

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

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

(10) **FI 902984 A7**

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

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 902984

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification (IPC⁶)
C02F 1/52
C02F 1/66

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 14.06.1990

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 14.06.1990

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 15.12.1990

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 13.06.2019

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

14.06.1989 GB 8913643 31.07.1989 GB 8917495

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 •Buxton Lime Industries Ltd, Tunstead Quarry, Wormhill, near Buxton Derbyshire SK17 8TG, United Kingdom,
ISO-BRITANNIA, (GB)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 •Birchall, James Derek, United Kingdom, ISO-BRITANNIA, (GB)
2 •Walker, Michael John, United Kingdom, ISO-BRITANNIA, (GB)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

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

Vedenkäsittelymenetelmä

Förfarande för behandling av vatten

Vedenkäsittelymenetelmä

Tämä keksintö käsittää menetelmää veden käsittelemiseksi, ja erityisesti menetelmää happaman veden käsittelemiseksi sen ympäristöllisen hyväksyttävyyden ja juotavuuden parantamiseksi.

Happamat vedet, joita saadaan esimerkiksi keräämällä niin kutsuttua happosadevettä, sisältävät liuennutta alumiinia määrinä, joiden tiedetään olevan haitallisia järvien ja jokien kaloille, ja jotkut asiantuntijat pitävät niitä vahingollisina juurille, kuten puiden juurille. On myös tunnettua, että liunneen (lubiilin) alumiinin läsnäolo vedessä, jota käytetään munuaisdialyysissä, on vaarallista potilaille, joille voi kehittyä neurologisia häiriöitä ja luusairauksia.

Alumiini on olennaiselta osin liukenematonta neutraaliin tai emäksiseen veteen, mutta sen liukoisuus kasvaa kun veden happamuus kasvaa (veden pH pienenee). pH-arvossa 6 tai sen alle, alumiini liukenee toksiselle tasolle asti, ja sen läsnäolo happamissa vesissä saattaa seurata esimerkiksi veden kosketuksesta alumiinipitoisten kivien ja maa-aineisten kanssa, tai alumiinisuolojen, kuten alunan käytöstä saostusaineena vedenkäsittelyjärjestelmissä.

On tunnettua, että alumiinin vahingollinen vaikutus kaloille ja puille voidaan minimoida alentamalla happaman veden happamuutta (nostamalla pH:ta), jolloin alumiinin liukoisuus veteen alenee. Näin ollen happamien järvien, jokien ja virtojen, sekä niitä ruokkivien keräysalueiden käsittelyssä on tavallinen käytäntö käsitellä vettä emäksellä, kuten alkali- tai maa-alkalimetallikarbonaattilla. Emäkset, jotka sisältävät kalsiumia, ovat edullisia niihin verrattuina, jotka sisältävät alkalimetalleja, koska on ajateltu, että kalsiumioneilla on edullinen vaikutus, joka kohottaa kalojen sietokykyä veden epäpuhtauksia vastaan.

Tavallisimmin käytetty emäs on kalsiumkarbonaatti kalkkikiven muodossa.

Veteen liuennut alumiini voidaan muuttaa myrkyttömäksi käsittelemällä vettä piillä (piihapon muodossa) määränä, joka on riittävä luomaan suuren ylimäärän piitä suhteessa alumiiniin, ja täten alumiinin vahingollinen ympäristövaikutus vähenee. Veden myrkyllisyyden aleneminen piillä on suurempi, kuin mitä saavutetaan käsittelemällä vettä pelkällä emäksellä, ja se ei ole riippuvainen veden pH:n kasvusta. On kuitenkin edullista kohottaa veden pH:ta samalla kun piitä (tai piihappoa) liuotetaan veteen.

Tämän keksinnön mukaan on tuotettu menetelmä liuennutta alumiinia sisältävien vesien myrkyllisyyden alentamiseksi, joka menetelmä käsittää piilähteen (piihappo) ja emäslähteen liuottamisen veteen sellaisina määrinä, että vesi sisältää vähintään 40 mikromoolia per litra liuennutta piitä, ja piin suhde alumiiniin vedessä on suurempi kuin noin 6:1, ja edullisesti suurempi kuin 10:1. Piilähteen määrä on edullisesti sellainen, että vesi sisältää vähintään 100 mikromoolia per litra liuennutta piitä.

