



(19) Országkód

**HU**



**MAGYAR  
KÖZTÁRSASÁG**

**MAGYAR  
SZABADALMI  
HIVATAL**

## **SZABADALMI LEÍRÁS**

(11) Lajstromszám:

**222 009 B1**

(21) A bejelentés ügyszáma: P 96 01722  
(22) A bejelentés napja: 1994. 12. 16.  
(30) Elsőbbségi adatok:  
08/172,202 1993. 12. 23. US  
08/351,017 1994. 12. 07. US  
(86) Nemzetközi bejelentési szám: PCT/US 94/14566  
(87) Nemzetközi közzétételi szám: WO 95/17517

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

**C 12 P 7/08**

C 12 P 7/10

C 12 P 7/14

(40) A közzététel napja: 1997. 10. 28.  
(45) A megadás meghirdetésének dátuma a Szabadalmi  
Közlönyben: 2003. 03. 28.

(72) Feltalálók:

Chieffalo, Rodger, Birmingham, Alabama (US)  
Lightsey, George R., Starkville, Mississippi (US)

(73) Szabadalmas:

Controlled Environmental Systems Corporation,  
Birmingham, Alabama (US)

(74) Képviseelő:

Válas Györgyné dr., DANUBIA Szabadalmi és  
Védjegy Iroda Kft., Budapest

(54)

### **Nagyüzemi eljárás etanol előállítására**

#### **KIVONAT**

A találmány szerinti eljárásban települési szilárd hulladék anyagból elkülönítik és kinyerik az újrahasznosítható gumit, fémet, műanyagot, és a hulladék visszamaradó szerves részét etanol és más kémiai anyagok előállítására használják. Az egyik eljárásban egy előkezelési lépést alkalmaznak, amelyben híg kénsav felhasználásával csökkentik a települési szilárd hulladék anyag

cellulózkomponensének nehézfém tartalmát. Egy másik eljárás szerint a települési szilárd hulladék anyag cellulózkomponensének nehézfém tartalmát kénsavval való hidrolízis után ioncserélő eljárással távolítják el. Ismertetnek egy gazdaságos, energetikailag hatékony eljárást is etanol előállítására települési szilárd hulladék anyagból.

**HU 222 009 B1**

A találmány tárgyát települési szilárd hulladék anyag, szennyvíziszap és hulladék gumiabroncsok automatizált kezelésére szolgáló eljárások és eszközök képezik, amely eljárásokkal minden használható anyagot eltávolítunk és visszanyerünk ezekből, valamint a találmány tárgyát képezi egy nagyüzemi etanol-előállítás eljárás. A találmány tárgyát képezi továbbá egy eljárás nehézfémek eltávolítására a települési szilárd hulladék cellulózkomponensétől.

Általában a szilárd hulladék anyagokat és szennyvíziszapot talajfeltöltés és/vagy hulladékégetés révén helyezik el. Mind a talajfeltöltés, mind a hulladékégetés kapcsán fennálló környezettel kapcsolatos megkövetelések szükségessé teszik a szilárd hulladék anyag elhelyezésére szolgáló alternatív megoldás bevezetését. A hulladékégetők által okozott környezetszennyezés kiváltotta felháborodás sok új hulladékégető-beruházás megvalósítását leállította. A kormányzat a talajfeltöltéssel kapcsolatos problémákra reagálva úgy határozott, hogy a természeti erőforrások megőrzése és a szilárd hulladék anyagnak a talajfeltöltésre való önzölése megállítására újrahasznosítást kell alkalmazni.

Korábban számos technológiát kidolgoztak már újrahasznosítható anyagoknak szilárd hulladék anyagokból való visszanyerésére, amelyek révén tüzelőanyagot és ipariilag hasznosítható alkoholokat és gázt állítottak elő.

Például:

Az 5 198 074 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban etanolnak bambuszból való előállítását ismertetik, amely a bambusz forgácsolását, foszlatását, mosását, és a víz eltávolítására való préselését foglalja magában. A rostot ezután gőzzel előhidrolizálják, a kapott oldott cukrokat fermentálják, így etanolt nyernek.

Az 5 184 780 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban olyan rendszert ismertetnek, amellyel szilárd hulladék anyagnak egy vagy több kezelési soron való feldolgozásával visszanyerik az újrahasznosítható anyagokat, például hullámpapírt, fémeket, műanyagtermékeket, papírt és üveget.

Az 5 135 861 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban etanol gyártását ismertetik biomasszából, amelyet fermentációs reakcióban képződő szén-dioxid vagy hulladék citrusfélék természetes előfordulású szerves savai katalizátorként való alkalmazásával hidrolizálnak.

Az 5 104 419 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban metanol előállítására szolgáló eljárást ismertetnek szilárd hulladék anyagokból, például települési szilárd hulladék anyagból, ezt az anyagot részlegesen oxidálják és elégetik, az égési gázokat, oxigént, és szén-dioxidot a szilárd hulladék anyagon átvezetik, a gáz kevésbé illékony komponenseit az illékonyabb komponensektől elválasztják, és az illékonyabb komponenseket szén-dioxiddal reagáltatják, így metanolt nyernek.

Az 5 060 871 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban eljárásokat ismertetnek fémötvözet-részecskék elválasztására a részecskeméret, sűrűség és/vagy elektromos vezetőképesség különbségének hasznosításával.

Az 5 036 005 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban folytonos fermentációs eljárást ismertetnek tüzelőanyag minőségű etanol előállítására cukorból, amelyben az etanolt egy olyan oldószeres extrakciós oszlop alkalmazásával távolítják el, amely a fermentáció mikroorganizmusaira nézve nem toxikus oldószert tartalmaz.

Az 5 009 672 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban városi szilárd hulladék anyag komponenseinek újrahasznosítására és visszanyerésére szolgáló eljárást ismertetnek, amelyben nagy nyomású préselést, szitálást, valamint mágneses szeparálási lépést alkalmaznak. A kinyert, rothadásra képes szerves komponenseket ezután anaerob fermentációs folyamatnak teszik ki, és az így kapott biogázokat közvetlenül alkalmazzák elektromos áram előállítására.

A 4 974 781 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban papír- és műanyag-elválasztási eljárást ismertetnek, amelyben az anyagokat nedveségnek és hőnek teszik ki, hogy a papírt újrapépesítsék. Az újrapépesített anyagokat ezután elválasztják a nem pépesíthető anyagoktól, majd reciklizálják, elégetik, vagy kémiai eljárások nyersanyagaként hasznosítják.

A 4 952 503 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban folytonos etanol gyártási eljárást ismertetnek, amelyben az élesztő eltávolítására centrifugálásos elválasztási lépést használnak.

A 4 874 134 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban olyan szilárdhulladékanyag-kezelési eljárást ismertetnek, amellyel újrahasznosítható anyagokat, például hullámpapírt, vastartalmú fémeket, nemvasfémeket, műanyagokat, papír- és üvegtartályokat, valamint komposztálható, biológiailag lebomló hulladék anyagokat nyernek ki. Először a terjedelmes, értékes, fel nem dolgozható anyagokat és a visszaváltható anyagokat nyerik ki, majd egy első vastartalmú fémfrakciót nyernek ki mágnesesen, ezután a hulladék anyagot aprítják, mágnesesen elválasztanak egy második vastartalmú fémfrakciót, ezután a papírfrakciót különítik el pneumatikusan, így egy biológiailag lebomló frakciót nyernek, amely komposztálható.

A 4 692 167 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban berendezést ismertetnek szilárd hulladék anyagok feldolgozására, amelynek eredményül őrlés, a vastartalmú fémek mágneses elválasztása, szitálás, szárítás, gravitációs elválasztás, ciklonban való elválasztás, szitálás és préseléses granulálás után granulált szilárd tüzelőanyagot nyernek.

