

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 954635 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

- (21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application **954635**
- (51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
C02F 9/00
C02F 1/72
C02F 1/70
C02F 1/46
- (22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **01.04.1993**
- (23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **29.09.1995**
- (41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **29.09.1995**
- (43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**
- (86) Kansainvälinen hakemus - **01.04.1993 PCT/EP1993/000801**
Internationell ansökan - International
application

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Solvay Interox GmbH, Misburger Strasse 81c, 30625 Hannover, SAKSA, (DE)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Gnann, Michael, Germany, SAKSA, (DE)
2 • Gregor, Carl-Heinz, Belgium, BELGIA, (BE)
3 • Schelle, Siegfried, Germany, SAKSA, (DE)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Berggren Oy Ab, Antinkatu 3 C, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Kemiallinen hapetusmenetelmä raskaasti kuormitetun jäteveden puhdistam ista varten
Kemiskt oxideringsförfarande för rening av högbelastat avfallsvatten

Kemiallinen hapetusmenetelmä raskaasti kuormitetun jäteveden puhdistamista varten - Kemiskt oxideringsförfarande för rening av högbelastat avfallsvatten

5

Esillä olevan keksinnön kohteena on kemiallinen hapetusmenetelmä raskaasti kuormitetun jäteveden puhdistamista varten.

10

On tunnettua puhdistaa jätevesi Fentonin reagenssin avulla suoritetun käsittelyn avulla (vrt. esimerkiksi EP-B-0 022 525; DE-C-38 32 523; H. Schwarzer, gwf-Wasser/Abwasser 129, N.ro 7 (1988), 484-491; E. Gilbert, vom Wasser 62 (1084) 307-320). Tällöin kemiallisen hapetuksen välityksellä arvot CSB (kemiallinen hapentarve), BSB₅ (biokemiallinen hapentarve viiden vuorokauden kuluttua), TOC (orgaanisen hiilen kokonaismäärä), TOD (hapen kokonaistarve), AOX (aktiivihiileen absorboitavat halogenoidut hiilivedyt) sekä myös orgaaniset yhdisteet, kuten esimerkiksi fenoli, formaldehydi jne., ja muut myrkylliset tai estävät epäorgaaniset yhdisteet, kuten esimerkiksi syanidi, rikkiyhdisteet jne., tulevat muunnetuiksi tai eliminoiduiksi. Fenton-reaktio tapahtuu tällöin happamalla alueella vetyperoksidia lisättäessä hapettimena katalyysaattorina toimiviin rauta(II)-suoloihin. Tämän jälkeen tapahtuvan neutraloinnin yhteydessä muodostunut rauta(III)-hydroksidi saostuu vaikeasti liukoisena ruskeana sakkana, joka erotetaan laskeutuksen (painovoiman) tai käsitellyn jäteveden mekaanisen erotusmenetelmän avulla.

15

20

25

30

On lisäksi tunnettua, että tulokseksi saatu kiinteä aine, jota kutsutaan Fenton-lietteeksi, sitoo itseensä orgaanisia lika-aineosia lietehiutaleisiin tapahtuvan pintatartunnan välityksellä. Tällöin muodostuu vaikeita seurausongelmia tämän aineen käsittelyn ja sen poistamisen suhteen.

35

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on siten saada aikaan menetelmä, jonka avulla nämä seurausongelmat voidaan yksinkertaisella tavalla ratkaista, jolloin Fenton-lietteitä voi-

daan uudelleen rikastaa ja samalla näiden Fenton-lietteiden uudelleenkäyttö tulee mahdolliseksi. Tämä tehtävä ratkaistaan esillä olevan keksinnön kohteen avulla.