Erillisiä lähteitä piille ja emäkselle voidaan käyttää, tai jos halutaan, voidaan emäkselle ja piille käyttää yhteistä lähdettä. Esimerkkejä piilähteistä, joita voidaan käyttää, ovat alkalimetallisilikaatit ja maa-alkalimetallisilikaatit. Joissakin tapauksissa voidaan käyttää hitaasti liukenevia tai erittäin hitaasti liukenevia lähteitä, kuten hiekkaa, kvartssia, ja eräitä savia. Esimerkkejä emäslähteistä, joita voidaan käyttää, ovat kalkki, sammutettu kalkki, poltettu kalkki, kalkkikivi, liitu ja liitujauhe.

Seoksia yhdestä tai useammasta piilähteestä yhden tai useamman emäslähteen kanssa voidaan käyttää, kuten voidaan myös yhteistä piin ja emäksen lähdettä yhdessä erillisen piilähteen kanssa, esimerkiksi tapauksissa, joissa halutaan lisätä piin konsentraatiota suhteessa ve-

dessä olevaan emäkseen, tasolle, jota ei voida saavuttaa pelkästään yhteisellä lähteellä. Erityinen esimerkki tässä keksinnössä käytettävästä seoksesta on kalkin ja/tai kalkkikiven seos alkalimetallisilikaatin kanssa.

5 Edullisesti ainakin jonkin verran piistä ja emäksestä tuotetaan samalla lähteellä, joka voi olla esimerkiksi alkalimetallisilikaatti tai maa-alkalimetallisilikaatti. Hydrauliset kalsiumsilikaatit ovat edullisia käsittelyaineita, ja ne ovat helposti saatavilla hydraulisten kalsiumsilikaattisementti-
10 linkkerien muodossa, jotka ovat sementtifaaseja, jotka koostuvat di- tai trikalsiumsilikaateista, $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ja $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$. Portland-sementtejä, jotka sisältävät huomattavan osan hydraulista kalsiumsilikaattia, voidaan myös käyttää; tällaiset sementit sisältävät
15 usein myös kaliumalumiinaatteja, jotka ovat ei-toivotuja, koska ne saattavat tuottaa lisää veteen liuennutta alumiinia, mutta tämä liuennut lisäalumiini voidaan sieittää, sillä ehdolla, että vesi sisältää vähintään 40 ja edullisesti vähintään 100 mikromoolia per litra piitä.

20 Piin (piihapon) liukeneminen happamiin vesiin, joiden pH on 5,5 tai enemmän, ja jotka sisältävät liuennutta alumiinia, johtaa kompleksisten aluminosilikaattilajien muodostumiseen, jotka ovat yleensä myrkyttömiä.

Kuten mainittiin, tulisi pii:alumiinsuhteen vedessä
25 olla vähintään 6:1 ja edullisesti vähintään 10:1, ja veden piipitoisuuden tulisi olla vähintään 40 mikromoolia per litra ja edullisesti vähintään 100 mikromoolia per litra. Käytettäessä sementtiklinkkeriä piilähteenä (ja alkalilähteenä veden pH:n nostamiseksi), lisätään veteen samalla
30 alumiinia, koska sementtiklinkkerit ovat kalsiumaluminosilikaatteja. Sementtiklinkkerit sisältävät tyypillisesti piitä ja alumiinia suhteessa 3,45:1, vaikka jopa noin 7:1 on mahdollinen joillakin klinkkereillä. Sen vuoksi tyypillisen sementtiklinkkerin käyttö (suhde 3,45:1) ei ehkä
35 tuota riittävästi piitä veteen veden kokonaisalumiinimää-

rän (mukaanlukien klinkkerissä lisätyn) myrkyttömäksi tekemiseksi. Sen vuoksi on toivottavaa lisätä piitä sementtiklinkkeriin liukoisen silikaatin muodossa, kuten alkali-metallisilikaattina tai maa-alkalimetallisilikaattina.

5 Lisäsilikaatti voidaan sisällyttää sementtiklinkkeriin silikonirikastetun jauheen tuottamiseksi, tai se voidaan annostella erikseen käsiteltävään veteen.