A 4 650 689 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban eljárást ismertetnek etanolnak cellulóztartalmú anyagokból való előállítására, amely abban áll, hogy a cellulóztartalmú anyagokat igen tömény ásványisavgáznak, például nyomás alatt álló hidrogén-klorid-gáznak teszik ki, és forró vízzel kezelik, majd az így kapott cukortartalmú cefrét fermentálják.

A 4 612 286 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban eljárást ismertetnek fermentálható anyagokat tartalmazó biomassza savas hidrolízisére ellen-

áramú diffúziós kezeléssel. Előnyösen mintegy 2–10 térfogat%-os kénsavat alkalmaznak.

A 4 553 977 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban szilárdhulladék-komponensek elkülönítésére vonatkozó eljárást ismertetnek, amelyben először egy dobszítán eltávolítják az alumíniumdobozokat, így egy szerves anyagokban gazdag frakciót nyernek, amelyből elkülönítik az újrahasznosítható rosttermékeket. Az acéldobozokat mágneses elválasztással különítik el. A szerves anyagot tüzelőanyagként való felhasználásra különítik el, adott esetben pépesítést végeznek a papír nyersanyag visszanyerésére.

Az 4 541 530 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban feldolgozott szilárd hulladék anyagból fémrészecskék és nemfém részecskék elkülönítésére szolgáló eljárást ismertetnek, amelyben a hulladékot homogenizálják, és a hulladékkomponensek mágneses kezelésével egy fém-, például alumíniumkoncentrátumot nyernek.

A 4 384 897 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban biomassza kétlépéses hidrolízises kezelési eljárását ismertetik, ahol az első lépésben a könnyebben hidrolizálható poliszacharidokat, a második lépésben a nehezebben depolimerizálható poliszacharidokat depolimerizálják. A biomasszaanyag kívánt esetben az első és a második hidrolízislépések között szenzitizálható molekuláris oxigénnel való érintkezésbe hozás révén. A savakat bázissal, például kalciumkarbonáttal vagy hidroxiddal semlegesítik, így etanol termelését szolgáló fermentációs eljárásban alkalmazható oldatot nyernek.

A 4 341 353 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban lemezszítók és légosztályozók alkalmazásával tüzelőanyagot és újrahasznosítható anyagokat nyernek vissza hulladékból.

A 4 288 550 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban eljárást ismertetnek szemét anaerob fermentálással való emésztésére etanolt termelő élesztő jelenlétében, az eljárás révén a keményítőt közvetlenül etanollá alakítják előzetes hidrolíziskezelés nélkül, majd a kapott terméket metántermelő anaerob fermentáció révén metánná alakítják.

A 4 069 145 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban eljárást ismertetnek nagyobb elektromos vezetőképességű részecskék kisebb elektromos vezetőképességű részecskéktől való elválasztására elektromágneses örvényáramos szeparátorban.

A 4 063 903 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban olyan berendezést ismertetnek, amelyben szilárd hulladék anyagokból a szerves komponenseket kinyerik, és a szerves komponenseket tüzelőanyaggá vagy tüzelőanyag-kiegészítővé alakítják. Az aprított anyagot savval kezelik, majd melegítik és szárítják, ezután finom eloszlású tüzelőanyag-termékké őrlik.

A WO 94/23071 számú szabadalmi leírásban cukor előállítását írják le cellulózt és hemicellulózt tartalmazó elegyet tartalmazó biomasszából annak tömény (70–77%-os) savval való kezelésével, majd a kristályosság megszűnése után a sav 20–30%-ra való hígítá-

sával és az elegy melegítésével, minek során hidrolízis következik be. A savat és a cukrot ezt követően erősen savas gyantán elválasztják, és a cukrot alkohollá fermentálják.

- 5 A következőkben a találmányt ismertetjük.
- A találmány tárgya eljárás biztosítása települési hulladék anyag kezelésére és minden újrahasznosítható anyag visszanyerésére, valamint felhasználható ipari etanol termelésére.
- 10 A települési szilárd hulladék anyag folytonos, automatizált kezelésére szolgáló eljárás, amely valamennyi hasznos anyag eltávolítására és újrahasznosítására, és ipari etanol termelésére szolgál, a következő lépésekből áll:
- 15 (a) a települési szilárd hulladék anyagot ömlesztett állapotban szállítjuk a feldolgozóberendezéshez,
- (b) a gumiabroncsokat, vasanyagokat, nemvasfémsanyagokat, műanyagokat és üveget eltávolítjuk a hulladékból a cellulózkomponens kinyerésére,
- 20 (c) a (b) lépésben kapott cellulózkomponenst aprítjuk,
- (d) az aprított cellulózkomponenst 1–10 t%-os híg kénsavval 0,25–4 órán át 40–100 °C hőmérsékleten kezeljük, amellyel a visszamaradó nehézfémeket lényegében oldjuk, és egy oldott komponenst és egy oldhatatlan komponenst nyerünk,
- 25 (e) a (d) lépésben kapott oldott komponenst elválasztjuk az oldhatatlan komponenstől,
- (f) az (e) lépésben kapott oldhatatlan komponenst szárítjuk,
- 30 (g) az (f) lépésben kapott oldhatatlan komponenst tömény kénsav (mintegy 70 t%-os) és az oldhatatlan komponens mintegy 1:1 tömegarányú elegyében kezeljük, így részlegesen hidrolizált elegyet nyerünk,
- 35 (h) a (g) lépésben kapott részlegesen hidrolizált elegyet 80 °C és 100 °C közötti hőmérsékleten vízzel hígítjuk úgy, hogy 4–6 tömegrész vizet és 1 tömegrész hidrolizált anyagot tartalmazó oldatot nyerjünk,
- 40 (i) a (h) lépés szerint kapott hígított elegyet 1–4 órán át 80–100 °C hőmérsékleten keverjük, így emésztett anyagot nyerünk,
- (j) az (i) lépésben kapott emésztett elegyből a szilárd összetevőket eltávolítjuk, így egy szűrletet nyerünk,
- 45 (k) a szűrletet egy savtartalmú és egy cukortartalmú oldatra választjuk szét,
- (l) a cukortartalmú oldatot 12–14 t% cukortartalomig besűrítjük,
- (m) az (l) lépésben kapott besűrített cukortartalmú oldat pH-ját mintegy 6-ra állítjuk be,
- 50 (n) az (m) lépésben kapott oldatot 25–36 °C hőmérsékleten élesztővel fermentálva fermentlevet állítunk elő, és
- (o) a fermentléből az etanolt kinyerjük.
- 55 A találmány tárgyat képezi továbbá nehézfémnyomok és kloridok eltávolítása a települési szilárd hulladék anyag cellulózkomponenséből, amely eljárás a következő lépésekből áll:
- (a) a települési szilárd hulladék cellulózkomponensét
- 60 aprítjuk,