5 Esillä olevan keksinnön kohteena on patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä jäteveden kemiallista hapetuspuhdistusta varten Fentonin reagenssin avulla vetyperoksidin ja rauta(II)-yhdisteiden vaikutuksen avulla happamalla alueella ja tämän jälkeen tapahtuvan rauta (III)-yhdisteiden saostumisen
10 välityksellä hieman happamesta emäksiseen alueeseen asti, keksinnön ollessa tunnettu siitä, että yhdessä puhdistetun jäteveden kanssa saostuva rauta(III)-pitoinen liete pelkistetään uudelleen kemiallisen tai sopivimmin sähkökemiallisen pelkistyksen avulla rauta(II)-yhdisteiksi ja että tällä tavoin pelkistetty liete johdetaan takaisin prosessiin.
15

Tämän menetelmän tarkoituksenmukaiset sovellutukset ovat patenttivaatimuksien 2-14 kohteena.

20 Julkaisun DE-C-38 32 523 perusteella tunnetaan järjestely, jonka yhteydessä saostunut rautapitoinen liete erotetaan ja edelleen suspendoidaan käsiteltävään jäteveteen, jolloin menetelmän käyttökustannuksia on määrä tällä tavoin alentaa ja rautapitoisen lietteen ja siten myös saostuneen erikois-
25 jätteen määrää vähentää. Tämän toimenpiteen avulla ei voida kuitenkaan Fenton-lietteen käsittelyn ja poistamisen yhteydessä esiintyviä seurausongelmia tyydyttävällä tavalla ratkaista.

30 Keksinnön hakija on nyt hämmäsyttävää kyllä havainnut, että haitallisten, erityisesti orgaanisten lika-aineosien kiinnitarttumisen ansiosta lietehiutaleisiin voidaan ratkaista esiintyvät seurausongelmat Fenton-lietteen käsittelyn ja poistamisen suhteen tyydyttävällä tavalla, kun puhdistetun
35 jäteveden kanssa saostuva rauta (III)-pitoinen liete pelkistetään uudelleen kemiallisen tai sopivimmin sähkökemiallisen pelkistyksen avulla rauta(II)-yhdisteiksi ja tällä tavoin

pelkistetty liete johdetaan takaisin prosessiin; mikä mahdollistaa myös ongelmattoman uudelleenkäytön.

5 Vetyperoksidin ja rauta(II)-yhdisteiden vaikutus käsiteltävään jäteveeseen reaktorissa esiintyy happamalla alueella, sopivimmin pH-alueella 2-5; jolloin reaktorina voidaan käyttää tällaista käsittelymenetelmää varten yhdessä Fenton-reagenssin kanssa yleensä käytettyä reaktoria.

10 Kuvio 1 esittää kaavamaisesti keksinnön mukaisen menetelmän erästä sovellusmuotoa, jonka yhteydessä rauta(III)-pitoisen lietteen pelkistys tapahtuu sähkökemiallisen pelkistyksen avulla.

15 Jätevesi annostellaan keräysastiasta sopivan syöttölaitteen, esimerkiksi hammaspyöräpumpun, välityksellä reaktoriin (Fenton-reaktoriin). Vaikka elektrolyysin jälkeen rauta(II)-liuos pidetään alle 1 olevassa pH-arvossa ja johdetaan takaisin reaktoriin, vaaditaan emäksen (jota on kaaviossa merkitty
20 tunnuksella OH^-), sopivimmin NaOH:n, lisäämistä, koska muutoin pH-arvo voisi laskea arvoon alle 2. Erittäin emäksisten jätevesien yhteydessä voi kuitenkin olla myös tarpeellista säätää sopiva pH-arvo hapon, sopivimmin rikkihapon, välityksellä. Sopivan hapon valinta pH-arvon säätöä varten reaktorissa ja/tai elektrolyyttistä pelkistystä varten (pH-arvolla,
25 joka on < 1), tapahtuu tällöin sopivimmin käytössä olevan rautasuolan (anionin) mukaisesti.

