



F 1 000112355B



SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 112355 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

28.11.2003

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

C02F 3/10, 3/08

(21) Patentihakemus - Patentansökning

923336

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

22.07.1992

(24) Alkuperäpäivä - Löpdag

22.01.1991

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

22.07.1992

(86) Kv. hakemus - Int. ansökan

PCT/NO91/00007

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

23.01.1990 NO 900316 P

16.07.1990 NO 903174 P

(73) Haltija - Innehavare

1 •Kaldnes Miljöteknologi A/S, P.O. Box 2011, Postterminalen, 3103 Tönsberg, NORJA, (NO)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Ödegaard, Hallvard, Kolstadflata 61 B, 7078 Saupstad, NORJA, (NO)

(74) Asiamies - Ombud: Berggren Oy Ab
Jaakonkatu 3 A, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä ja reaktori veden puhdistamiseksi
Förfarande och reaktor för vatten rening

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

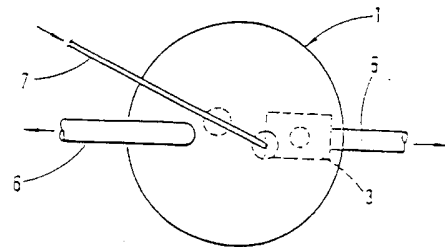
DE 3017439 A,

DR. D. Dengler et al., "Forschungsbericht 02-WA-8538, Einsatz von Schwebekörper zur Erhöhung der Leistungskapazität biol. Kläranlag" Jan. 1988 Bundesministerium für Forschung und Technologie,

W. Hegemann "A combination of the activated sludge process with fixed film biomass" Wat. Sci. Tech., vol. 16 (1984) p. 119-130

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Menetelmä veden puhdistamiseksi, jossa menetelmässä jätevesi johdetaan reaktoriin, jossa on biokalvon kantajia, mikä edistää haluttua epäpuhtauksien muuntumista, ja käytetään kantajia, jotka ovat pieniä elementtejä, joilla on suurempi pinta kuin yhtäsuurilla sileillä elementeillä ja joiden tiheys on välillä 0,90-1,20, normaalisti 0,92-0,98, erityisen edullisesti 0,92-0,96 kg/dm³. Menetelmälle on tunnusomaista se, että biokalvon kantajia pidetään suspendoituneena reaktorissa olevassa vedessä aerobista, hapetonta tai anaerobista veden puhdistusta varten reaktorin käsittäessä sisääntulo- ja poistoputket ja valinnaisesti sekoittimet sekä suuren määrän biokalvon kantajia. Esillä oleva keksintö käsittää myös kyseisen reaktorin.



Förfarande för rening av vatten, vari avfallsvatten matas till en reaktor med biomembranbärare som befordrar önskad medifikation av förereningar, varvid bärare anran-des, som utgörs av små element med större yta än hos lika stora släta element och vars täthet är mellan 0,90 och 1,20, vanligtvis mellan 0,92 och 0,98, företrädesvis mellan 0,92 och 0,96 kg/dm³. Förfarandet kännetecknas av att biomembranbararna hålles suspenderade i vatten i reaktorn för aerob, synefri eller anaerob vattenrening, varvid reaktorn innefattar inlopps- och utloppsrör, och eventuellt omrörare, samt att fort antal biomembranbärare. Föreliggande ansökan innefattar också nämnda reaktor.

Menetelmä ja reaktori veden puhdistamiseksi

Esillä oleva keksintö koskee menetelmää veden puhdistamiseksi ja menetelmässä käytettävää reaktoria.

- 5 Tunnetaan useita erilaisia menetelmiä jäteveden puhdistamiseksi, kuten esimerkiksi mekaaninen liettäminen tai siivilöinti, kemiallinen puhdistus kemikaaleja lisäämällä, esimerkiksi kaasukäsittelemällä otsonilla tai kloorilla. Lisäksi on tunnettua, että vet-
- 10 tä voidaan käsitellä biologisesti, ts. saattaa vesi bakteeriviljelmän kanssa tekemisiin, mikä saa aikaan halutun epäpuhtauksien muuntumisen. Kaikki edellä mainitut menetelmät ovat suurissa määrin yhdisteltävissä toisiinsa.

Esillä oleva keksintö liittyy ongelmiin, joita esiintyy bakteeriviljelmien avulla tapahtuvassa biologisessa puhdistuksessa.

- 15 Biokalvo, jota myöhemmin kuvataan, on bakteeriviljelmäkerros, jossa bakteerit voivat olla aerobisia, hapettomia tai anaerobisen tyyppisiä riippuen siitä, millaista puhdistusta toivotaan.

- 20 Biologisia puhdistusmenetelmiä käytetään ensisijaisesti jäteveden puhdistuksessa, mutta niitä voidaan myös käyttää vesiviljelyjen tai juomaveden puhdistuksessa. Esillä oleva keksintö on käyttökelpoinen kaikilla aloilla, joilla biologisia menetelmiä voidaan käyttää veden ja jätevesien puhdistukseen, erityisesti aerobisissa, biologisissa prosesseissa, joissa reaktorin sisältö hapetetaan ja sekoitetaan ilmastamalla, mutta myös anaerobisissa prosesseissa, joissa reaktorin sisältöä ei ilmasteta, mutta sekoitetaan mekaanisesti tai hydrodynaamisesti.

- 25 Biologisia menetelmiä käytetään laajalti likaantuneen veden puhdistukseen ja niitä on perinteisesti käytetty alentamaan orgaanisen aineen pitoisuutta vedessä, mutta varsinkin viime vuosina on biotekniset menetelmät otettu käyttöön ammoniumin (nitrifikaatio) poistamiseksi vedestä, typen poistamiseksi vedestä denitrifikaation avulla ja fosforin poistamiseksi vedestä.

- 30 Aerobiset ja anaerobiset prosessit eroavat toisistaan siten, että aerobisissa prosesseissa mikro-organismit tarvitsevat happea kun taas mikro-organismeilla, jotka elävät anaerobisissa prosesseissa, täytyy olla hapeton elinympäristö. Suurin osa maapallon puhdistuslaitoksista perustaa toimintansa aerobisiin prosesseihin, mutta anaerobisia prosesseja kohtaan on havaittavissa kasvavaa mielenkiintoa varsinkin liittyen

typen poistoon sekä tässä yhteydessä tapahtuvaan puhdistukseen ja rikastuneiden orgaanisten teollisuuden jätevesien puhdistukseen.

5 Myös biolietemenetelmien ja biokalvomenetelmien välillä on eroa. Biolietemenetelmissä mikro-organismit kelluvat veden pinnalla ja muodostavat yhteenkerääntyneinä lietehiukkasia bioreaktorissa. Aerobisissa biolietemenetelmissä eli aktiivilietemenetelmissä, lietehiukkaset erotetaan vedestä, jonka jälkeen ne johdetaan takaisin bioreaktoriin, ja siten säilytetään biomassan määrä niin suurena kuin mahdollista.

10 Biokalvomenetelmissä mikro-organismit kasvavat määrätyillä pinnoilla bioreaktorissa. Biokalvo paksunee samalla kun mikro-organismit lisääntyvät, ja osa biokalvosta kuoriutuu lopulta pois ja muodostuu uutta biokalvoa. Koska biokalvo on kiinteää ja vesi virtaa sen ympärillä, biomassaa ei tarvitse palauttaa takaisin bioreaktoriin, jotta mikro-organismeja voitaisiin hyödyntää niin paljon kuin mahdollista.

15 Viime aikoina on havaittu lisääntyvää pyrkimystä korvata lietemenetelmien käyttö biokalvomenetelmien käytöllä. Tämä johtuu pääasiallisesti seuraavista seikoista:

a) Biomassan määrää per tilavuusyksikkö saadaan merkittävästi kasvatettua, mikä johtaa siihen, että bioreaktorivolyymi pienenee.

20 b) Biokalvoreaktorit kestävät suuriakin kuorman vaihteluita, myös raakavesikoostumuksissa, mikä tekee biokalvomenetelmät vankemmiksi kuin aktiivilietemenetelmät.

c) Biologisen prosessin katkeamisella ei ole niin suuria dramaattisia seurauksia biokalvomenetelmissä kuin aktiivilietemenetelmissä, bioreaktorista tulevan lietekeeräntymän määrä on paljon alhaisempi.

