer,
- d.) kulturmediet podes med anaerobt utråtnet kloakkslam,
- e.) det podede kulturmedium fermenteres anaerobt ved  $26 - 38^{\circ}\text{C}$ ,
- f.) biomasse separeres fra fermenteringsvæsken som dannes under fermenteringen.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t biomassen tørkes, fortrinnsvis sprøytetørkes.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t uorganiske eller organiske elektrolytter, kolloider, med amfoter oppførsel eller organiske ikke-elektrolytter anvendes som koaguleringsmiddel.

4. Fremgangsmåte ifølge krav 3, k a r a k t e r i s e r t v e d a t aluminiumsulfat anvendes som koaguleringsmiddel.

5. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t det avvannede slamkonsentrat av det varmebehandlede utråtnede kloakkslam tørkes ved maksimalt  $150^{\circ}\text{C}$ .

6. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det avvannede slamkonsentrat  
av det varmebehandlede utråtnede kloakkslam oppvarmes inntil det  
er fritt for organiske stoffer.
7. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at ammoniumhydrogencarbonat  
og/eller diammoniumhydrogenfosfat og/eller ammoniumnitrat anvendes  
som nitrogenholdig uorganisk salt.
8. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at pimelinsyre anvendes som  
vannoppløselig vitaminforløper,
9. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at nikotinsyre anvendes som  
vannoppløselig vitaminforløper.
10. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at den konsentrerte biomasse  
tørkes til 10 til 20% fuktighetsgehalt.

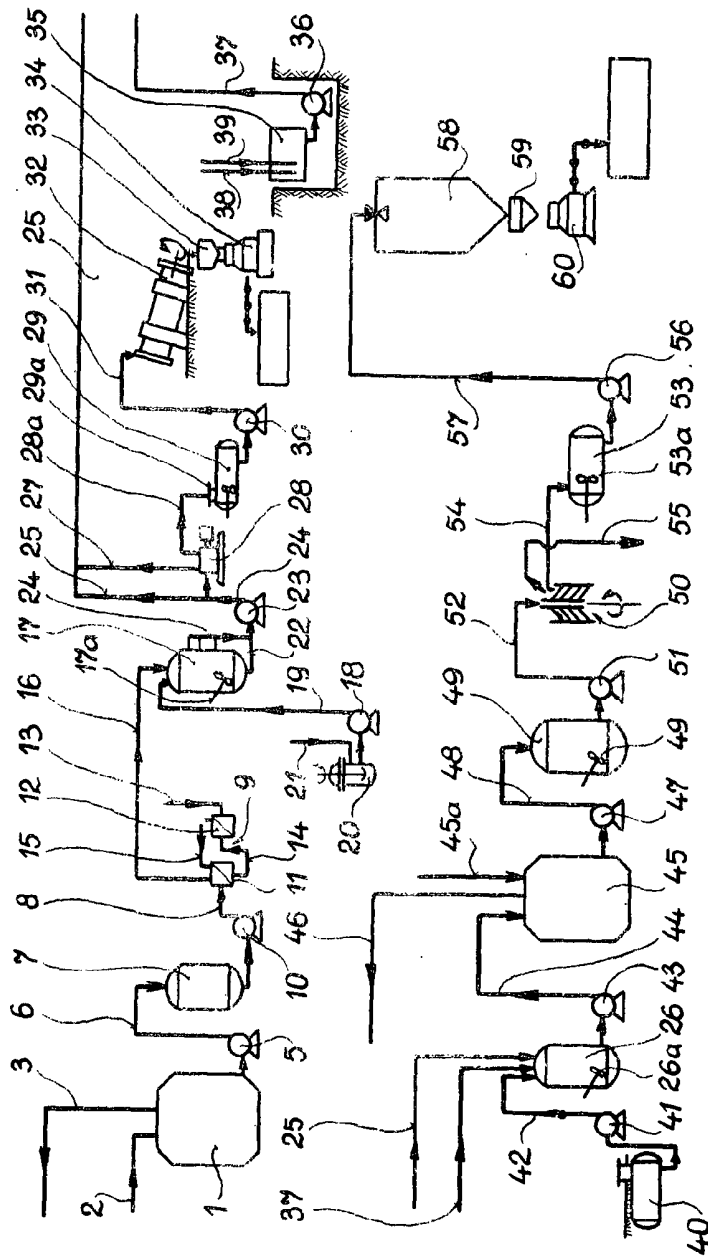


Fig. 1

155236