30 Tätä seuraavassa neutralisointivaiheessa pH-arvo säädetään alkaloinnin, sopivimmin NaOH-lisäyksen, avulla arvoon 6 tai sitä korkeammaksi. Tällöin muodostuu hydroksidilietettä, joka puhtaan jäteveden erottamisen jälkeen johdetaan sopivan erotuslaitteen kautta sähkökemialliseen tai kemialliseen pelkistysprosessiin. Kuvion 1 esittämässä suositeltavassa sovellus-
35 muodossa lietepitoinen jätevesi johdetaan myöhäisemmässä vaiheessa kiertokulkusäiliöön (A), joka toimii välivarastona ja johon samanaikaisesti johdetaan paksunnettua rautahydrok-

sidilietettä jälkikytketystä erotusvaiheesta (Cross-Flow-Filter -> A) ja lietettä, jolla on sama pitoisuus kuin säiliössä A olevalla lietteellä, syötetään sitten pienemmissä määrissä lietesuspensiona elektrolyysilaitteeseen (merkitty kaaviossa elektrolyysinä). Tässä elektrolyysilaitteessa pH-arvo säädetään hapotuksen, sopivimmin rikkihapon, avulla arvoon alle 1 lietteen liuetessa ja raudan(III) ja raudan(II) pelkistyessä. Kiertokulkusäiliössä (A) imetään virtaavaa jätevettä vastaava määrä yhtäältä puhdistettua jätevettä ja toisaalta paksunnettua lietettä lietepitoiseen käsiteltyyn jäteteeseen ja johdetaan kulkemaan sopivan erotuslaitteen, esimerkiksi PE-Cross-Flow-suodattimen, kautta. Paksunnetun lietteen pitoisuus ylittää siten kiertokulkusäiliössä (A) esiintyvän lietepitoisuuden.

15

Erotuslaitteena voidaan reaktiokaaviossa (kuvio 1) esitetyn Cross-Flow-suodattimen sijasta käyttää myös toista, tällaista menetelmää varten sopivaa ja tavallisesti käytettyä erotuslaitetta, esimerkiksi keskipakolaitteita, suodattimia, kuortolaseja, erottimia ja/tai muita tavanomaisia kiinteiden ja nestemäisten vaiheiden erotusta varten tarkoitettuja laitteita.

20

Fe(III):n ja Fe(II):n sähkökemiallinen pelkistys voidaan toteuttaa reaktioehtojen suhteen sopivalla sinänsä tunnetulla tavalla, kuten esimerkiksi elektrolyysikennoa käyttämällä. Voidaan käyttää elektrolyysikennoja, joiden yhteydessä katodia ja anodia ei ole erotettu toisistaan, tai joissa katolyytti- ja anolyyttitila on erotettu toisistaan osittain läpäisevän välikalvon tai ioninvaihtokalvon välityksellä. Välikalvon tai ioninvaihtokalvon avulla erotettua elektrolyysikennoa käytetään sopivimmin silloin, kun on määrä käsitellä kloridipitoista jätevettä keksinnön mukaisen menetelmän avulla. Tällä tavoin voidaan välttää haitallinen anodinen kloorikehitys.

30

35

Anodina käytetään sopivimmin mittavakaata anodia, joka on tehty esimerkiksi titaanista tai tunnetulla tavalla platina-
metallioksidia sisältävillä päällysteillä varustetusta titaanista

(ns. DSA-elektrodeja), ja katodina jaloteräksestä, erityisesti jaloteräksisestä verkkoritilästä (1.24539 tai 1.4571), hiilestä tai grafiitista tehtyä katodia. Käytössä olevat kalvot on sopivimmin tehty perfluoroidusta muovista, jotka sisältävät toiminnallisina ryhminä sulfonihapporyhmiä, (esimerkiksi Du Pont -yhtiön myymästä Nafionista).