25 Tämänhetkiset biokalvoreaktorit perustuvat eri menetelmien käyttöön, kuten bio-roottorien (pyörivät biologiset kontaktorit), biologisien suodattimien ja leijukerrosreaktoreiden käyttöön. Biologisia suodattimia on kuvattu esimerkkien avulla patenteissa GB-2 197 308, EP-A2-301 237 ja FR-7 317 859, joissa suodattimissa reaktori on täynnä kiinteitä elementtejä. On myös olemassa biologisia suodattimia, joissa biokalvon kantaja on uponneena veteen ja joissa vettä ilmastetaan, mutta nämä menetelmät perustuvat kiinteään, paikallaan pysyvään kantajaan, tai solukumin kaltaisiin elementteihin, joiden annetaan kellua aktiivilietereaktorissa.

30

Aktiivilietemenetelmillä (lietemenetelmillä) on se haittapuoli, että lietteenerotusta voi olla vaikea kontrolloida riittävässä määrin, josta on seurauksena, että lietettä voi vahingossa hävitä, mikä voi olla hyvin vahingollista vastaanottajalle.

5 Näiden menetelmien toinen ilmeinen haittapuoli on, että reaktorin volyyymi on hyvin suuri, koska biomassan määrä per tilavuusyksikkö pienenee.

Verrattaessa aktiivilietemenetelmää perinteisiin biokalvomenetelmiin (bioroottorit ja biologiset suodattimet) on sillä kuitenkin se etu, että menetelmässä käytetään avointa bioreaktoria, joka ei millään tavoin pääse tukkeutumaan.

10 Bioroottorimenetelmien suurin haittapuoli on, että ne perustuvat tehdasvalmisteisen bioroottorin käyttöön, mikä tekee menetelmästä aika joustamattoman. Monien bioroottorien käytössä on ollut hyvin suuria mekaanisia ongelmia ja jos bioroottori hajoaa, on sitä vaikea sovittaa toiseen menetelmään. On totta, että on olemassa monia esimerkkejä bioroottorireaktoreista, jotka on muutettu biosuodatinreaktoreiksi, mutta tällöin on kyseessä ollut kiinteän suodatinmateriaalin omaava systeemi.

15 Perinteisen biosuodatinmenetelmän (biologinen suodatin), jossa vesi suodatetaan biokalvon kantajan päälle ja jossa hapetus tapahtuu luonnollisella ilmastoinnilla, suurin haittapuoli on, että bioreaktorin volyyymi kasvaa suhteellisen suureksi. Merkittävä epäkohta on myös, että tässä menetelmässä prosessiin syötettäväksi happimääräksi ei voida säätää bioprosessissa käytettävää määrää, joka vastaa orgaanista kuormitusta. Tunnetaan yleisesti, että nämä olosuhteet johtavat siihen, että
20 perinteisillä biosuodattimilla (biologiset suodattimet) on huonompi puhdistuskyky orgaaniselle kuormalle per ala kuin mitä muilla biokalvomenetelmillä.

Eräs toinen biologinen suodatintyyppi on niin kutsuttu veteen uponneena oleva biosuodatin. Sen toimintaperiaate on, että kiinteää biosuodatinmateriaalia pidetään upo-
25 tettuna reaktoriin samalla kun biomassaa hapetetaan ilmastamalla. Uponneena olevan biologisen suodattimen kasvupinta on kiinteä ja koostuu useimmiten aaltomaisista, yhteen liimautuneista muovihiutaleista, jotka muodostavat kuutioita, joita sijaitsevat toistensa päällä rakennustiilien muodossa, tai umpimähkäisesti sijaitsevista, yksittäisistä hiukkasista tai rakeista, jotka ovat kuitenkin kaikki liikkumattomia biosuodattimen käytön aikana. Kiinteän, veteenupotetun biosuodattimen suurin haitta-
30 puoli on, että pääsy biosuodattimen alaosaan on tehty hyvin vaikeaksi. Jos biosuodatin tukkeutuu alaosastaan tai jos ilmastuslaitteet jotka sijaitsevat sen alaosassa, tukkeutuvat, täytyy biosuodatin kokonaisuudessaan ottaa pois vedestä puhdistusta varten. Ongelmana on myös ollut, että kokonaiset biosuodatinosat ovat nousseet veden

pinnalle seurauksena osittaisesta tukkeutumisesta ja suurten ilmataskujen syntymisestä biosuodatinmateriaaliin.

Eräs toinen menetelmä on ns. "leijupeti"bioreaktori-menetelmä. Tämä perustuu siihen, että bioreaktori täytetään hiekalla ja vettä pumpataan bioreaktorin alaosaan sen yläosaan riittävällä nopeudella, jotta hiekka tulisi juoksevaksi. Biokalvo kasvaa hiekanjyväsillä. Tällä menetelmällä voidaan saavuttaa hyvin suuri biomassamäärä per tilavuusyksikkö, koska biokalvolle ominainen kasvuala on suuri.

Menetelmän haittana on se, että se saa aikaan suuria orgaanisia kuormituksia per tilavuusyksikkö. Siten aerobisiin menetelmiin ei voida lisätä tilavuusyksikköä kohden riittävästi happea korvaamaan biomassan käyttämää happea. Käytännössä on ollut myös ongelmia biokalvon erottamisessa hiekanjyväsistä, koska nämä ovat niin pieniä (tyypillisesti 0,4-0,6 mm).

On myös muita menetelmiä, jotka ovat edellä kuvattujen perinteisten menetelmien rajamailla. Useimmilla näistä menetelmistä on päämääränä biokalvoa muodostamalla kasvattaa biomassan määrää per bioreaktorin volyymiyksikkö.

Useimmat näistä vaihtoehtoisista menetelmistä ovat jossakin biokalvomenetelmän ja aktiivilietemenetelmän välillä, joissa menetelmissä liete johdetaan erotuksen jälkeen takaisin jälkiselkeytysaltaasta, jotta saataisiin bioreaktorissa aikaan lieteviljelmä biokalvoviljelmän lisäksi. Tällä tavoin pyritään yhdistämään/käyttämään molempia menetelmiä hyväksi.

Tämä menetelmä on epäsuotuisa, koska

a) lietekerääntymä lietteenerotusaltaassa kasvaa hyvin suureksi, mikä johtaa lietehäviön johdosta suuriin riskeihin vastaanottajalle,

b) lietepartikkelit saavat aikaan orgaanisen rasituksen biokalvoon, joka on todettu useissa tutkimusprojekteissa.

Menetelmän eräs hyvin merkittävä haittapuoli, joka perustuu siihen, että biomassaa kasvaa reaktorissa kelluvien pienten vaahtokumipalasten päällä ja sisällä, on se, että nämä palaset kelluvat niin hyvin, että ne kelluvat bioreaktorissa olevan veden pinnalla ja siten johtavat biomassan ja sisääntulevan substraatin väliseen huonoon kontaktiin. Erääksi toiseksi merkittäväksi haittapuoleksi on osoittautunut se, että biomassaa kasvaa vain palasen pinnalla eikä huokosissa, kuten oli ajateltu. Tämä on

seurausta siitä, että ulkopinnalla oleva biokalvo estää veden ja substraatin pääsyn palasen sisään.

Tohtori D. Dengler et al'in julkaisusta "Einsatz von Schwebekörper zur Erhöhung der Leistungskapazität biol. Kläranlag...", tunnetaan aktiivilietemenetelmän eräs parannus. Siinä käsitellään kierrätyksellä toimivaa aktiivilietemenetelmää, jolla on mahdollista saada korkeampi tavalliseen aktiivilietteeseen nähden suurempi poistonopeus.

Julkaisussa DE 30 17 439 käsitellään tiettyjä modifioituja aktiivilietemenetelmiä jäteveden puhdistamiseksi. Siinä on myös viittaus biokalvomenetelmiin, tarkemmin sanottuna siihen, että meijerien, teurastamoiden ja sentapaisten väkevöidyt jätevedet voitaisiin puhdistaa suspendoituja biokalvokantajia käyttäen ja lietettä kierrättämättä. Tällaista menetelmää ei kuitenkaan ole tutkittu lähemmin eikä sellaista ole julkaisun julkaisuvuoden jälkeen sovellettu käytäntöön. Biokalvokantajat ovat lisäksi julkaisun mukaan onttoja puolipalloja, joissa on väliseinät. Puolipallon muotoiset kantajat aikaansaavat helposti tukkeutumia, koska vesi ei pääse virtaamaan niiden läpi. Tällöin puhdistusmenetelmän tehokkuus vähenee.