- (b) az aprított cellulózkomponenst híg, 1–10 t%-os kénsavval kezeljük 0,25–4 órán át 40–100 °C hőmérsékleten, hogy a nehézfémnyomokat kioldjuk, így egy oldott és egy oldhatatlan komponenst nyerünk, 5
- (c) a (b) lépésben nyert oldott komponenst elkülönítjük az oldhatatlan komponenstől, így a lényegében nehézfémnyomoktól mentes oldhatatlan komponenst nyerjük. 10
- A találmány tárgyát képezi továbbá egy eljárás etanol előállítására és lényegében minden nehézfém és a kloridok eltávolítására települési szilárd hulladék cellulózkomponenséből, amely eljárás abban áll, hogy
- (a) a települési szilárd hulladék cellulózkomponensét aprítjuk, 15
- (b) az (a) lépésben kapott aprított komponenst mintegy 1:1 arányban tömény (mintegy 70 t%-os) kénsavval kezeljük 30–80 °C hőmérsékleten, miáltal egy részlegesen hidrolizált elegyet nyerünk, 20
- (c) a (b) lépésben nyert részlegesen hidrolizált elegyet 80–100 °C hőmérsékletű vízzel hígítjuk, így mintegy 5:1 folyadék:szilárd anyag arányú szuszpenziót nyerünk, amelynek kénsavkoncentrációja mintegy 12 t%, 25
- (d) a (c) lépésben nyert hígított elegyet mintegy 1–4 órán át 80–100 °C hőmérsékleten keverjük, így emésztett anyagot nyerünk, 30
- (e) a (d) lépésben kapott, lényegében minden nehézfémet tartalmazó oldott komponenstől eltávolítjuk az oldhatatlan komponenst, és 35
- (f) az oldott komponenst etanollá dolgozzuk fel. Nem várt módon az előzőekben ismertetett eljárásorozat etanol igen hatékony és költségtakarékos előállítását teszi lehetővé települési szilárd hulladékból. A következőkben az ábrák rövid leírását adjuk. A hulladékfeldolgozási eljárást a mellékelt vázlatos folyamatábrán mutatjuk be, amely a leírás részét képezi, az 1. ábra a települési szilárdhulladékanyag-kezelési eljárásának teljes folyamatát mutatja be.
- Hivatkozási szám A berendezés leírása**
- |       |   |    |   |
|-------|---|----|---|
| 1A/1B | nyers alapanyagot tároló siló           | 19 | # 2 tárolótartály                           |
| 2     | adagoló tartály                         | 20 | fordított ozmózis szűrő                     |
| 3     | előkezelő kamra                         | 21 | ammónia és pH-kiegyenlítő rendszer          |
| 4     | híg kénsavat tároló tartály             | 22 | élesztőbeinjektáló rendszer                 |
| 5A    | első csigaprés                          | 23 | # 3 tárolótartály                           |
| 5B    | második csigaprés                       | 24 | fermentor                                   |
| 6     | szárító                                 | 25 | élesztőszűrő és desztillációs tárolótartály |
| 7     | feldolgozott alapanyagot tároló tartály | 26 | desztillálóoszlop                           |
| 8     | hígekénsav-semlegesítő tartály          | 27 | hűtőkígyó                                   |
| 9     | mészátroló tartály                      | 28 | etanoltároló tartály                        |
| 10    | gipsz szalagprés                        | 29 | vízátroló tartály                           |
| 11    | semlegesített vizet tároló tartály      | 30 | tömény kénsavat tároló tartály              |
| 12    | hidrolizáló rendszer                    | 31 | szennyvizet tároló tartály (kívánt esetben) |
| 13    | főzőtartály                             | 32 | vízmelegítő                                 |
| 14    | # 1 tárolótartály                       | A  | lignintároló tartály                        |
| 15    | szűrőprés                               | B  | kazánba táplált anyagot tároló tartály      |
| 16    | savviszanyerő, -tároló tartály          | C  | kazán                                       |
| 17    | savviszanyerő rendszer                  |    |   |
| 18    | bepárló                                 |    |   |
- A következőkben a találmány előnyös megvalósítási módját ismertetjük
- A szilárd hulladék anyag beszerezhető közvetlenül a helyhatóságtól vagy lehet előzetesen feltöltésre használt és később kinyert települési szilárd hulladék anyag is. A szilárd hulladék anyagot az üzembe egy teljesen automatizált fogadóállomáson fogadjuk be. A hulladék anyagot ezután ömlesztett anyag szállítására szolgáló futószalagra öntjük, az újrahasznosítható anyagokat, például az értékes nagy tömegű anyagokat, vastartalmú anyagokat, nemvasfémeket, például alumíniumot, üveget, műanyagot és gumit kinyerjük. Az ilyen anyagok kinyerési eljárásai jól ismertek, például az US 5 184 780, 5 104 419, 5 060 871, 5 009 672, 4 974 781, 4 874 134, 4 692 167, 4 553 977, 4 541 530, 4 341 353, 4 069 145 és 4 063 903 számú szabadalmi leírásokban ismertetnek ilyeneket, ezen leírások tartalmát teljes terjedelmükben referenciaként leírásunkba beépítjük.
- Előnyösen a gumiabroncsanyagot külön szállítószalagra választjuk el, amely szállítószalag a gumiabroncsfeldolgozó és gumikinyerő rendszerhez vezet, ahol a gumiabroncsokat aprítjuk, és a gumit, acélt és rostanyagot eltávolítjuk.
- A túlméretes, terjedelmes vasanyagoknak a szilárd hulladékot szállító szállítószalagról való eltávolítására egy távirányítású mágneses darut használunk. A túlméretes anyagokat ezután egy aprítóban dolgozzuk fel, amely az anyagot feldolgozható méretűre csökkenti. Ezt az anyagot egy reciklázótartályba juttatjuk, ahol a bálázásig gyűjtjük.
- A túlméretes anyagok eltávolítása után visszamaradó hulladék anyagot ezután dobszita vagy más szitarendszer segítségével osztályozzuk, olyan szitarendszert alkalmazunk, amely minden zsákot szétrombol, és két különálló, feldolgozásra váró anyagáramot eredményez. Megfelelő osztályozás esetén az anyagáramok egyike elsődlegesen adott méretű cellulóz- és fémtermékeket, míg a másik gumit, üveget, és a szerves anyagok többségét tartalmazza.

A hulladék anyagokat néhány mágneses elválasztási lépésen visszük át minden vastartalmú fém eltávolítására. A hulladékot egy örvényáramos szeparátoron átengedve eltávolítjuk az összes nemvasfémeket. A vastartalmú és a nemvasfémeket szállítószalagon tartályokba továbbítjuk a bálázás kivására. A hulladékot ezután aprítjuk, és az etanoltermelő rendszerben dolgozzuk fel, amely befogadja a hulladék anyagokat és kereskedelmi forgalomba hozható etanollá dolgozza fel. Az etanolgyártás melléktermékeinek egy része kereskedelmi forgalomba hozható, és/vagy a berendezés működésének elősegítésére használható elektromosság fejlesztésénél.

Például a települési szilárd hulladék cellulózkomponensének hidrolízise során nyert oldhatatlan anyag elsődlegesen lignint tartalmaz, amely minden edényes növény természetes aromás szerves polimerje. Nem várt módon azt találtuk, hogy ha a lignint kazánfűtő anyagként használjuk, az itt ismertetett feldolgozóberendezés működtetésének összenergia-költségei jelentősen csökkenthetők. Az előzőekben ismertetett energiamegtakarításra alapozva nem várt módon arra a felismerésre jutottunk, hogy az etanol termelésének költségei a kukoricából való etanoltermelés költségeihez viszonyítva mintegy 15–20%-kal csökkenthetők. Továbbá, a szárított lignin 13,96–18,61 MJ/kg értéke megnövelhető azáltal, ha a lignint települési szilárd hulladék tisztán égő, nem klórozott műanyagkomponensével kombináljuk. A nem klórozott műanyagot a klórozott műanyagtól (például PVC-től) való elválasztásának technológiája, amely Vinil Ciklus™ néven ismert, kereskedelmi forgalomban beszerezhető (National Recovery Technologies, Nashville, Tennessee, US). A Vinil Ciklus™ technológiát az 5 260 576 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmi leírásban ismertetik, amelynek teljes tartalmát referenciaként építjük be leírásunkba. Ez a lignin/műanyag kompozit anyag is elégethető kazánfűtő anyagként, ezzel tovább csökkentve az ismertetett etanoltermelési eljárás költségeit.

Az előzőekben ismertetett szítási eljárás után visszamaradt minden nem szerves anyag pelleté alakítható, és iparilag hasznosítható építési anyagokhoz szolgáló adalékként.

Az eljárás teljesen automatizált, a működtetés minden műszakjában csak rutinfelügyeletet igényel. A teljesen automatizált szítási eljárás kiküszöböli az egészségtelen kézi válogatás szükségességét.