Eräässä keksinnön mukaisessa sovellusmuodossa esimerkiksi osittainen sähkökemiallinen pelkistys tapahtuu ilman välikalvoa olevassa jakamattomassa elektrolyysikennossa jaloteräksestä (materiaali n:ro 1.4539 tai 1.4571), hiilestä tai grafiitista tehtyjen katodien ja platinoidusta tai tunnettuja platinametallioksidia sisältäviä päällysteitä käsittävästä titaanista tehtyjen mittavakaiden anodien avulla (ns. DSA-elektrodit). Eräässä toisessa sovellusmuodossa, jossa käytetään katolyytti- ja anolyyttitilaltaan erotettua elektrolyysikennoa, syötetään rauta(III)-liuosta elektrolyysikennon katolyyttitilaan ja se pelkistetään siinä osittain tai täydellisesti rauta(II)-liuokseksi, jolloin käytetään suuruudeltaan 100 - 3000 A/m² olevia sähkövirran tiheyksiä katodin projektiopinnalle laskettuna.

Sähkövirran tiheydet ovat sopivimmin suuruudeltaan 100 - 3000 A/m² elektrodipinnalle laskettuna.

Fe(III):n kemiallinen pelkistys Fe(II):ksi voi tapahtua esimerkiksi SO₂:n, sulfiittien tai myös muiden tällaista reaktiota varten sopivien pelkistysaineiden välityksellä näiden reaktioiden yhteydessä tavanomaisella tavalla.

Reaktoriin annostellun vetyperoksidin ja kemiallisesta tai sähkökemiallisesta pelkistysprosessista johdettujen rautasuolojen määrät valitaan tarkoituksenmukaisesti käsiteltävän jäteveden CSB-arvosta riippuen. Moolisuhde CSB/H₂O₂/Fe on sopivimmin alueella 20/20/1 - 20/10/5 ja erityisesti 20/10/1.

Keksinnön kohteena olevan menetelmän mukaisesti saatu jätevesi asetetaan sopivimmin myöhemmin seuraavan biologisen käsittelyn alaiseksi sinänsä tunnetulla tavalla. Kuvio 1 esittää tällaista menetelmätapaa, jonka yhteydessä erotuslaitteesta tuleva jätevesi mahdollisesti neutraloinnin jälkeen johdetaan ilmastusaltaaseen ja sen jälkeen jälkiselkeytysaltaaseen.

Keksinnön mukainen menetelmä sopii käytettäväksi raskaasti kuormitetun jäteveden katkonaiseen ja erityisesti jatkuvaan puhdistukseen.

Keksintöä selostetaan rajoittamattomassa mielessä seuraavien esimerkkien avulla.

15 Esimerkit

Esimerkki 1

Keräysastiasta annostellaan jatkuvasti hammaspyöräpumpun välityksellä jätevettä reaktiosäiliöön. Ylisyöksyaukon kautta virtaa voimakasta Fe^{2+} happoliuosta elektrolyysistä reaktoriin ja Fenton-reaktiota varten tarkoitettua vetyperoksidia annostellaan letkupuristinpumpun avulla. pH-ohjauksen (H_2SO_4 , NaOH) välityksellä voidaan säätää haluttu pH-arvo (välillä 2-5).

25 Alkalointisäiliössä Fe^{3+} :ksi reagoitunut Fe^{2+} saostuu natronlipeän lisäyksen ansiosta hydroksidiksi (pH-arvon ohjauksen avulla) ja hävittää samalla ylimääräisen vetyperoksidin.

30 Suspensio kulkee sitten kiertokulkusäiliön kautta ja se sekoitetaan ennakolta valmistetun rauta(III)-hydroksidiseoksen kanssa (esimerkiksi 30 g $\text{Fe}^{3+}/1$).

35 Kiertokulkusäiliöstä erotetaan osittain jätevesi sivukanava-pumpun ja PE-CROSS-FLOW-suodattimen välityksellä. Käsittelyn jäteveden ulosvirtaavaa määrää (AW) voidaan säädellä suodattimen jälkeen asetetun vinokaraventtiilin avulla.

Letkupuristinpumpun avulla kiertokulkusäiliöstä annostellaan rautaoksidia elektrolyysisäiliöön, jossa se liuotetaan pH-arvovähennyksen välityksellä ja Fe^{3+} pelkistetään elektrolyyttisesti Fe^{2+} :ksi.