Nyt on keksitty, että edellä kuvattujen menetelmien olennaiset haittapuolet saadaan eliminoitua samalla kun kaikkien näiden menetelmien tärkeimmät edut saadaan säilytettyä.

20 Esillä olevassa vedenpuhdistusmenetelmässä käytetään bioreaktorissa uudentyyppistä biokalvon kantajaa, jossa menetelmässä tärkeät bio-organismit voivat kasvaa kantajan pinnalla.

Keksinnön avulla saavutetaan siten menetelmä veden puhdistamiseksi, jossa menetelmässä jäteveden annetaan virrata reaktorin läpi, jossa on kantajia, joiden pinnalla 25 biokalvoa kasvaa, mikä lisää haluttua epäpuhtauksien muuntumista,

ja tälle menetelmälle on tunnusomaista se, että käytetään kantajia, jotka ovat elementtejä, jotka on valmistettu pehmeästä muovista, mahdollisesti kierrätetystä muovista, ja ovat putken kappaleen muotoisia ja sisäisillä väliseinillä varustettuja, joiden kantajien

- 30 a) pinta on vähintään 1,5 kertaa niin suuri kuin yhtä suurten sileiden elementtien pinta,
b) tiheys on suuruusluokkaa 0,90-1,20, tavallisesti 0,92-0,98, erityisesti 0,92-0,96 kg/dm³,

- c) pinnasta osa on suojattu biokalvon kulumista vastaan käytön aikana,
- d) seinät sallivat veden helpon kulun, ja
- e) joiden lineaariset mittavaihtelut ovat suuruusluokkaa 0,2-3 cm, erityisesti 0,5-1,5 cm,

5 jossa menetelmässä biokalvon kantajat pidetään suspendoituneina ja kiertoliikkeessä reaktorissa olevassa vedessä, jossa reaktorissa on sisääntulo ja poisto ja haluttaessa sekoittimet, ja jossa menetelmässä reaktorista poistuvaa lietettä ei palauteta reaktoriin.

10 Kantaja on sopivimmin valmistettu pehmeästä muovista niin, että se ei kuluta toisia kantajia eikä itse reaktoria laitteineen. Koska kysymyksessä on muovi, jonka pitäisi ensisijaisesti olla bakteerikalvon kantaja, voidaan uudelleenkierrätettyä muovia käyttää edullisesti kantajan valmistukseen.

15 Ei ole olemassa muita rajoituksia koskien kantajan muotoa kuin, että sillä siis on vähintään 1,5 kertaa niin suuri pinta kuin yhtä suuren sileän elementin ulkopinta ja edellä määritelty tiheys, jotta se pysyisi suspendoituneena. Sopivat kantajat voivat myös koostua sellaisten putkien palasista, joissa on sisäiset väliseinät. Sekä ulko- et-
20 tä sisäseiniin kuten myös väliseiniin muodostuu halutun bakteeriviljelmän biokalvo-kerros. Yleisesti ottaen pitäisi väliseinien määrän olla niin suuri kuin mahdollista, jotta pinta saataisiin maksimoitua, mutta toisaalta täytyy pitää huolta siitä, että vä-
liseinien väliset raot eivät muodostu niin pieniksi, että ne tukkeutuvat. Kun kantaja on putkenpala, jossa on sisäiset väliseinät, putken seinät voivat sopivasti käsittää si-
25 säänpäin kääntyneet taipeet niin, että ulkoseinään kohdistuu vähemmän hankausta muista kantajista tai reaktorista operaation aikana. Täten kantajan ulkoseinässä ole-
va biokalvo pysyy paremmin koskemattomana. Putkella, jota käytetään kantajan valmistukseen, voi esimerkiksi sopivasti olla ristin muodostavat sisäiset väliseinät. Putken sisällä olevat väliseinät voidaan myös saattaa muodostamaan kennomaisen rakenteen, mutta on mahdollista käyttää toisenlaisiakin rakenteita, joissa on suuri pinta ja helppo kauttakulku.

30 Kantaja on edullisesti kappale suulakepuristettua putkea, jossa on pituussuunnassa väliseinät ja "evät" ulkopuolella. Tällainen kantaja on erityisen edullinen siksi, että se on hyvin helppo valmistaa päinvastoin kuin muilla mahdollisilla menetelmillä, esimerkiksi painevalulla, valmistettu kantaja, jossa menetelmässä jokainen kantaja täytyy valmistaa erikseen. Suulakepuristuksessa putkea suulakepuristetaan ja leikataan sopiviksi palasiksi taukoamatta. Kaikki väliseinät ovat tällöin putken pitkit-

täissuunnassa niin, että riippumatta siitä, mistä kohtaa putkea leikataan, on putki poikkileikkaukseltaan sama.

On lisäksi havaittu olevan edullista, että kantajalla, jolla on sisäiset väliseinät, on myös ulkoseinässään "evät", ollen siten suulakepuristetun putken muodossa, jossa
5 on pituussuuntaiset väliseinät sekä putken kehäpinnan sisä- että ulkopinnalla. Tällä järjestelyllä saavutetaan erityisen suuri pinta suhteellisen vähällä materiaalilla. Putken sisäisten pintojen lisäksi ovat myös ulkoiset pinnat niiden kohtien lähellä, missä "evät" ulkonevat putken kehäpinnalta, suojassa käytön aikana tapahtuvaa biokalvon kulumista vastaan.

10 Sopivan tyyppistä "evillä" varustettua kantajaa kuvataan kuvion 1 läpileikkauskuviossa. Sivulta katsottuna kantaja näyttää neliönmuotoiselta. Tämä on lähes yksinkertaisin kuviteltavissa oleva muoto. Kuvio 2 esittää toisen muotoista kantajaa putken ollessa läpileikkaukseltaan neliönmuotoinen ja varustettu useilla sisäisillä väliseinillä. Tämän suoritusmuodon sovellutusta kuvataan kuviossa 3, jossa sisäseinät kuten
15 myös ulkoseinät ulottuvat putken kehäpinnan yli muodostaen edellä mainitut "evät". Kuten kuviossa 1 kuvataan, tällaisten "evien" ei tarvitse olla sisäseinien tai ulkoseinien jatkeita, vaan ne voivat myös olla itsenäisiä "evii" seinien välissä, mitä on kuvattu esimerkiksi kuviossa 3.

Kantajaa käytetään vedenpuhdistusreaktoreissa siten, että syötetään sopiva määrä
20 kantajia reaktoriin ja puhdistettavaa vettä käsitellään reaktorissa biokalvolla, jota muodostuu ja kasvaa kantajissa saaden aikaan halutun epäpuhtauksien muuntumisen. On edullista käyttää reaktoria, jossa on veden sisääntuloputki pohjassa ja puhetaan veden poistoputki yläosassa, mutta niitä ei tarvita varsinkaan silloin, jos käytetään sopivia sekoittimia ja kierrättimiä. Reaktori on varustettu edullisesti sihdeillä,
25 joissa sihtireikien läpimitta on pienempi kuin kantajan pienin läpimitta, ja täten estetään kantajia karkaamasta reaktorista. Kantajia voidaan helposti pumpata reaktoriin ja ulos siitä ja reaktorin huoltotoimenpiteet eivät keskeytä laitteen käyttöä.

Kantajat ja niiden käyttö sekä reaktori ja keksinnön mukainen menetelmä muodostavat menetelmän, jolla on useita etuisuuksia edellä kuvattuihin, ennestään tunnettuihin menetelmiin nähden:
30

- reaktorivolyymi on täysin avoin ja biokalvon kasvupinta, joka muodostuu kiinteistä, ei-huokoisista hiukkasista, kiertää bioreaktorissa samalla kun hiukkasten ominaispaino on hyvin lähellä $1,0 \text{ kg/dm}^3$:a,

- bioreaktori voi olla kokonaan suljettu ja kantajamateriaali uponneena nesteeseen, mikä mahdollistaa optimaalisen kontaktin vedessä esiintyvien epäpuhtauksien ja kantajissa olevien mikro-organismien välillä sekä täydellisen kontrollin mahdollisiin prosessissa syntyviin hajuihin nähden,

- 5 - bioreaktori voidaan hapettaa ilmastamalla, mikä aikaansaa oikean suhteen hapen kulutuksen ja saannon välillä. Siten orgaaninen kuorma voidaan säätää biomassan kuluttaman kuorman mukaan.