Az eljárás lehetővé teszi az ürítőberendezés teljes mellőzését. Minden építmény teljesen lezárható. Minden levegő- és vízszennyeződés megfogható, és együttesen kezelhető. Minden, a berendezésbe belépő anyag kezelhető, és kereskedelmileg hasznosítható anyaggá alakítható.

Ezek és más alkalmazások és előnyök a következő leírásból és a megvalósítás részletezéséből nyilvánvalóvá válnak.

Az 1. táblázatban száraz települési szilárd hulladék anyag összetételét mutatjuk be a környezetvédelmi hatóság meghatározása szerint.

1. táblázat

Települési szilárd hulladék anyag összetétele t%-ban

Szerves anyag	74,0%
Vastartalmú fémek	7,5%
Nemvasfémek	1,5%
Üveg	10,0%
Műanyag	5,0%
Nem szerves anyag	2,0%

A berendezést úgy alakítottuk ki, hogy az 1. táblázatban megadott összetételű szilárd hulladék anyag, valamint terepfeltöltésekből visszanyert települési szilárd hulladék (amely némileg eltérő összetételű lehet) befogadására szolgáljon. A szilárd hulladék rendszerben való feldolgozási sebessége nagymértékben függ annak a közösségnek a nagyságától, amelyet a találmány szolgál.

A rendszer 25–125 t vagy ennél több hulladék óránkénti kezelésére alkalmas. A berendezést ennek megfelelően kell méretezni.

Nem kezelhető anyagok a veszélyes hulladékok, a robbanószerek és a fertőző hulladékok. A rendszer képes hűtőszekrények, mosógépek, szárítók, tűzhelyek, autódícskavas, nagy anyagok, kis ipari hulladékok és szokásos települési szilárd hulladék anyag feldolgozására. A rendszer úgy van kialakítva, hogy alkalmas legyen műanyagok, nemvasfémek és vastartalmú fémek kinyerésére a szilárd hulladékból.

A teherautók a települési szilárd hulladék anyagot egy ömledéket szállító szállítószalagra, például olyanra, mint az E&H Systems gyártmánya, öntik, ez az ömledékszállító szállítószalag az első aprítóépület hosszát keresztezi. Egy távirányítású mágneses darut használunk a nagy fémobjektumok eltávolítására. Ezeket az eltávolított objektumokat egy automatizált előaprítóba visszük méretük csökkentésére. A méretcsökkentés befejezése után a hulladékot visszavisszük a rendszerbe, egy tárolótartályba juttatjuk, amelyből szokásos bálázón bálázzuk.

Ezután egy dobszítát – amely szokásosan beszerezhető, például a MacLanahan Corporation termékeként – alkalmazunk a zsákok automatikus nyitására, a kis szennyeződések eltávolítására és minden üveganyag összetörésére.

Az etanoláram anyagát ezután öt mágneses szeparátor sorozatán visszük át, amelyek lényegében minden vastartalmú anyagot eltávolítanak. Azaz, az elsősorban fémből és cellulózkomponensből álló hulladék áramot a dobszítáról egy szállítószalag-sorozatra visszük, amelyek mindegyike egy mágneses szeparátorberendezéssel van ellátva, ez lehet például egy dob vagy szalag, amint az a szakterületen jól ismert. Minden szállítószalag vége a soron következő szállítószalag eleje fölött egy megfelelő magasságban van elhelyezve ahhoz, hogy a mágneses ernyőn áthaladó anyag gravitációs keverésnek legyen kitéve az egyik szállítószalagról a másikba való jutása során, ezáltal a következő mágneses

szeperátoron növekszik az anyagban maradt vastartalmú fémek kinyerése. A szállítószalag úgy van kialakítva, hogy lehetővé teszi a vastartalmú fémek automatikus elvonását egy központi térre. Ez a szállítószalag-megvalósítás azt is lehetővé teszi, hogy az anyag keverésével a vastartalmú fémek teljes mennyiségének 98%-át eltávolítsuk. Az eltávolított vastartalmú fém egy függőleges csúszdán esik le, és szállítószalag viszi a berendezésből egy tárolótartályba, amelyből hasznosítjuk.

A visszamaradó anyagot ezután szállítószalaggal örvényáramos szeperátorba, például Eriez Vastartalmú Fém Szeperátorba vezetjük. Az örvényáramú szeperátort a nemvasfényanyag, köztük elemek eltávolítására használjuk.

Az örvényáramos szeperátort a mágneses szeperátorok után helyezük el annak biztosítására, hogy vastartalmú fémek ne károsítsák az örvényáramos szeperátorberendezést. Bármely vastartalmú fényanyag jelenléte az örvényáramos szeperátoron vagy szeperátorban komoly és költséges károsodást okoz. A megmaradt hulladék anyagot szállítószalaggal egy kalapácsos malomba visszük, amely az anyag méretét mintegy 7,62–10,16 cm-rel csökkenti. Az anyag méretcsökkenése elősegíti az etanol-előállítási eljárást.

A kalapácsos malom robbanásbiztos burkolattal bír, hogy a lehetséges porral kapcsolatos robbanásokat kiküszöböljük.

Az anyagáram két külön útra osztható, az etanol-előállítási eljárásra, és a humusztermelési útra. A hulladéknak a két rendszer közötti megosztása a berendezésbe bejövő hulladék pontos térfogatától függ.

Az eljárást az alábbiakban részleteiben ismertetjük az 1. ábrára való hivatkozással.

#### A folyamatábra áttekintése

A települési szilárd hulladék cellulózkomponensében található nehézfémek mennyisége jelentősen változó lehet a hulladék forrásától függően. Például városi vagy erősen iparosodott területekről származó települési szilárd hulladék egyes mintáinak cellulózkomponenséből származó hidrolizátum olyan mértékben szennyezettnek bizonyult nehézfémekkel, hogy a későbbi élesztőfermentációs eljárást ezek mennyisége gátolta volna. Ezért az ilyen típusú települési szilárd hulladékminták nehézfém-tartalmának csökkentésére kezelést kell végezni a hidrolizálást megelőzően, hogy elkerüljük a fermentálé szennyezését. Másrészt, arra a felismerésre jutottunk, hogy a kevésbé szennyezett mintákból a nehézfémek a cellulóztartalmú alapanyag hidrolízisét követően hatékony ioncserélő eljárással eltávolíthatók.

A következő leírásban ismertetjük mindkét eljárást, amelyek a települési szilárd hulladék cellulózkomponensének nehézfém-tartalma eltávolítására használhatók. Ezek egyike az, amely a nehézfém-tartalmat a hidrolizálást megelőzően csökkenti, a másik hidrolizálást követően alkalmas. Azt, hogy melyik eljárást alkalmazzuk, az alapanyagként alkalmazott települési szilárd hulladékban talált nehézfém-szennyeződés szintje szabja meg.

### A) Eljárás települési szilárd hulladék automatizált kezelésére

#### 1. lépés: Előkezelés

##### 1A/1B–11. referenciapélda

#### Célkitűzés

Az előkezelési eljárás célja a települési szilárd hulladék hidrolizált cellulózkomponensének fermentációt esetlegesen gátló nehézfém-tartalma elválasztása, amelyet úgy végzünk, hogy a bejövő aprított cellulóztartalmú komponenst híg kénsavval elegyítjük. A szilárd anyagokat ezután kipréseljük, a folyadékot mésszel kezeljük, így melléktermékként gipszet nyerünk. A gipszet ezután eltávolítjuk, és a visszamaradó száraz anyagot hidrolízisrendszerben cukrokká bontjuk le.

Számos irodalmi forrás alapján, amelyek összegzése a „the Chemistry and Biology of Yeasts”, szerkesztő: A. H. Cook, ed., Academic Press, NY, 296–303. oldal (1958) szakirodalmi helyen található, némi nehézfém szükséges a fermentáláshoz, de ezek nagy koncentrációja gátolhatja a glükóz és xilóz élesztő által való fermentálását. A közelítő hatásokat a 2. táblázatban mutatjuk be.