Riittävän piimäärän (piihappo) liukenemisen happamiin vesiin, joiden pH on 5,5 tai suurempi, uskotaan johtavan kompleksisten aluminosilikaattilajien muodostumiseen, jotka ovat välivaiheita liukenemattomien aluminosilikaatti-imogoliittien muodostumisessa. Nämä välivaiheet saattavat pysyä liuennena pitkiä ajanjaksoja, mutta lopulta ne saostuvat kolloidisina kiintoaineina. Jäännös-

10 alumiini saattaa sen vuoksi olla vedessä korkea, mutta alumiinin toksinen muoto voi olla erittäin matala, esimerkiksi niin alhainen kuin 1 mikrogramma litraa kohti. Kolloidisina kiintoaineina kiteytyneet kompleksiset aluminosilikaattilajit voidaan haluttaessa poistaa, mutta niiden

15 biologinen saatavuus on alhainen verrattuna alumiinihydroksidiin, ja niiden voidaan antaa olla vedessä ja hitaasti saostua pois.

Veden käsittelyssä hydraulisilla kalsiumsilikaateilla, kuten sementtiklinkkerillä, on tärkeää varmistaa,

25 että silikaatin kanssa kosketuksessa olevan veden pH on ja pysyy alle noin arvon 9,0, jotta estettäisiin sementin muodostuminen silikaattien liukenemisen kustannuksella. Jos veden pH:n annetaan nousta yli noin arvon 10,0, tapahtuu silikaateilla asettumisreaktio, ja muodostuu sementtiä; kuitenkin mikäli pH pysyy alle noin arvon 9,0, estyy asettumisreaktio, ja tapahtuu silikaattien hidas liukeminen. Näinollen, mikäli pieni määrä vettä sekoitetaan hydraulisten kalsiumsilikaattien kanssa, nousee veden pH nopeasti arvoon noin 12,0, tapahtuu asettumisreaktio niin,

30 että sementti muodostuu, ja erittäin vähän piihappoa, noin

35

1 ppm, liukenee veteen. Kuitenkin suurten vesimäärien läsnä ollessa, esim. 200:1 tai enemmän vettä:kiintomassasuhte, säilyy pH alle arvon 9,0, asettumisreaktio estyy, ja huomattavia määriä piihappoa liukenee veteen. Esimerkiksi
 5 pH-arvossa 6,0 voi liuenneen piihapon määrä olla jopa 130 - 15³ ppm.

Sen vuoksi, jotta saavutettaisiin kalsiumsilikaattien liukeneminen paremminkin kuin sementin muodostuminen, tulisi kalsiumsilikaattien läheisyydessä veden pH pitää
 10 alle arvon noin 9,0. Tämä voidaan saada aikaan varmistamalla suuri ylimäärä vettä (vaikka liian suuri vesimäärä saattaa johtaa liuoksen laimenemiseen niin, että minimiarvoa 40 mikromoolia piitä vesilitraa kohti ei saavuteta) ja/tai varmistamalla silikaattien läheisten staattisten
 15 kerrosten puuttuminen sekoittamalla ja/tai kuljettamalla vettä läpi silikaattipedin. Nopeasti virtaavien vesivirtojen tapauksessa voidaan käyttää suuria silikaattigranulaatteja, kun taas pienempiä partikkeleita tulisi käyttää hitaammin liikkuvien virtojen tapauksessa. Käyttökelpoinen
 20 menetelmä järvien käsittelyssä, missä vesi on staattista tai oleelliselta osin staattista, ja sekoitus voi olla epäkäytännöllistä tai mahdotonta, on sumuttaa tai muutoin levittää silikaatit hienojakoisen jauheen muodossa veden pinnalle, ja antaa upota hitaasti veden läpi.

25 Silikaattikoostumus, joka sisältää asettumista estävää lisäainetta, saattaa olla tarpeen käsiteltäessä vettä ympäristöissä, joissa staattisten vesikerrosten muodostumista silikaateille ei voida estää, esimerkiksi käsiteltäessä happamia jätevesiä, missä ei ole vesiylimäärää eikä
 30 oleellista vesivirtausta. Tällaisten koostumusten asettuminen estetään ja silikaattien liukeneminen varmistetaan korkeammissa pH-arvoissa, kuin voidaan sallia seostamattomien hydraulisten kalsiumsilikaattien tapauksessa. Tällaisten koostumusten käyttö saattaa todellakin olla riippumaton käsiteltävän veden (paikallisesta) pH-arvosta.
 35

Sopivia lisäaineita hydraulisten kalsiumsilikaattien asettumisen estämiseen tai hidastumiseen ovat esimerkiksi sokerit, kuten sakkaroosi ja raffinoosi. Koostumusten valmistamiseksi hienojakoiseksi jauhetut hydrauliset silikaatit sekoitetaan sokeriliuoksen kanssa ja saatava kovettuva tuote jauhetaan sopivaan partikkelikokoon.