Keksinnön mukainen menetelmä on yhtä edullinen kuin aktiivilietemenetelmä siinä, että reaktori on avoin ja täten ei voi tukkeutua. Lisäksi reaktori voi käytännössä olla
10 minkä muotoinen tahansa.

Esillä oleva menetelmä on erityisen edullinen siinä suhteessa, että kun verrataan sitä muihin biokalvomenetelmiin, niin olemassa olevat aktiivilietemenetelmät voidaan hyvin helposti rakentaa uudelleen niin, että esillä olevan keksinnön mukainen menetelmä voidaan sovittaa jo olemassa oleviin laitteistoihin, jotka perustuvat aktiivi-
15 lieteperiaatteeseen. Tällainen uudelleenrakennus on hyvin monimutkaista, kun kysymyksessä ovat muut biokalvomenetelmät.

Esillä olevan menetelmän ja menetelmän, jossa käytetään uponneena olevaa biosuodatinta, välinen ero on ensisijaisesti siinä, että biokalvon kasvupinta kyseisessä menetelmässä liikkuu bioreaktorissa seurauksena turbulenssista, jonka aikaansaa il-
20 mastaminen tai hydrodynaamiset voimat, samalla kun uponneena olevan biosuodattimen kasvupinta, kuten edellä mainittiin, on liikkumaton ja koostuu tavallisesti yhteenliimautuneista, aaltomaisista muovihiutaleista, jotka muodostavat kuutioita, jotka sijaitsevat toistensa päällä rakennustiilinä, tai yksittäisistä hiukkasista tai rakeista, jotka on sijaitsevat summittaisesti bioreaktorissa, mutta jotka ovat kuitenkin liikkumattomia biosuodattimen toimiessa.
25

Esillä olevassa menetelmässä biosuodattimen suodatinosan tukkeutuminen ei ole mahdollista, koska se ei ole kiinteä vaan liikkuu bioreaktorissa olevien virtausten mukana. Jos reaktorissa olevat ilmastuslaitteet tukkeutuvat, on hyvin helppoa poistaa suodatinosa yksinkertaisesti pumppaamalla se ulos. Vastaavasti se voidaan pum-
30 pata bioreaktoriin prosessin käynnistyshetkellä.

Kun bioreaktoria käytetään anaerobisissa prosesseissa, joissa ei tapahdu ilmastusta, bioreaktoriväliaine altistuu jatkuvalle tai ajoittaiselle sekoitukselle, esimerkiksi propellisekoittimella tai kierrätyspumppauksella tapahtuvalle sekoitukselle. Siten tuk-

keutumisvaara on hyvin pieni päinvastoin kuin silloin, kun käytetään kiinteän paikan omaavaa biosuodatinta, jolloin tukkeutumisvaara on anaerobisessa menetelmässä melko suuri. Reaktorin sisältö voidaan tässä tapauksessa kuumentaa, jotta anaerobisessa prosessissa saataisiin nostettua reaktioarvoja.

- 5 Esillä olevassa menetelmässä voidaan itse määrätä haluttu pinta per tilavuusyksikkö ja tästä johtuen voidaan sisäänjohdettavan hapen määrä säätää vastaamaan täydellisesti hapen kulutusta. Hapen määrää voidaan myös säätää niin, että ilmastukseen voidaan käyttää puhtaan hapen sijasta ilmaa. Osaset, joilla biokalvo kasvaa, ovat suhteellisen suuria ja ne eivät painu pohjaan vaan kiertävät reaktorissa ympäriinsä
10 tai niitä pidetään kiertoliikkeessä niin, että osasten tiheys voidaan määrätä ottamatta huomioon toivottua reaktorin läpi virtaavan veden määrää.

- Keksinnön mukaisessa menetelmässä lietettä ei palauteta takaisin bioreaktoriin, jos halutaan kasvattaa biomassan määrää. Tämä ei kuitenkaan estä sitä, etteikö lietettä voitaisi palauttaa, mikäli menetelmää käytetään esimerkiksi olemassa olevissa aktiivilietelaitteistoissa.
15

Keksinnön erityisenä tavoitteena on saada aikaan reaktorin tilavuusyksikköä suurempi väliaineen hajoamisarvo kuin mikä saavutetaan kilpailevissa menetelmissä, ja siten saavuttaa alemmat kustannukset hajoavan väliaineen painoyksikköä kohden.

- Tämä tavoite saavutetaan antamalla biokalvon kasvaa keksinnön mukaisessa reaktorissa, jonka läpi puhdistettava vesi virtaa.
20

Kun reaktorissa tapahtuu aerobinen biologinen prosessi, reaktorin sisältö ilmastuu. Ilmastuksen kautta kantajat sekoittuvat täysin reaktorivolyymissä ja siten varmistetaan hyvä kontakti biokalvon, joka kasvaa kantajissa, sekä jätevedessä olevan väliaineen välillä.

- 25 Kun bioreaktorissa tapahtuu anaerobinen prosessi, reaktorin sisältöä ei ilmasteta. Reaktorin sisällön perinpohjainen sekoittuminen varmistetaan esimerkiksi mekaanisella sekoittamisella (propellisekoitin) tai reaktorin sisällön kierrätyspumppauksella.

- Kantajat jäävät tavallisesti reaktoriin, kun vesi virtaa reaktorista sihdin läpi ulos, jossa sihdissä on kantajien läpileikkausta pienemmät sihtireiät. Erityisiä käyttötarkoituksia varten, esimerkiksi fosforin biologista poistamista varten, on mahdollista antaa kantajien kulkeutua ulos reaktorista ulosvirtaavan veden mukana, jotta ne siten myöhemmin erotettaisiin vedestä ja palautettaisiin reaktoriin. Näin menetellään
30

silloin, kun halutaan antaa kantajissa kasvavan biokalvon virrata sekä aerobisen että anaerobisen reaktorin läpi.

Sekä aerobisissa että anaerobisissa prosesseissa käytettävät tehdasvalmisteiset reaktorit voivat olla täysin suljettuja. Tämä mahdollistaa sen, että reaktorissa mahdollisesti syntyviä hajuja voidaan täydellisesti kontrolloida. Käytettäessä reaktoria sekä aerobisissa että anaerobisissa menetelmissä vangitaan prosessissa syntyvät poistokaasut ja johdetaan ne ulos reaktorista. Aerobisten prosessien poistokaasut koostuvat ensisijaisesti hiilidioksidista ja pienemmistä määristä muita kaasuja, joita valinnaisesti lasketaan ilmaan erillisen hajunpoistotoimenpiteen jälkeen. Anaerobisissa prosesseissa poistokaasut koostuvat pääasiallisesti metaanista ja hiilidioksidista sekä pienemmistä määristä muita kaasuja. Tällä biokaasulla on korkea lämpöarvo ja tätä sitä voidaan valinnaisesti käyttää energian muodostamiseen.

Kun puhdistuslaitoksia halutaan uusia keksinnön mukaiseen menetelmään soveltuviksi, reaktorin on yleensä oltava avoin, koska voidaan käyttää laitoksissa jo käytössä olevia altaita (esimerkiksi ilmastussäiliöitä aktiivilietelaitteistoissa).

Reaktiossa läsnä olevien kantajien määrä vaihtelee riippuen käyttötarkoituksesta ja saatavilla olevasta reaktorivolyymistä. Määrää säädetään keksinnön mukaan sellaiseksi, että kantajat varaavat 30-70 % reaktorin volyyminsä säiliön ollessa tyhjä.

Kolme kaikkein tärkeintä arvoa, jotka täytyy määritellä bioreaktoria mitoitettaessa, ovat reaktorivolyymi, kantajien määrä per tilavuusyksikkö ja sisään johdettava happimäärä (jos kysymyksessä on aerobinen reaktori).

Itse reaktori voidaan rakentaa mistä tahansa asiaankuuluvista materiaaleista, mutta tehdasvalmisteiset, suljetut reaktorit rakennetaan tavallisesti teräksestä tai galvanoidusta alumiiniprofiilista, kun taas avoimet reaktorit rakennetaan tavallisesti betonista tai teräksestä.