2. táblázat

Nhézfémek hatása élesztő fermentálására

Nhézfém	Optimális fermentációs koncentráció (ppm)	A fermentációt mérsékelten gátló koncentráció (ppm)	A fermentációt súlyosan gátló koncentráció (ppm)
Kadmium	0	0,1	2
Nikkel	0	40	100
Ólom	0	0,3	10
Króm	1	50	150
Cink	5	200	400
Réz	7–8	15	30
Vas	10–30	500	1200

Amint azt az előzőekben említettük, bizonyos települési szilárd hulladékok olyan kadmium- és vaskoncentrációval bírnak, amely mérsékelten gátolja élesztők fermentálását, míg ólom-, cink- és rézkoncentrációjuk súlyosan gátolhatja az élesztőfermentációt. Így a települési szilárd hulladék nehézfém-tartalmának csökkentése meghatározó az ilyen települési szilárd hulladékokból nyert cukrok hatékony fermentálásának eléréséhez. Az olyan – az előkezelési eljárás szerint kezelt – minta, amely lényegében nem tartalmaz nyomelemeket, legalább mintegy 70% mértékben csökkentett koncentrációval bír ezekből a fémekből.

#### A következőkben a folyamatot írjuk le

Az 1A és 1B nyers alapanyagot tárolósilók fogadják be a 85–90 tömeg% tiszta szerves anyagot tartalmazó, 5,08 cm-rel csökkentett méretű előaprított (1,59×5,08 cm szemcseméretű) nyersanyagot. Minden siló mintegy 25 t anyagot fogad be, ami mintegy 2–1/2 napi alapanyag-ellátásnak felel meg. Az olyan alapanyag, amely nem tartalmaz kimutatható mennyisé-

gú nehézfémeket, nem igényel előkezelést, ezt külön tároljuk az 1B silóban.

Az anyagot az 1A silóból egy szállítószalagon a 2 adagolótartályba juttatjuk. Az adagolótartály révén a kezeletlen alapanyagot a 3 előkezelőbe mérjük be, miközben az alapanyaghoz 40–100 °C hőmérsékleten 1–10 tömeg%-os híg kénsavat adunk. Ez lehetővé teszi a nehézfémek és kloridok (fém-kloridok és esetleg szerves kloridok) alapanyagból való kioldását. Az anyagot ezután egy csiga-szállítószalag segítségével az 5A és 5B csigaprésekre visszük, amelyekkel az anyag folyadék tartalmának 60–80%-át eltávolítjuk, ezzel az oldott komponenszt az oldhatatlan komponensztől elkülönítjük. A nyomelemek eltávolítására egy második mosás szükséges, amit egy 5B második csigaprésen végzünk. A csigaprésről lejövő száraz anyagokat ezután a 6 szállítószalag-szárítóra visszük mintegy 3,25 t/óra betáplálási sebességgel. A szállítószalag-szárítón a nyersanyag nedvességtartalma tovább csökken mintegy 5–10%-ra. A halvány színű, pelyhes állagú szárított oldhatatlan komponenszt pneumatikusan szállítjuk a 7 feldolgozott nyersanyagot tároló tartályba.

A csigaprésekről a folyadékot ismételt hasznosításra csővezetéken visszavezetjük a 4 híg kénsavat tároló tartályba. Ezenkívül a 17 savviszanyerő rendszerből is vezetéken visszavezetjük a híg savat a híg kénsavat tároló tartályba. A tárolótartályból a nehézfémeket és üledéket a 8 hígkénsav-semlegesítő tartályba ürítjük. A semlegesítőtartályban a folyadékot mésszel elegyítjük, és a 10 gipsz szalagprésre szivattyúzzuk, ahonnan a gipszet eltávolítjuk. A visszamaradó semlegesített folyadékot, amely vizet és szemcsés anyagot tartalmaz, ezután egy szemcseszűrőn engedjük át, majd a rendszerben való újrahasznosításra a 11 semlegesített vizet tároló tartályba visszavezetjük.

Amint az a következőkben ismertetésre kerül, lényegében minden nehézfém eltávolítására alkalmas egy alternatív ioncserélő eljárás, amely az alábbiakban ismertetésre kerülő hidrolízislépésből és a vízben oldhatatlan lignin kinyeréséből áll. Arra a felismerésre jutottunk, hogy lényegében minden nehézfém a ligninhez kötődik.

### 2. lépés: Hidrolízis

#### 12–16., 31., A), B) és C) referenciapéldák

A hidrolízis eljárás célja az alapanyag molekulaszervezetének lebontása cukrokká, amelyet úgy valósítunk meg, hogy az alapanyagot tömény, 65–93 t%-os, előnyösen 70 t%-os kénsavval elegyítjük. A cukor/sav/víz oldatot meghatározott időtartamon át főzzük, majd a szilárd anyagot eltávolítjuk. Az oldatot elválasztás céljára a savviszanyerő rendszerbe juttatjuk.

Az előkezelt alapanyagot a 7 vagy 1B alapanyagot tároló silóból a 12 hidrolizáló rendszerbe mérjük be, ahol automatikusan, mintegy 1:1 arányban mintegy 70 t%-os tömény kénsavat adunk hozzá. Ha más megjelölés nem szerepel, minden arány és százalék megjelölés tömeg: tömegarányt, illetve tömegszázalékot jelöl. A mintegy 1:1 arány megjelölés 60:40 és 40:60 tömegarány közötti összetételű elegyeket jelöl. Előnyösen a

tömény kénsav koncentrációja az előkezelt alapanyagban 45:55 és 55:45 tömegarány közötti.

Az anyagot mintegy 2–15 percen, előnyösen 10 percen át keverjük, majd a 13 főzőtartályba visszük vízzel együtt, hőmérsékletét mintegy 88 °C-ra növeljük. Ez az oldat mintegy 2:1 arányú (2 tömegrész víz, 1 tömegrész hidrolizált anyagra vonatkoztatva). Az anyagot lassan keverjük, miközben állandó, mintegy 96 °C hőmérsékleten tartjuk 1–4 órán át. Ilyen körülmények mellett a cellulóz és a hemicellulóz glükózzá, illetve xilózzá alakul. Ezen időtartam elteltével a főzőtartályt a 14 # 1 tárolótartályba ürítjük, hogy a főzőtartályt ismét megtölthessük. A tárolótartály stabilizálja az anyag hőmérsékletét, és szabályozza a 15 szűrőprésre való áramlását.

A tárolótartályból elfolyó anyagot ezután szűrjük, például a 15 szűrőprésre szivattyúzzuk, amelyen a szuszpendált szilárd anyagot eltávolítva szűrletet nyerünk. A szilárd anyagot porítjuk, mossuk, majd a 6 szárítóba visszavezetjük kazánfűtő anyagként való felhasználásra. A szűrletet a szűrőprésről ezután a 16 savviszanyerő, -tároló tartályba vezetjük.

Megjegyzés: A 12 hidrolizáló rendszerben friss víz helyettesítésére használhatjuk a 31 hulladékvizet tároló tartályból a települési szennyvizet. Minden, a szennyvízben lévő patogént a hidrolízisrendszer kiküszöböl. A szennyvíz nagy nitrogéntartalma megőrződik, ezzel lényegében kiküszöbölődik annak a szükségessége, hogy nitrogéntartalmú vegyületeket, például ammóniát adagoljunk (amely a fermentációs eljárás során az élesztő számára hasznos tápanyag).