Kuten edellä mainittiin, tarjoaa tämä keksintö menetelmän liuennutta alumiinia sisältävien vesien käsittelemiseen, joka menetelmä alentaa myrkyllisen alumiinin määrän jopa 1 mikrogrammaan litraa kohti, kompleksoimalla alumiinin liunneen piin (piihapon) kanssa samalla nostoen veden pH:ta (alentamalla happamuutta) lisäämällä emästä.

Hydraulisten kalsiumsilikaattien kanssa kosketuksessa olevan veden pH:n vaikutuksen ja tarpeen välttää sementin muodostukseen johtavia asettumisreaktioita kuvaamiseksi esittää taulukko 1 alla liunneen piin määrän (piihappona) mitattuna vedestä, jota on käsitelty eri pH:n arvoissa:

TAULUKKO 1	
Veden pH	Liuennut piihappo - ppm
8	130
10	65
11,5	20
12,5	1-5

Tarpeen välttää sementin muodostumiseen johtavia asettumisreaktioita edelleen kuvaamiseksi esittää taulukko 2 alla kalsium:piihapposuhteen mitattuna vesistä, joita on käsitelty toisaalta suojaamattomilla hydraulisilla kalsiumsilikaateilla ja toisaalta samoilla hydraulisilla kalsiumsilikaateilla seostettuna sakkaroosilla, kuten edellä kuvattiin.

TAULUKKO 2

Aika		Ca: Si-suhde liuoksessa	
(minuuttia)	Silikaatit	Silikaatit ja sakkaroosi	
	1	1000	114
5	5	1000	93
	10	1000	90
	30	1000	19
	70	1000	10
	120	1000	8,5
10	210	1000	6,2
	300	1000	5,9

Keksintöä on kuvattu seuraavilla esimerkeillä.

Esimerkki 1

- 15 Näytteitä sementtilinkkerissä, jonka partikkelikoko oli alle 1,18 mm, asetettiin 2,5 ml/minuutti virtaukseen vettä, joka oli happamoitettu pH-arvoon 3,0 suolahapolla. Vettä kerättiin 100 minuutin jakson ajan, jotta saatiin riittävä materiaali pH:n, liuenneen piin (analysoitiin
- 20 piihappona) ja silikoni/alumiinisuhteen analysoimiseen. Tulokset saatiin 1, 2, 3 ja 4 g:n sementtilinkkerimäärille, ja ne on esitetty alla:

Näyte	Käsitellyn veden pH	SiO ₂ μM/l	Si/Al
25 1 g	10,8	135,6	18
2 g	10,9	455,1	30
3 g	11,5	503,5	39
4 g	11,2	406,7	60

- 30 Tulokset osoittavat, että kaikissa kokeissa sementtilinkkeri liukeni happamaan veteen alentaen sen happamuutta (nostaen pH:ta) tuottaen korkean määrän liuennutta piitä (SiO₂) ja tuottaen Si/Al-suhteen, joka on huomattavasti yli 10.

Esimerkki 2

Näytettä tavallisesti Portland-sementistä, joka oli jaettu ominaispinta-alaan 350 m²/kg, arviointiin esimerkissä 1 kuvatulla happaman veden virtauskokeella. Tulokset olivat seuraavat:

5

Näyte	Käsitellyn veden pH	SiO ₂ μM/l	Si/Al
1 g	10,8	125,9	11
2 g	11,2	145,3	13
10 3 g	10,1	125,9	15
4 g	11,0	164,6	12

Tulokset osoittavat, että sementti liukenee siten, että pH kasvaa ja saavutetaan korkeat piihapon määrät ja Si/Al-suhteet.

15

Esimerkki 3

Kuivaa seosta esimerkissä 2 käytetystä tavallisesta Portland-sementistä ja 1 paino-%:sta sakkaroosia kostutettiin ja sekoitettiin ja annettiin asettua. Saatu kiintoaine jauhettiin karkeaksi pulveriksi ja sille suoritettiin esimerkissä 1 kuvattu happaman veden virtauskoe. Tulokset olivat:

20

Näyte	Käsitellyn veden pH	SiO ₂ μM/l	Si/Al
1 g	3,6	52,2	15
25 5 g	12,2	606,5	37
10 g	12,3	334,8	16