Biokalvoliete voidaan erottaa alavirtaan bioreaktorissa millä tahansa asiaankuuluvalla hiukkaserotustekniikalla, kuten esimerkiksi liettämällä, vaahdottamalla, suodattamalla ja kalvosuodattamalla.

Kuten edellä on yleisesti kuvattu, bioreaktoria voidaan käyttää kaikissa niissä puhdistusmenetelmissä, jotka perustuvat poistettavan aineen biologiseen hajoamiseen.

Yleisimmin käytetään bioreaktoria kuitenkin seuraaviin tarkoituksiin:

- * poistamaan jätevedessä olevia orgaanisia aineita aerobisen reaktion avulla.
 - * poistamaan tiivistyneessä muodossa olevan orgaanisen jätteen orgaanisia aineita anaerobisen reaktion avulla.
- 5 * ammoniakkin hapettamiseen nitriitiksi tai nitraatiksi aerobisen reaktion avulla (nitrifikaatio).
- * typen typettämiseen typpikaasuksi nitriitin ja nitraatin määrää alentamalla anaerobisen (hapettoman) reaktion avulla (denitrifikaatio).
 - * fosforin poistamiseen aerobisen/anaerobisen reaktion avulla.
- 10 Keksinnön edut jäteveden puhdistuksessa ovat seuraavat:
- * Keksinnön mukainen bioreaktori vaatii pienemmän reaktorivolyymien poistaakseen vedestä tietyn painoyksikön epäpuhtautta (orgaaninen aine, ammonium, jne.) kuin olemassa olevat, perinteiset menetelmät, koska biomassaa on enemmän tilavuusyksikköä kohti.
- 15 * Tehdasvalmisteinen bioreaktori on yleensä suljettu, jotta sen avulla pystyttäisiin kontrolloimaan mahdollisia pahalta haisevia kaasuja paremmin kuin perinteisissä ratkaisuissa.
- * Aerobisessa suoritusmuodossa saavutetaan paremmat mahdollisuudet sovittaa hapensyöttö hapentarpeeseen kuin perinteisissä menetelmissä.
- 20 * Biomassan ja syöttöilman suuren kosketuspinnan ansiosta on syytä uskoa, että esillä oleva reaktori pystyy käyttämään happea paremmin hyödykseen kuin perinteiset aktiivilietelaitteistot. Verrattuna aktiivilietemenetelmiin tuo tämä menetelmä mukanaan vähentyneen ilman tarpeen ja siten pienemmät energiakulut esillä olevan reaktorin käynnissä pitämiseksi.
- 25 * Sekä aerobisessa että anaerobisessa menetelmissä käytetään suurin piirtein saman mallisia reaktoreita. Tästä johtuen voidaan aerobinen menetelmä helposti muuntaa anaerobiseksi menetelmäksi ja päinvastoin. Tästä on suunnatonta hyötyä niissä menetelmissä, joissa tarvitaan sekä aerobisia että anaerobisia vaihteita, esimerkiksi menetelmissä typen ja fosforin biologiseksi poistamiseksi.

- * Verrattuna uponneena oleviin biosuodattimiin, joilla on liikkumaton biokalvon kasvupinta, on biokalvon kasvupinta, jonka tässä keksinnössä oletetaan esiintyvän, paljon helpompi poistaa reaktorisäiliöstä, mikä helpottaa sekä reaktorisäiliön että ilmastuslaitteiston puhdistusta, tarkastusta ja hoitoa, mikä myös vähentää kasvupintaväliaineen tukkeutumisriskiä.
- * Olemassa olevat biologiset puhdistuslaitokset, jotka käyttävät aktiivilietemennettä, voivat hyvin helposti kasvattaa kapasiteettiaan käyttämällä jo käytössä olevia reaktoreitaan keksinnön mukaisessa menetelmässä.

Rakenteeltaan yksinkertaista reaktoria kuvataan kuviossa 4, jossa reaktori 1 on sylinteri, jossa on biokalvon kantajia 2. Reaktori on varustettu puhdistetun veden poistoputkessa 5 sihdeillä 3. Vettä johdetaan säiliön 4 alaosassa sijaitsevan putken läpi ja poistokaasu johdetaan ulos reaktorin yläosassa 6 olevan putken kautta. Vaahdonmuodostusta voidaan välttää sprinklerisysteemin 7 avulla, joka ruiskuttaa vettä vedenpinnalle.

Kuvio 5 esittää reaktoria, joka on varustettu ilmastimella 8, joka johtaa ilmaa linjan 9 kautta. Tämä reaktori on tarkoitettu aerobista käyttöä varten.

Kuviot 6 ja 7 esittävät reaktoreita, jotka on varustettu sekoittimilla anaerobisissa prosesseissa käyttöä varten, mutta jotka muutoin ovat samanlaisia kuin kuvion 1 esittämä reaktori. Kuviossa 6 on sekoitusvälineenä moottorikäyttöinen propellisekoittaja 10 ja kuviossa 7 kiertopumppu 11, joka on kiinnitetty reaktorin kiertokierrätysputkeen 12.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä veden puhdistamiseksi, jossa menetelmässä jäteveden annetaan virrata reaktorin läpi, jossa on kantajia, joiden pinnalla kasvaa biokalvoa, mikä lisää haluttua epäpuhtauksien muuntumista,
- 5 **tunnettu** siitä, että käytetään kantajia, jotka ovat elementtejä, jotka on valmistettu pehmeästä muovista, mahdollisesti kierrätetystä muovista, ja ovat putken kappaleen muotoisia, jossa putkessa on sisäiset väliseinät, joiden kantajien
 - a) pinta on vähintään 1,5 kertaa niin suuri kuin yhtä suurten sileiden elementtien ulkopinta,
 - 10 b) tiheys on suuruusluokkaa 0,90-1,20, tavallisesti 0,92-0,98, erityisesti 0,92-0,96 kg/dm³,
 - c) pinnasta osa on suojattu biokalvon kulumista vastaan käytön aikana,
 - d) seinät sallivat veden helpon kulun, ja
 - e) lineaariset mittavaihtelut ovat suuruusluokkaa 0,2-3 cm, erityisesti 0,5-1,5 cm,
- 15 jossa menetelmässä biokalvon kantajat pidetään suspendoituneina ja kiertoliikkeessä reaktorissa olevassa vedessä, jossa reaktorissa on sisääntulo ja poisto ja haluttaessa sekoittimet, ja jossa menetelmässä reaktorista poistuvaa lietettä ei palauteta reaktoriin.
- 20 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että käytetään kantajia, joiden pinta on vähintään kaksi kertaa niin suuri kuin yhtä suuren sileän elementin ulkopinta.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että käytetään kantajia, jotka ovat suulakepuristetun putken palasia.
- 25 4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että käytetään kantajia, jotka ovat suulakepuristetun putken palasia, jossa putkessa on erottavat sisäseinät putken pituussuunnassa ja ulkopuoliset evät putken pituussuunnassa.
- 30 5. Reaktori (1) aerobiseen, hapettomaan tai anaerobiseen veden puhdistukseen, jossa reaktorissa on sisääntuloväline (4) ja poistoväline (5, 6), **tunnettu** siitä, että se sisältää suuren määrän biokalvon kantajia (2), jotka ovat elementtejä, jotka on valmistettu pehmeästä muovista, mahdollisesti kierrätetystä muovista, ja ovat putken palasien muodossa, jossa putkessa on sisäiset väliseinät, joiden kantajien

- a) pinta on vähintään 1,5 kertaa niin suuri kuin yhtä suurten sileiden elementtien ulkopinta,
- b) tiheys on suuruusluokkaa 0,90-1,20, tavallisesti 0,92-0,98, erityisesti 0,92-0,96 kg/dm³,
- 5 c) pinnasta osa on suojattu biokalvon kulumista vastaan käytön aikana,
- d) seinät sallivat veden helpon kulun, ja
- e) lineaarinen ulottuvuus on suuruusluokkaa 0,2-3 cm, erityisesti 0,5-1,5 cm,

jolloin tyhjässä reaktorissa olevien kantajien tilavuus on 30-70 % reaktorin tilavuudesta,

- 10 ja jossa reaktorissa on välineet kantajien pitämiseksi suspendoituneina ja liikkeessä reaktorin sisällä.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen reaktori, **tunnettu** siitä, että kantajat ovat suulakepuristetun muoviputken palasia.