### 3. lépés: Savviszanyerés

#### 16–19. referenciapéldák

A savviszanyerési eljárás célja a kénsav visszanyerésre a cukor/sav/víz oldatból, és így egy savtartalmú oldat és egy cukortartalmú oldat nyerése. A tömény kénsavat és a vizet ezután a rendszerben újrahasznosítjuk. Ha az oldatból a cukrokat és vizet eltávolítottuk, ezt vezetéken a fermentorba visszük, hogy etanollá fermentáljuk.

Kénsavnak vizes közegből való visszanyerésére számos jól ismert módszer áll rendelkezésre, ezek bármelyike alkalmazható a találmány szerinti gyakorlatban. Például a vizes közeget átvezethetjük egy aktív szén-szűrőn, amely a cukrokat visszatartja, és a szűrőt vízzel öblítjük a visszatartott sav eltávolítására. Az adszorbeált cukrokat ezután meleg alkohollal való mosással eluálhatjuk. Lásd az M. R. Moore és J. W. Barrier, „Ethanol from Cellulosic Residues and Crops”, Annual Report, DOE/SERI Contract No. DK-6-06103-1, Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, Alabama, 1987. október, 27–49. oldal szakirodalmi helyen, amelynek tartalmát referenciaként leírásunkba beépítjük. A kénsavnak a cukroktól való elválasztására azonban ez az eljárás nem előnyös, mivel az alkoholt fermentálás előtt a kapott cukoroldatról le kell párolni, így egy további energiaigényes lépés járul a folyamathoz. Problémákkal találkozhatunk szembe az adszorpció és deszorpció ciklusok közötti savátvitelnél is, ami csökkenthető a ciklusok

között nitrogénátáramoltatás alkalmazásával. Problémát jelenthet az is, hogy az elfolyó alkohol (etanol) nem telített 70 °C hőmérsékleten, ami kisebb cukorkapacitást eredményez. Alacsonyabb etanoláramlási sebességek és megnövelt deszorpciós ciklusidők fokozzák a cukrok deszorpcióját, olyan elfolyó anyagáramot eredményeznek, amely 95–100%-osan telített cukorral.

Még előnyösebben ioncserélő gyanták használhatók a sav és a cukor savtartalmú áramra és cukortartalmú áramra való szétválasztására. Az ilyen gyanták körébe tartoznak a „GÉL” típusú erősen savas kationcserélő Amberlite gyanták, például az IR 120 PLUS kénsv funkció csoportokkal bíró gyanta, amely kereskedelmi forgalomban beszerezhető az Aldrich Chemical Company termékeként. A cukor az erősen savas gyantán adszorbeálódik, és a savtartalmú elfolyó anyagáram reciklizálható. Az adszorbeált cukrokat ezután a gyanta tiszta vízzel való eluálásával kinyerhetjük (lásd az M. R. Moore és J. W. Barrier, „Ethanol from Cellulose Residues and Crops”, Annual Report, DOE/SERI Contract No. DK-6-06103-1, Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, Alabama, 1987. október, 30–39. oldal szakirodalmi helyen, amelynek tartalmát referenciaként leírásunkba beépítjük). A sav- és a cukortartalmú anyagáram folytonos elválasztására szolgáló berendezés kereskedelmi forgalomban beszerezhető az Advanced Separation Technologies Incorporated, Lakeland, Florida, U.S. (Model ISEP LC2000) termékeként, ebben a berendezésben egy erősen savas ioncserélő gyantát (Finex CS16G, 310 mikrométer átlagos méretű) alkalmaznak. Ilyen berendezéseket ismertetnek például az U.S. 4 522 726 és 4 764 276 számú szabadalmi leírásokban, amelyek tartalmát teljes egészében referenciaként építjük be leírásunkba.

A sav és a cukor elválasztható egy olyan oldószerrel is, amely szelektíven extrahálja és eltávolítja a savat a cukor vizes oldatából. Lásd az M. R. Moore és J. W. Barrier, „Ethanol from Cellulosic Residues and Crops”, Annual Report, DOE/SERI Contract No. DK-6-06103-1, Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, Alabama, 1987. október, 37–49. oldal szakirodalmi helyen, amelynek tartalmát referenciaként leírásunkba beépítjük. Az elválasztás megvalósítható Karr lengőtányéros extrakciós oszlopon. Az oszlop mindkét végén fogadótartályokkal bír az oldószer és a hidrolizátum elválasztására. A keverést motorhoz kapcsolt teflontányérok révén valósítják meg. A sav-cukor-oldatot az oszlop tetején adagolják be, az oldat végighalad az oszlopon, ahol a vizes oldat az oldószerrel bensőségesen elegyedik. Az oldószert az oszlop alján adják be. A cukrot tartalmazó vizes oldatot az oszlop alján vezetik el, míg a savtartalmú oldószeres oldatot az oszlop tetején vezetik el. A sav ezután az oldószerből kinyerhető például az oldószer desztillálásával vagy az oldószernek desztillált vízzel való mosásával. Savnak vizes cukoroldatoktól való folytonos elválasztására alkalmas berendezés és oldószer beszerezhető például a Glitsch, Inc., Parsippany, NJ, US termékeként.

Számítani lehet arra, hogy ezen elválasztási eljárások bármelyikéből származó cukoráram maradék savat

tartalmaz. Előnyösen a maradék savat mésszel vagy ammóniával mintegy pH-6-ra való beállítással semlegesítjük.

Továbbiakban, az összetételekben a %-ok, ha más-ként nem jelöljük, tömeg%-ot jelentenek.

#### Leírás

10% cukrot, 10% savat és 80% vizet tartalmazó folyadékot szivattyúzunk a 16 savvisszanyerő, -tároló tartályból a 17 savvisszanyerő rendszerbe, amely a folyadékot sav/víz oldattá és cukor/víz oldattá különíti el. A cukor/víz oldatot a 19 # 2 tárolótartályba szivattyúzzuk, a kinyert sav/víz oldatot a 18 bepárlóba szivattyúzzuk, ahol a vizet a savról lepárlással eltávolítjuk, és a 29A víztároló tartályba vezetjük vissza. A víz eltávolításával a sav koncentrációját eredeti mintegy 70%-os értékre állítjuk vissza. Ez lehetővé teszi, hogy a savat a bepárlóból a 30 tömény kénsvat tároló tartályba vigyük vissza a rendszerben való újrahasznosításra.

#### 4. lépés: Fermentálás

##### 19–24. referenciapéldák

A fermentációs eljárás célja a cukoroldat besűrítése és élesztővel való elegyítése etanoltartalmú vizes oldat előállítására céljából. A cukoroldatot bepárlással (például hő és/vagy vákuum alkalmazásával) vagy fordított fázisú ozmózisúróval 12–14%-ra sűrítjük be.

A fermentálást követően az etanolt kinyerjük. Az élesztőt az etanolkinyerés előtt eltávolíthatjuk, vagy az etanolt az élesztő eltávolítása nélkül is kinyerhetjük. Amint azt az alábbiakban részletezzük, az etanol kinyerhető desztillálással, vagy – más módon – kinyerhető oldószeres extrahálással olyan oldószer alkalmazásával, amely a mikroorganizmusok fermentálása tekintetében nem toxikus. Lásd az US 5 036 005 számú szabadalmi leírásban, amelyet teljes terjedelmében leírásunkba referenciaként építünk be. Az élesztő el is távolítható centrifugálással. Lásd az US 4 952 503 számú szabadalmi leírásban, amelyet teljes terjedelmében leírásunkba referenciaként építünk be. Előnyösen először a visszamaradó élesztőt távolítjuk el, és a fermentált etanol extrahálására a desztillálóoszlopba szivattyúzzuk.

Hidrolizált cellulózyanyagokból történő hexóz- és pentózfermentálás, valamint az etanol kinyerése jól ismert, erre vonatkozó kitanítás szerepel például az US 5 198 074, 5 135 861, 5 036 005, 4 952 503, 4 650 689, 4 384 897 és 4 288 550 számú szabadalmi leírásokban, amelyek mindegyikét teljes terjedelmében referenciaként építjük be leírásunkba.