Esimerkki 4

30 % w/w poltettua kalkkiseosta, jonka partikkeli-koko ~~koli~~ 90 % alle 75 μm (ICI laatu SG90), sekoitettiin kuivatun Gaultin saven kanssa ja kostutettiin sitten mahdollistaen halkaisijaltaan noin 3 mm:n ekstrudoitujen pellettien muodostumisen. Näitä pellettejä poltettiin lyhyen aikaa 1000 °C:ssa, jotta päästäisiin eroon fysikaalisen epästabiiliuden ongelmasta vedessä, ja niille suoritettiin esimerkissä 1 kuvattu happaman veden virtauskoe. Tulokset olivat:

30

35

Näyte	Käsitellyn veden pH	SiO ₂ µM/l	Si/Al
1 g	3,0	32,7	5
5 g	10,7	336,5	12
5 10 g	11,7	471,1	18

Esimerkki 5

Samalla tavalla kuin esimerkissä 4, valmistettiin 30 % w/w sammutettu kalkki/talkkiseos, ja sille suoritettiin virtauskoe. Tämä tuote sisälsi vähemmän alumiinia savessa, ja kuten oli odotettua, se tuotti parannusta Si/Al-suhteessa. Tulokset olivat:

Näyte	Käsitellyn veden pH	SiO ₂ µM/l	Si/Al
1 g	2,0	60,4	211
15 5 g	7,0	110,4	123
10 g	9,7	364,6	255

Esimerkki 6

Samalla tavalla kuin esimerkeissä 4 ja 5, valmistettiin 30 % w/w poltettu kalkki/piimaa-seos, ja sitä keuhkettiin virtauskokeessa happamoitetulla vedellä.

Tulokset olivat:

Näyte	Käsitellyn veden pH	SiO ₂ µM/l	Si/Al
1 g	3,4	43,8	56
25 5 g	10,5	93,8	56
10 g	10,5	104,2	77

Tulokset liuenneen piihapon osalta ovat marginaalisia verrattuina tavoitteeseen 100 µM/l, mutta kuten odotettua alhaisen alumiinipitoisuuden tuotteelle, Si/Al-suhde on korkea.

Esimerkki 7

Valmistettiin kuivaseoksia murskatusta kalkkikivestä, natriumsilikaattijauheesta ja tavallisesta Portlandsementistä, sekoitettiin veden kanssa pastan aikaansaamiseksi, ja annettiin kovettua yön yli. Näytteet murskattiin

karkeaksi pulveriksi (alle 1,4 mm) ja niille suoritettiin esimerkissä 1 kuvattu virtauskoe.

Näyte

5	w/w kalkkikivi/ silikaatti/se- mentti	Näytteen koko	Käsitellyn veden pH	SiO ₂ µM/l	Si/Al
	75/10/15	5 g	12,5	255,6	9
	85/10/5	5 g	12,0	6655,4	1322

Esimerkki 8

10 Myrkyllisyyden kaloille tutkiminen suoritettiin käyttäen A-sementtiä, B-sementti/sakkaroosia, C-kalkkia/savea ja D-kalkkia/talkkia.

15 Eri seokset A - D lisättiin veteen, joka sisälsi 20 µM/l alumiinia, määrinä, jotka tuottivat arviolta 500 µM/l liuennutta piitä. Näitä vesinäytteitä verrattiin vertalunäytteisiin, jotka sisälsivät E - vain 20 µM/l alumiinia, F - 500 µM/l natriumsilikaattia, G - samanlaisen liuoksen, josta oli ioninvaihdolla korvattu natriumionit vetyioneilla, sekä H/I - silikaattiliuokset molempia tyyppiä, 20 µM/l alumiinia kanssa. Kaikki vesinäytteet säädettiin pH-arvoon 5 typpihapolla.

20 Kolme 10 litran säiliöllistä kutakin vesinäytettä valmistettiin, ja annettiin tasapainottua 24 tunnin ajan ennen kuin kuhunkin säiliöön laitettiin 20 ruskoraudun poikasta (0,5 - 1,0 g), joita oli juuri pidetty ilman ruokaa 2 päivää ja totutettu pH 5 vedessä 24 tuntia. Kumulaatiivisen kuolleisuuden tulokset 24 tunnin jakson aikana olivat seuraavat:

Kuolemia aikajaksossa*

		Aika tunteja							
Käsittely		3	6	9	12	15	18	21	24
5	A	0	0	0	0	0	0	2	2
	B	0	0	0	0	0	1	2	3
	C	0	0	0	0	0	0	0	1
	D	0	0	0	0	0	1	1	1
Vertailuesimerkit									
10	E	0	0	1	2	6	7	14	20
	F	0	0	0	0	0	2	3	3
	G	0	0	0	0	0	0	1	2
	H	0	0	0	0	0	1	1	1
	I	0	0	0	0	0	0	1	1

*Annetut luvut ovat kolmen kokeen keskiarvoja

15 Kontrollikokeet, joissa käytettiin käsittelemätöntä vettä, jonka pH oli 5, johtivat 1 - 3 kalan kuolemaan 24 tunnin jakson aikana.