- 15 7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen reaktori, **tunnettu** siitä, että kantajat ovat suulakepuristetun putken palasia, jossa putkessa on pituussuuntaiset erottavat seinät putken kehän sisäpuolella ja pituussuuntaiset evät kehän ulkopuolella.

8. Jonkin patenttivaatimuksista 5-7 mukainen reaktori, **tunnettu** siitä, että siinä on siivilä (3) kantajien erottamiseksi nesteestä poistoputkessa (5).

- 20 9. Jonkin patenttivaatimuksista 5-8 mukainen reaktori aerobiseen veden puhdistukseen, **tunnettu** siitä, että siinä on ilmansekoitin (8), johon johdetaan ilmaa ilman sisääntuloputken (9) kautta.

10. Jonkin patenttivaatimuksista 5-8 mukainen reaktori anaerobiseen veden puhdistukseen, **tunnettu** siitä, että siinä on sekoitin, joka on mekaanisen sekoittimen (10) tai kiertopumpun (11) muodossa.

25 **Patentkrav**

1. Förfarande för att rena vatten, i vilket förfarande avfallsvattnet får strömma genom en reaktor, i vilken finns bärare på vars yta växer en biofilm, vilket ökar en önskade omvandlingen av föroreningar,

- 30 **kännetecknat** av att man använder bärare som är element tillverkade av mjuk plast, eventuellt av recirkulerad plast, och som har formen av bitar av ett rör försett med inre mellanväggar, vilka bärares

- a) yta är åtminstone 1,5 gånger så stor som ytterytan hos lika stora släta element,
- b) täthet är av storleksordningen 0,90–1,20, vanligen 0,92–0,98, i synnerhet 0,92–0,96 kg/dm³,
- c) yta delvis är skyddad mot slitage av biofilmen under användningen,
- 5 d) väggar tillåter en lätt passage av vatten, och
- e) lineära måttvariationer är av storleksordningen 0,2–3 cm, i synnerhet 0,5–1,5 cm,

i vilket förfarande biofilmens bärare hålls suspenderade och i cirkulation i vattnet i reaktorn, i vilken reaktor finns ett inlopp och ett utlopp och om så önskas blandare, 10 och i vilket förfarande det slam som avlägsnar sig från reaktorn inte återförs till reaktorn.

2. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att man använder bärare vilkas yta är åtminstone dubbelt så stor som ytterytan hos lika stora släta element.

3. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2, **kännetecknat** av att man använder bärare som är bitar av extruderade rör. 15

4. Förfarande enligt patentkrav 3, **kännetecknat** av att man använder bärare som är bitar av extruderade rör, vilka har separerande innerväggar i rörens längdriktning och yttre fenor i rörens längdriktning.

5. Reaktor för aerobisk, syrefri eller anaerobisk rengöring av vatten innefattande 20 en inloppsanordning (4) och en utloppsanordning (5, 6), **kännetecknad** av att den innehåller en stor mängd bärare (2) för biofilm, vilka bärare är element framställda av mjuk plast, eventuellt av recirkulerad plast, och som har formen av bitar av ett rör försett med inre mellanväggar, vilka bärares

- a) yta är åtminstone 1,5 gånger så stor som ytterytan hos lika stora släta element,
- 25 b) täthet är av storleksordningen 0,90–1,20, vanligen 0,92–0,98, i synnerhet 0,92–0,96 kg/dm³,
- c) yta delvis är skyddad mot slitage av biofilmen under användningen,
- d) väggar tillåter en lätt passage av vatten, och
- e) lineära måttvariationer är av storleksordningen 0,2–3 cm, i synnerhet 0,5–30 1,5 cm,

varvid bärarnas volym i en tom reaktor är 30–70 % av reaktorns volym,

och i vilken reaktor finns anordningar för att hålla bärarna suspenderade och i rörelse inne i reaktorn.

6. Reaktor enligt patentkrav 5, **kännetecknad** av att bärarna är bitar av ett extruderat plaströr.
- 5 7. Reaktor enligt patentkrav 6, **kännetecknad** av att bärarna är bitar av extruderat plaströr, som har längsgående separerande väggar på insidan av rörets omkrets och längsgående fenor på omkretsens utsida.
8. Reaktor enligt något av patentkraven 5-7, **kännetecknad** av att i den finns en sil (3) för avskiljning av bärarna från vätskan i utloppsröret (5).
- 10 9. Reaktor enligt något av patentkraven 5-8 för aerobisk rengöring av vatten, **kännetecknad** av att i den finns en luftblandare (8) till vilken leds luft via luftens intagsrör (9).
10. Reaktor enligt något av patentkraven 5-8 för anaerobisk rengöring av vatten, **kännetecknad** av att i den finns en blandare i form av en mekanisk blandare (10) eller en cirkulationspump (11).
- 15