A 19 # 2 tárolótartályból a cukor, víz és nyomnyi sav (kevesebb, mint 0,1%) elegyét a 20 fordított ozmózisú szűrőn szivattyúzzuk át, hogy eltávolítsuk az oldat víztartalmának egy részét, és a cukor koncentrációját 12–14%-ra hozzuk. Az oldathoz ammóniát adunk, és a pH-t gondosan ellenőrizve beállítjuk az optimális fermentációhoz szükséges mintegy pH=6 értéken az egyensúlyt. Ekkor a 22 élesztőbeinjektáló rendszerből az oldatba élesztőt adagolunk, elegyítjük, az elegyet a 23 # 3 tárolótartályba szivattyúzzuk, majd innen a 24 számú fermentorokba. Az elegyet mintegy 48 órán

át tartjuk itt. A 27 hűtőkígyó segít a kívánt, mintegy 36 °C-os fermentációs hőmérséklet biztosításában. 48 óra elteltével a fermentalevet a 25 élesztőszűrő és desztillációs tárolótartályba adagoljuk, ahol az élesztőt eltávolítjuk, és az élesztőtároló tartályba visszük. A visszamaradó folyadékot a 25 desztillációs tárolótartályba, majd a 26 desztillálóoszlopra visszük.

**5. lépés: Etanol-visszanyerés**  
**25–26. referenciapélda**

Az etanol-visszanyerés célja az etanol elválasztása az etanol/víz oldatból bepárlás és kondenzálás révén. Ennek révén tiszta etanolt, valamint kifőzött cefre mellékterméket nyerünk.

A fermentált anyagot a 26 desztillálóoszlopra visszük. Az eredeti alapanyagtól függően a hozam 1 tonna kiindulási anyagra számítva 227,12–454,25 liter 180–190 szeszfokú etanol. A desztillálóoszlopról az etanolt a 28 etanoltároló tartályba szivattyúzzuk. A 28 etanoltároló tartály tárolókapacitása 45 425 liter etanol, ami közelítőleg az eljárással előállított 12 napi etanolmennyiségnek megfelelő.

A desztillációs eljárás mellékterméke a kifőzött cefre. A kifőzött cefre egy keményítő maradék, amely macskatápként eladható.

**B) Ioncserélő eljárás a nehézfémek eltávolítására települési szilárd hulladék anyagból**

Nem várt módon arra a felismerésre jutottunk, hogy a települési szilárd hulladék anyagban jellemzően fellelhető nehézfém-szennyeződés szintje elég alacsony ahhoz, hogy az asszociált nehézfémek lényegében a cellulózkomponens savas hidrolízise után kapott oldhatatlan frakcióval koordinált állapotban maradjanak. Ezért a hidrolizátumban maradó oldható nehézfémek koncentrációja jóval a fermentációt befolyásoló szint alatt van. Erre a felismerésre alapozva a találmány tárgyát képezi továbbá egy hatékony eljárás nehézfémeknek a hidrolízist követő eltávolítására települési szilárd hulladék anyag cellulózkomponenséből.

A települési szilárd hulladék feldolgozásának lépései hasonlóak az előzőekben leírtakhoz, azzal az eltéréssel, hogy az előpárlított alapanyagból a nehézfémek eltávolítását a hidrolízislépezt követő szakaszig elhalasztjuk. Ennek folytán a cellulózzanyagnak híg kénsavval való előkezelése elhagyható, ezáltal kiküszöbölődik a másodlagos mosás szükségessége, és az előkezelt alapanyag szárításának idő- és energiaigényes lépése. Ezért az előpárlított alapanyagot – ahelyett, hogy híg kénsavval előkezelnénk – közvetlenül tápláljuk be a hidrolízisrendszerbe, ahol mintegy 70%-os tömény kénsavat vezetünk be mintegy 1:1 (sav:minta) arányban. Ezt a szuszpenziót mintegy 30–80 °C hőmérsékleten, előnyösen 2–20 percig, még előnyösebben 2–15 percig elegyítjük, majd főzőtartályokba visszük be, ahol a szuszpenziót 80–100 °C hőmérsékletű vízzel hígítjuk a folyadék:szilárd anyag 5:1 tömegarány eléréséig, a kénsav koncentrációja ekkor mintegy 12%. Ezt az anyagot hőmérsékletének állandó, 80–100 °C értéken való tartása mellett 1–4 órán át keverjük. Ilyen körülmények

mellett a cellulóz és a hemicellulóz glükózzá és xilózzá alakulása 87–100%-os.

Ha már a hidrolízis lejátszódott, a főzőtartályokat a tárolótartályba ürítjük, ezzel a főzőtartályokat újratölthetővé tesszük. A tárolótartályok a hidrolizátum hőmérsékletét stabilizálják, és a szűrőprésre való folyását szabályozzák, a szűrőprésen a szuszpendált szilárd anyagokat eltávolítva szűrletet nyerünk. A szűrletet egy savtartalmú oldatra és egy cukortartalmú oldatra választjuk, a cukortartalmú oldatot dolgozzuk fel etanol nyerésére.

A szűrőprésről összegyűjtött oldhatatlan komponenseket szárítjuk, adott esetben a települési szilárd hulladék nem klórozott műanyagkomponensével elegyítjük, és kazánfűtő anyagként használjuk fel energia termelésére, például egyéb források mellett elektromos áram létrehozására, amely elektromos áram értékesíthető, vagy a feldolgozóberendezés működtetésére, például a desztillációs eljárásnál alkalmazható. Kívánt esetben az oldhatatlan komponensekhez kapcsolódó nehézfémek szintje az égetéses kezelést megelőzően egy 1–10%-os sóoldattal való mosással, majd vizes öblítéssel csökkenthető.

A találmány általános leírását követően a következőkben példákban mutatjuk be a találmányt a korlátozás szándéka nélkül. Az előzőekben hivatkozott minden szabadalmi bejelentést, szabadalmat és közleményt leírásunkba teljes egészében referenciaként építünk be.

**Példák**

**1. példa**

**Nehézfémek eltávolítása települési szilárd hulladék anyagból híg kénsavval való előkezelés alkalmazásával**

Települési szilárd hulladék anyag mintát (beleértve minden szilárd anyagot) nehézfém-tartalom tekintetében elemzünk. Eredményeinket a 3. táblázatban mutatjuk be.

**3. táblázat**

Fém	mg/kg (ppm)
Cink	86
Réz	30
Króm	10,6
Kadmium	0,6
Ólom	20
Vas	1190
Nikkel	0,5
Őn	>1 (nem mutattuk ki)

20 g települési szilárd hulladékmintát 200 g 2%-os vizes kénsavval 2 órán át visszafolyató hűtő alatt forrasztunk. A szilárd anyagokat kiszűrjük, mossuk, és elemezzük, a vizsgálatok eredményét a 4. táblázatban ismertetjük.

4. táblázat

Fém	mg/kg (ppm)	Csökkenés (%)
Cink	7,8	91
Réz	3,0	90
Króm	2,4	77
Kadmium	N.D.	100
Ólom	6,0	70
Vas	98	92
Nikkel	N.D.	100
Ón	N.D.	-

N.D.=Nem mutattuk ki.

Ezek az adatok azt mutatják, hogy egy egyszerű híg, forró savas mosás hatékonyan csökkenti a települési szilárd hulladék nehézfém tartalmának szintjét, amely nehézfém tartalom gátolhatja az etanol fermentációs úton való előállítását.

#### 2. példa

#### Nehézfémek eltávolítása települési szilárd hulladékból ioncserélő eljárással

Települési szilárd hulladékmintákat elegyítünk egymással, kompozitmintát készítünk. A kompozitmintából négy mintát veszünk, és ezeket az alábbi eljárással cellulóz-, lignin- és hamutartalmuk tekintetében vizsgáljuk.