5

Kiertokulkusäiliössä olevan rautahydroksidilietteen tilavuus ja pitoisuus pysyy vakiona, koska ulosvirtaavan "suodatetun" (käsitellyn) jäteveden ja elektrolyysisäiliöön annostetun rautahydroksidilietteen määrä tasoittaa vastaavasti alkalointisäiliöstä tulevan syöttömäärän.

10

Mahdollisimman alhaisen pH-arvon (yleensä $\text{pH} < 1$) saavuttamiseksi elektrolyysikennossa reaktoriin johdetaan rikkihappoa elektrolyysin kautta. Erittäin hapanta jätevettä varten suoritetaan vielä natronlipeäannostus reaktorissa. Jos kuitenkin on vielä mahdollista säilyttää pH-arvo elektrolyysissä, natronsuola hieman "yliannostellaan" reaktorissa pH-arvon suhteen, tämän merkityksessä erittäin happaman jäteveden yhteydessä rikkihapon annostelua elektrolyysissä ja natronsuolan annostelua reaktorissa.

15

20

Reaktorisäiliöön annostellun vetyperoksidin ja elektrolyysisäiliössä olevan Fe-suolan määrät lasketaan käsiteltävän jäteveden CSB-arvosta riippuen seuraavasti:

25

Suhde CSB: H_2O_2 :Fe = 20:10:1 (moolisuhde)

Jätevesi: CSB = 8000 mg/l (= 500 mmoolia/l)

H_2O_2 : 250 mmoolia/l

Fe^{2+} : 25 mmoolia/l

30

Edellä selostetun menetelmän yhteydessä käytetään seuraavia ainemääriä ja laitteita:

| | |
|-------------------------------|-------------------|
| Jätevesi (AW) - läpäisymäärä | 5 l/h |
| AW-CSB-pitoisuudet | 1000 - 12000 mg/l |
| CSB-hajonta (AW:n mukaisesti) | 50 - 90% |

35

Viipymääajat:

| | |
|-------------------|-----|
| Reaktorit | 2 h |
| Alkalointi | 1 h |
| Kiertokulkusäiliö | 3 h |

5

Kiertokulkusäiliö jäähdytetään lämpötilassa noin 20 °C olevan jäähdytyskierukan avulla.

Käyttömateriaalit ja -pitoisuudet:

| | | |
|----|------------------------|------------|
| 10 | Natronlipeä (tekninen) | 50 paino-% |
| | Rikkihappo (tekninen) | 70 paino-% |

$Fe_2(SO_4)_3$ poistaa teknisesti veden kiertokulkusäiliössä (rautapitoisuus: 21,5 - 22,5 %).

15 Ilmoitettu Fe^3 -pitoisuus: esimerkiksi 30 g/l (= 537 mmoolia/l).

20 Elektrolyysikenno: tehty PVC'stä, sekoitettava, käyttötilavuus 1,5 l, varustettu lämpötilamittauksella

Katodi:

1.4539 jaloteräksestä tehty verkkoritilä 80 cm²;

Anodi:

25 platinalla päällystetty titaani 10 cm²
Pt

Elektrodiväli 0,5 cm

Virrankulutus 0,024 kWh (6 A säätö, jännite = 4 V)

30

35 Reaktori tehty PVC'stä, sekoitettava, käyttötilavuus 10 l, varustettu lämpötilamittauksella ja pH-arvon ohjauksella (OH⁻ suoraan, H⁺ elektrolyysin kautta)

Alkalointi-(neutralointi)-säiliö: tehty PVC'stä, sekoitettava, käyttötilavuus 5 l, varustettu pH-arvon ohjauksella (OH⁻ suoraan)

5 Kiertokulkusäiliö: tehty PVC'stä, sekoitettava, käyttötilavuus 15 l, jäähtytys mahdollista jäähtytyskierukan avulla;

10 PE-Cross-Flow-suodatin: tehty polyetyleenistä, 50 % huokoisuus, 10⁻⁵ m huokoskoko.

Menetelmän parempaa valvomista varten elektrolyysikenno, reaktori, alkalointiastia ja kiertokulkusäiliö on tehty läpinäkyviksi.