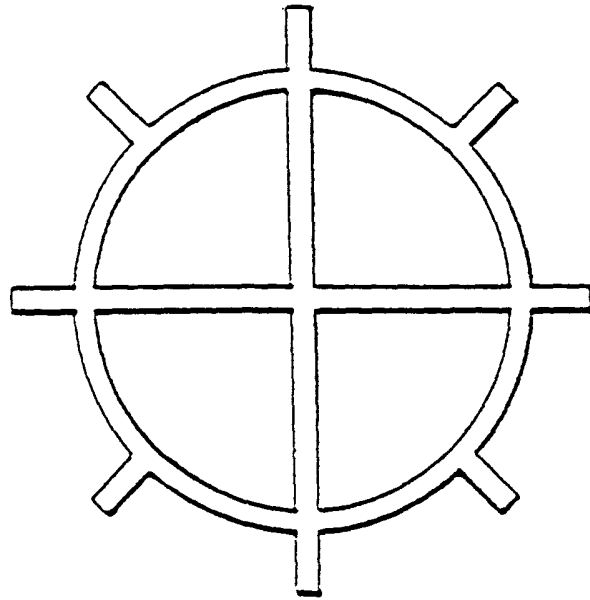


Fig.1

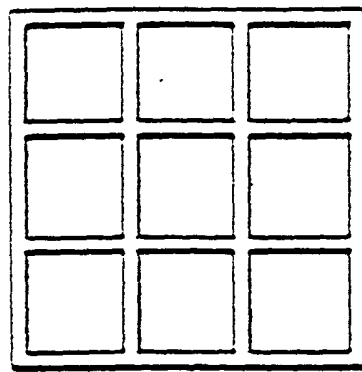


Fig.2

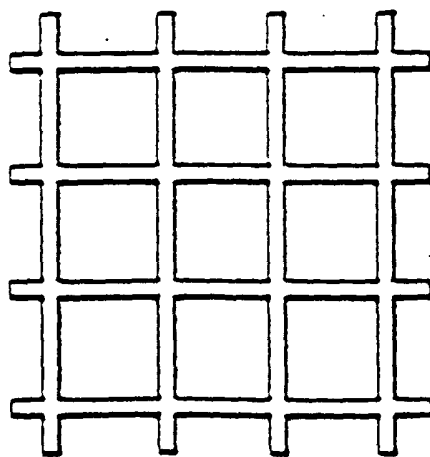


Fig.3

112355

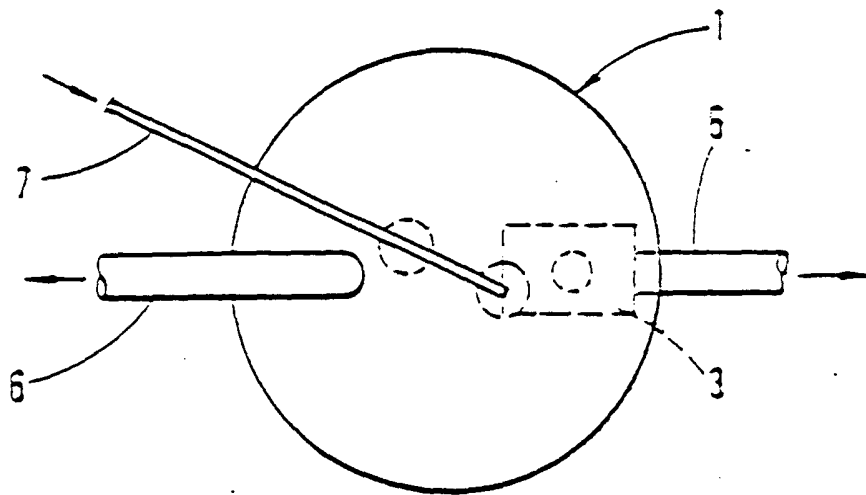
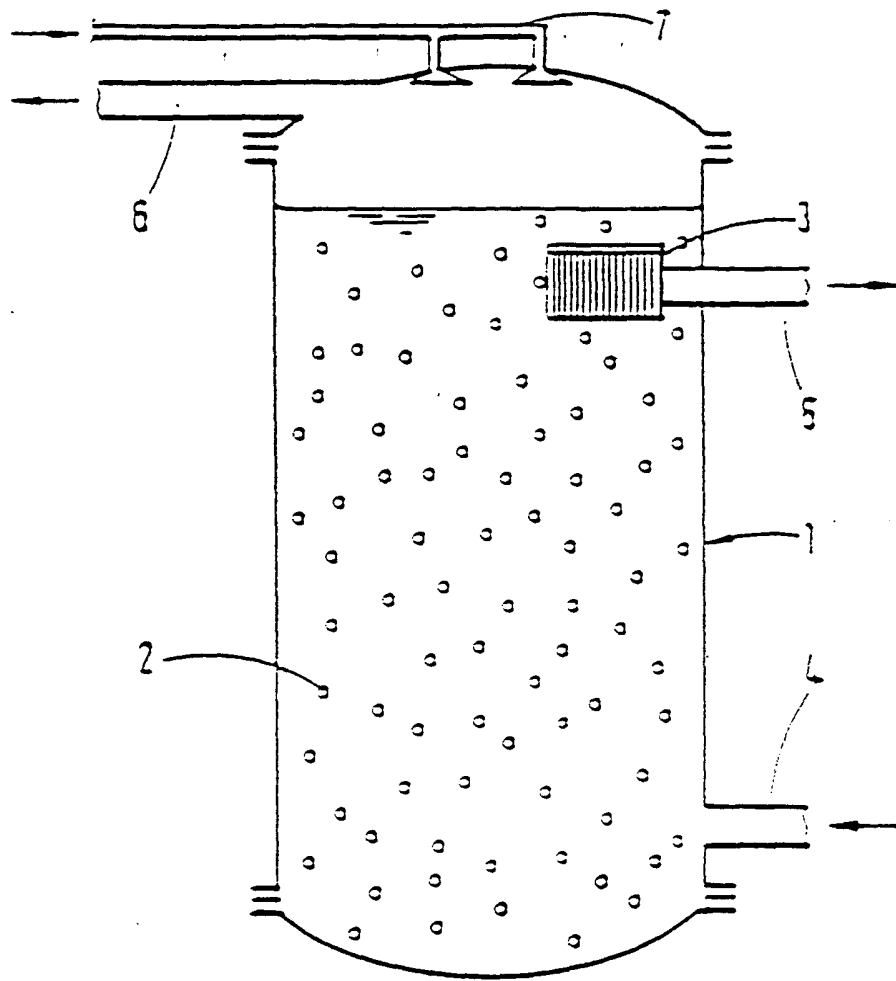


Fig. 4

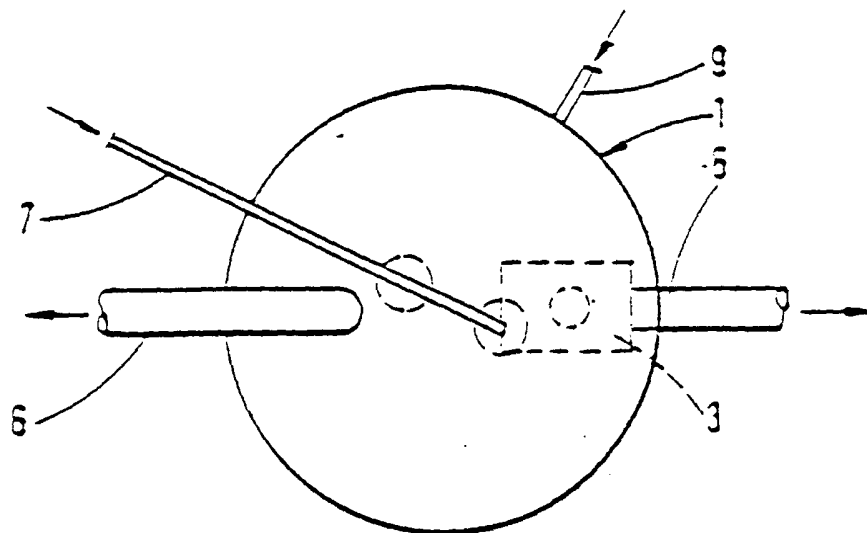
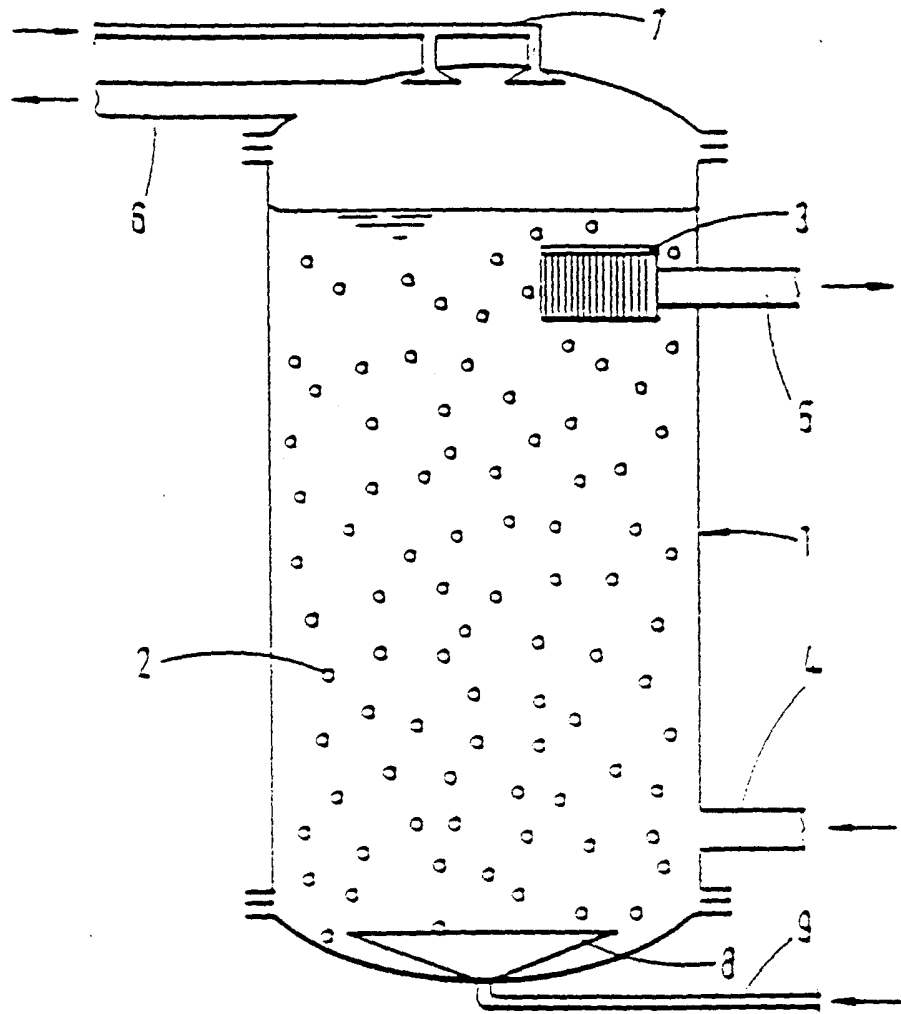