20 Veden kemia ennen ja jälkeen kalojen altistamisen tutkittiin, ja tulokset on esitetty alla. Kaikki näytteet suodatettiin läpi 0,2 µm suodattimesta ennen analyysiä.

Kontrolli

	Vertailuesimerkit	Ennen altistamista			Altistamisen jälkeen		
		Si (µM)	Al (µM)	Si/Al	Si (µM)	Al (µM)	Si/Al
25	A	254,1	21,7	11,7	246,8	20,8	11,9
	B	283,8	21,0	13,5	274,6	20,3	13,5
	C	324,0	21,0	15,4	303,4	20,2	15,0
	D	340,5	340,5 ^{20,6}	16,5	336,8	19,8	17,0
	E	3,8	20,0	0,2	2,8	19,4	0,1
30	F	498,2	1,0	498,2	475,8	0,9	528,7
	G	522,1	1,1	474,6	508,4	1,0	508,4
	H	503,9	20,3	24,8	496,8	19,1	26,0
	I	507,2	20,2	25,1	488,4	19,2	25,4

35 Näistä tuloksista käy ilmi, että liuenneen piin pitoisuus yhdisteillä A - D jäi puuttumaan tavoitteesta

500 $\mu\text{M}/\text{l}$, mutta vaikutus kalojen kuolleisuuteen on siitä huolimatta merkittävä.

5 Kalojen kuolleisuuden tulokset osoittavat, että liuennut alumiini määränä 20 mikromoolia litrassa tappoi kaikki kalat 24 tunnin jakson aikana, kun taas piin ja emäksen liuottaminen veteen olennaiselta osin eliminoi alumiinin toksisuuden, mikäli pii/alumiinisuhde ylittää arvon noin 10.

10 Kustakin tankista otetuille kolmelle kalalle suoritettu solututkimus ei osoittanut merkittäviä määriä alumiinia kuduskudoksessa, lukuunottamatta pieniä määriä joissakin kaloissa, jotka oli altistettu tavallisessa Portland-sementissä.

15 Kolmen kalan kustakin tankista kudosten sulattaminen osoitti seuraavia kokonaisalumiinimääriä:

Pelkkä vesi, ja vesi/Si	1 - 2 $\mu\text{g}/\text{g}$ Al
20 μM alumiinia yksinään	10 $\mu\text{g}/\text{g}$ Al
20 μM alumiinia plus 500 μM Si	1,5 - 2 $\mu\text{g}/\text{g}$ Al
20 μM alumiinia plus yhdisteet A - D	2 - 3 $\mu\text{g}/\text{g}$ Al

20 Tämä esimerkki 8 osoittaa, että käsittelyt A - D ovat tehokkaita alumiinin myrkyllisyyden happamissa vesissä eliminoinnissa liuottamalla piiyhdisteitä ja emästä.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä liuennutta alumiinia sisältävien vesien tekemiseksi myrkyttömiksi, t u n n e t t u siitä, 5 että se käsittää piilähteen ja emäslähteen liuottamisen veteen sellaisina määrinä, että vesi sisältää vähintään 100 mikromoolia litrassa liuennutta piitä, ja piin suhde alumiiniin vedessä on suurempi kuin 6:1.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, 10 t u n n e t t u siitä, että piin suhde alumiiniin vedessä on suurempi kuin 10:1.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että siinä käytetään yhteistä piin ja emäksen lähdettä.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, 15 t u n n e t t u siitä, että yhteinen piin ja emäksen lähde on hydraulinen kalsiumsilikaatti.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hydraulinen kalsiumsilikaatti 20 on sementtiklinkkeri.

6. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hydraulinen kalsiumsilikaatti on Portland-sementti.

7. Minkä tahansa patenttivaatimuksista 3 - 6 mukai- 25 nen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että siinä käytetään lisäpiilähdettä.

8. Minkä tahansa patenttivaatimuksista 4 - 7 mukai- 30 nen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hydrauliseen kalsiumsilikaattiin lisätään saostumista estävää lisäainetta.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että lisäaine on sokeri.