15

Esimerkki 2

Teknisessä mittakaavassa olevassa koelaitoksessa käsiteltiin esimerkin 1 mukaisen menetelmän avulla raskaasti kuormitettua teollisuusjätevettä. Käsittelyn tarkoituksena oli vähentää jäteveden CSB'tä, TOC'tä ja AOX'ää, mutta ennen kaikkea kuitenkin sen myrkyllisyyttä loppupuhdistuksen mahdollistamiseksi biologisen menetelmän välityksellä.

20

Raakajätevetteen ja keksinnön mukaiseen käsittelyyn liittyvät tiedot ovat seuraavat:

25

| | CSB (mg/l) | n _{CSB} (%) | AOX (µg/l) | n _{AOX} (%) | TOC (mg/l) | n _{TOC} (%) | myrkyllisyys |
|---------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| 30 Raakajätevesi | 4200 | | 1500 | | 1000 | | sangen korkea |
| | 7100 | | | | | | |
| 35 Fentonin jälkeen | 1250 | 50 | | 60 | 85 | 500 | vähäinen |
| Käsittely | 3120 | 70 | 215 | 96 | 620 | 50 | |

40

Jälkikyketyssä biologisessa laboratoriolaitoksessa (At-tisholz-järjestelmä) voitiin todeta, että esikäsitelty teollisuusjätevesi kyettiin loppupuhdistamaan aktiivilietteen

lyhyen, vähäiseen pidätysvaikutukseen perustuvan sovellusvaiheen jälkeen, jolloin voitiin saavuttaa yli 90 % kokonaisyötyosuhte CSB- ja TOC-hajontaa varten. AOX-arvot eivät käytännöllisesti katsoen enää muuttuneet biologisen käsittelyn jälkeen.

Kokonaismenetelmä vastaa kuvion 1 mukaista kaaviota, jolloin ennen ilmastusallasta tapahtuvaa neutralointia tarvittiin vain silloin, kun lietesäostus (Fenton-reaktorin jälkeen) suoritettiin yli 8 olevilla pH-arvoilla.

Esimerkki 3

Tässä esimerkissä Fe(III) pelkistetään Fe(II)'ksi kemiallisesti kaasumaisen SO₂'n välityksellä. Tätä tarkoitusta varten rautahydroksidiliete otetaan pois kiertokulkusäiliöstä (välivarasto A) letkupuristinpumpun välityksellä ja johdetaan erilliseen reaktoriin (elektrolyysisäiliön sijasta) (vrt. kuvio 1). Fe(III)-pitoisuus on 30 g/l (= 537 mmoolia/l) ja pH-arvo 8,6. Sulamassan välityksellä syötetään 40 °C lämpötilassa sekoituksen alaisena kaasumaista SO₂'ta (virtausnopeus = 3 l/H) stoikiometrisessa määrässä, jolloin pH-arvo laskee arvoon 2,6.

Lisähapotuksen jälkeen H₂SO₄'n avulla pH-arvoon 1,4 asti ja liuoksen kuumentamisen jälkeen 80 °C lämpötilaan saavutetaan kolmen tunnin viipymisajan jälkeen 90 % pelkistystuotos. Tämä liuos johdetaan takaisin välisäiliön kautta Fenton-reaktoriin.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä jäteveden kemiallista hapettamista varten Fentonin reagenssin avulla vetyperoksidin ja rauta(III)-yhdisteiden vaikutuksen välityksellä happamalla alueella ja sen
 5 jälkeen tapahtuvan rauta(III)-yhdisteiden saostamisen avulla hieman happamesta emäksiselle alueelle asti, jolloin puhdistetun jäteveden mukana saostuva rauta(III)-pitoinen liete pelkistetään taas rauta(II)-yhdisteiksi ja tällä tavoin pelkistetty liete johdetaan takaisin prosessiin,