Fig.5

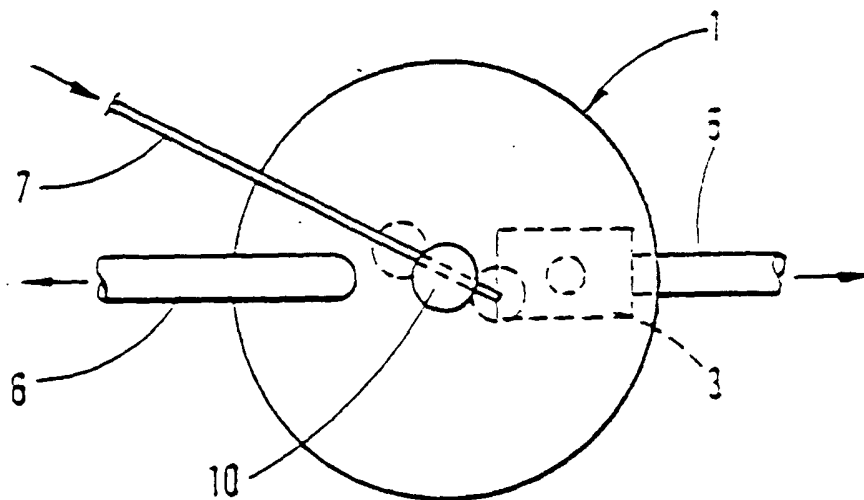
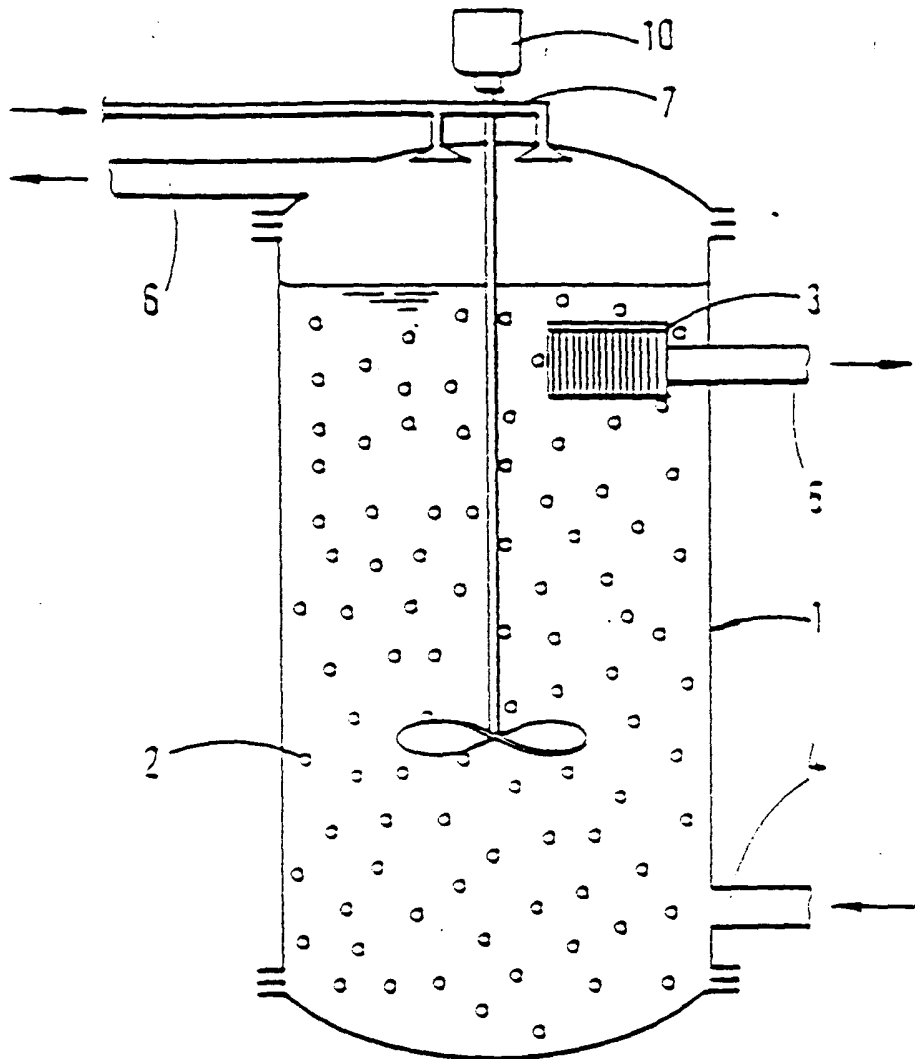


Fig.6

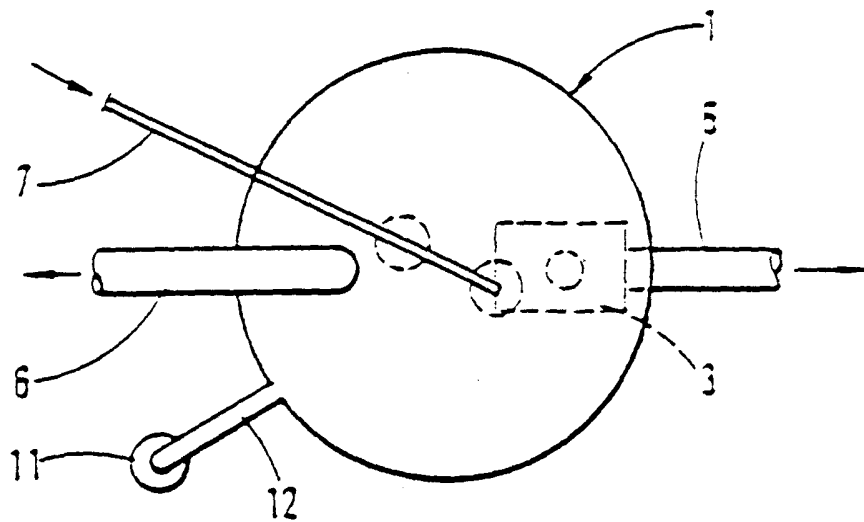
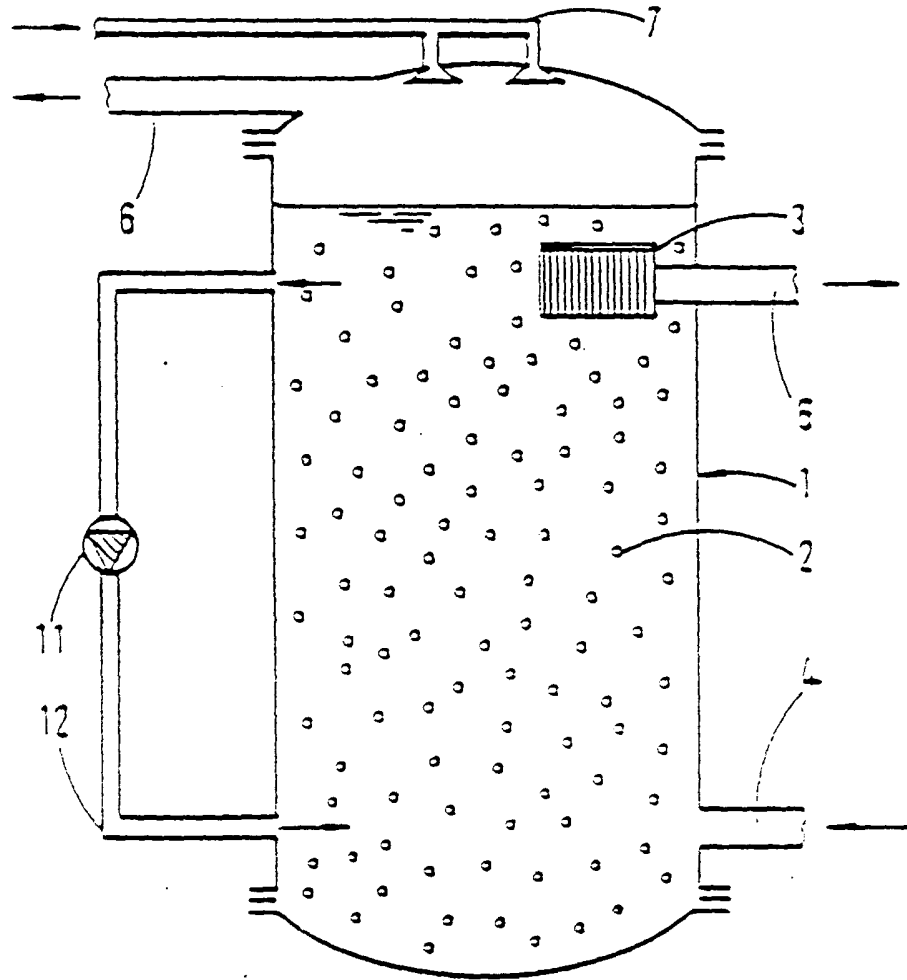


Fig.7