10 t u n n e t t u siitä, että tämän menetelmän yhteydessä käsitellään raskaasti kuormitettua ja/tai myrkyllistä jätevettä, pääasiassa teollisuusjättevettä, ja että:

- a) rauta(III)-pitoinen liete varastoidaan yhdessä käsitel-
 lyn jäteveden kanssa välisäiliöön, jolloin virtaavaa
 15 jättevettä vastaava määrä vedetään pois yhtäältä puhdistetusta jätevedestä ja toisaalta paksunnetusta liet-
 teestä lietettä sisältävään käsiteltyyn jäteveeseen ja johdetaan kulkemaan erotuslaitteen kautta, että paksunnettu rautahydroksidiliete johdetaan samanaikaisesti
 20 erotuslaitteesta välisäiliöön, ja tulokseksi saatu liet-
 tesuspensio vedetään pienemmässä määrässä välisäiliöstä ja täten saadaan aikaan sähkökemiallinen pelkistys, että
 pH-arvo ennen hapon avulla tapahtuvaa sähkökemiallista
 pelkistystä säädetään pH-arvoon < 1 ja rauta(III)-pitoinen
 25 liete liuotetaan ja rauta-Fe(III) johdetaan sähkökemiallisen pelkistyksen avulla elektrolyysikennoon kak-
 siarvoisessa Fe(II)-tilassa ja taas Fenton-reaktioon, jolloin pH-arvo reaktorissa on alueella 2 - 5, ja
 b) tällä tavoin puhdistettu erotuslaitteesta poisvedetty
 30 jätevesi johdetaan biologisen puhdistusmenetelmän avulla tapahtuvaan loppupuhdistukseen.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,

35 t u n n e t t u siitä, että jättevettä käsitellään AW-CSB-pitoisuuksilla 1000 - 12 000 mg/l.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että happona käytetään rikkihappoa.

4. Minkä tahansa patenttivaatimuksen 1-3 mukainen menetelmä,
5 t u n n e t t u siitä, että kiinteään ja nestemäisen vaiheen erotus tapahtuu suodattimien, kuivauslinkojen, kuortolasien tai erottimien välityksellä.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
10 t u n n e t t u siitä, että osittainen sähkökemiallinen reaktio suoritetaan ilman välikalvoa olevassa jakamattomassa elektrolyysikennossa, joka sisältää jaloteräksestä (materiaali n:ro 1.4539 ja 1.4571), hiilestä tai grafiitista tehdyt katodit ja platinoidusta tai tunnetuilla platinametallioksidia sisältävillä päällysteillä varustetusta titaanista tehdyt
15 mittavakaat anodit.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että elektrolyysikennossa katolyytti-
20 ja anolyyttitilat on erotettu toisistaan osittain läpäisevän välikalvon tai ioninvaihtokalvon välityksellä.

7. Patenttivaatimuksen 1 tai 6 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että elektrolyysikennon kalvo on
25 tehty perfluoroidusta muovista, joka sisältää sulfonihapporyhmät toiminnallisina ryhminä.

8. Minkä tahansa patenttivaatimuksen 1, 6 tai 7 mukainen menetelmä,
30 johdetaan elektrolyysikennon katolyyttitilaan ja pelkistetään siinä osittain tai täydellisesti rauta(III)-liuos jolloin käytetään suuruudeltaan 100 - 3000 A/m² olevia virtaus-
tiheyksiä katodin projektiopinnalle laskettuna.

35 9. Minkä tahansa patenttivaatimuksen 1-8 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että moolisuhde CSB/H₂/O₂/Fe on alueella 20/20/1 - 20/10/5.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että moolisuhde $\text{CSB}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe} =$
20/10/1.