A kompozit települési szilárd hulladékmintákat 1% alatti nedvességtartalomig szárítjuk mikrohullámú kemencében, majd 0,84 mm-es (20 mesh) méretű szitán áteső méretre őröljük. A mintákat ezután egyenlő mennyiségű (azonos tömegű) 10%-os kénsavval elegyítjük, és 2 órán át mintegy 100 °C hőmérsékleten tartjuk. A hűtést követően a folyadékot szűrjük, a szilárd anyagot összegyűjtjük, mossuk, szárítjuk, és mérjük. A 10%-os kénsavval való kezelésből származó tömegvesztés képviseli a települési szilárd hulladékminta hemicellulóz-tartalmát. Az összegyűjtött szilárd anyagot 70%-os kénsavval elegyítjük, és 5 tömegrész vizet és 1 tömegrész szilárd anyagot tartalmazó reaktorba helyezük, és mintegy 100 °C hőmérsékleten tartjuk 3 órán át mikrohullámú kemencében. A szilárd anyagot ezután kiszűrjük a zagyából, és meghatározzuk a glükóztartalmat. A kiszűrt szilárd anyagot szárítjuk, mintegy 600 °C hőmérsékletre melegítjük, és meghatározzuk a hamutartalmat. Az egyes minták lignintartalmát a mintában lévő hamu és a teljes minta tömegének különbségeként határozzuk meg.

Az 5. táblázatban bemutatott eredmények azt mutatják, hogy a kompozitminták cellulóz-, lignin-, hamu- és hemicellulóz-tartalmuk tekintetében homogének.

5. táblázat

A vizsgálat száma	Cellulóz (%)	Lignin (%)	Hamu (%)	Hemicellulóz (%)
1.	53	20	18	9
2.	55	20	18	7

A vizsgálat száma	Cellulóz (%)	Lignin (%)	Hamu (%)	Hemicellulóz (%)
3.	58	18	17	7
4.	56	19	19	6
Átlag	55	19	18	7

100 g települési szilárd hulladékmintát és 100 g 70%-os kénsavat (sav:minta tömegarány=1:1) alaposan elegyítünk, míg fekete pépet képeznek. A hőmérsékletet mintegy 30 °C értéken tartjuk a 20 perces keverési idő során. Az elegyet ezután mintegy 88 °C hőmérsékletre előmelegített vízhez adjuk, 5:1 víz:szilárd anyag tömegarányt állítunk be, és a kénsavkoncentráció mintegy 12%. A szuszpenziót mintegy 100 °C hőmérsékleten tartjuk 2-3 órán át, hogy a hidrolízis-folyamat teljessé váljon. Ha a hidrolízis lejátszódott, a hidrolizált folyadékot és a visszamaradó szilárd anyagot szétválasztjuk, és meghatározzuk a szénhidrát- és nehézfém tartalmat.

#### A hidrolízis után visszamaradó szilárd anyag elemzése

A hidrolízis eljárással visszamaradó szilárd anyagot cellulóz-, lignin- és hamutartalma tekintetében vizsgáljuk meg az előzőekben ismertetett eljárással.

Eredményeinket a 6. táblázatban ismertetjük.

6. táblázat

Cellulóz (%)	Lignin (%)	Hamu (%)
7	49	44

Ezek az eredmények egyértelműen mutatják, hogy a találmány szerinti hidrolíziskörülmények elegendőek a cellulóztartalmú települési szilárd hulladék cellulóztartalmának jelentős csökkentésére.

#### A hidrolizált folyadék elemzése

A hidrolizált folyadékot ismert térfogatú nátrium-hidroxiddal semlegesítjük. A semlegesített mintát glükóztartalmára nézve elemizzük egy YSI 20 típusú glükózanalizátor alkalmazásával. Az eljárás eredményei azt mutatják, hogy a hidrolizátum mintegy 10% cukrot tartalmaz (a hígításhoz korrigált). Az elméleti cukorhozam 10,4%. A különbségért legvalószínűbb módon az elemzés hibája és némi glükóz bomlása felelős.

#### A hidrolizátum és az oldhatatlan komponens nehézfém tartalmának elemzése

Az eredeti kompozit települési szilárd hulladékminta, a hidrolízis után visszamaradó szilárd anyag és a hidrolizátumfolyadék réz-, cink-, króm-, nikkel- és vastartalmát határozzuk meg (a hidrolizátum nehézfém tartalmát szárazanyag-tartalmára vonatkoztatjuk). A nehézfém tartalmat az előzőekben az előhidrolizált települési szilárd hulladékmintákban olyan szintűnek találtuk, amely a fermentálást gátolhatja. A jelen elemzés eredményeit a 7. táblázatban mutatjuk be.

7. táblázat

Fém	TSZH (ppm) <sup>1</sup>	Hidrolizátum (ppm) <sup>1</sup>	A hidrolizátumból származó oldhatatlan komponens (ppm) <sup>1</sup>
Réz	18	0,94	50
Cink	140	23	39
Nikkel	10	2,1	7,1
Vas	2300	480	1100
Króm	12	4,0	17

<sup>1</sup> A szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva.

Az eredeti, hidrolízist megelőző települési szilárd hulladék anyag alapanyag mintegy a várt nehézfém-szintet tartalmazta. Nem várt módon azonban a hidrolizálás után kapott oldhatatlan maradék jóval nagyobb nehézfém-koncentrációjának bizonyult a vártnál az előkezelési vizsgálatokhoz képest. Bár nem kívánjuk találmányunkat egy adott elmélethez kötni, feltételezzük, hogy a visszamaradó szilárd anyag részlegesen oxidálódhatott a hidrolízisreakció során, és ezzel gyenge minőségű ioncserélő gyantává alakult, amely megköti a nehézfémeket. A visszamaradó anyag a réznek 90% fölötti, a krómnak 55% fölötti, a cink, nikkel és vas 20–30%-át kitevő mennyiségét tartotta vissza. A fermentációt leginkább zavaró két nehézfém a réz és a króm. Annak eredményeként, hogy a nehézfémek az oldhatatlan maradékban maradnak, a nehézfémek koncentrációja a hidrolizátumban többnyire jóval az alatt a koncentráció alatt van, amely a fermentációt zavarná. Sőt, várható, hogy a hidrolizátumban lévő nehézfémek többsége a sav/cukor elválasztás során a savanyagáramba jut, tovább csökkentve ezzel a nehézfém-tartalmat. Egy, a találmány szerinti ioncserélő eljárással kezelt minta, amelynél a hidrolizátumban lévő lényegében minden nehézfémet eltávolítottunk, az oldhatatlan komponensben a réznek mintegy 90%-át, a krómnak mintegy 55%-át és a cinknek, nikkelnek és vasnak mintegy 20–30%-át tartja vissza.

### 3. példa

#### Nehézfémek hatása a hidrolízisre és a fermentációra

Annak meghatározására, hogy az újrahasznosított savban a Cu, Zn, Cr, Ni és Fe felgyülemzése hatással bír-e a települési szilárd hulladék anyag cellulózkomponensének hidrolízisére, az alábbi vizsgálatot végezzük: Sebköttőző gyapotot, amely egy olyan cellulózanyag, amely nem tartalmaz nehézfémeket, az előzőekben leírt eljárás szerint hidrolizálunk, azzal az eltéréssel, hogy a 70%-os savba Cu, Zn, Cr, Ni és Fe-szulfátokat adunk a 7. táblázatban bemutatott adatok alapján várható koncentráció húszszorosában. A cellulózknak glükózzá való átalakulását mérjük, és a nehézfémek adagolása nélküli (kontroll) mintához hasonlítjuk. A reakciókat két párhuzamosan végezzük, és a nehézfém-tartalmú minták cellulóz-tartalmának glükózzá való átalakulását 85%, illet-

ve 87%-nak találjuk a kontrollra mért 86%, illetve 87%-hoz hasonlítva. A vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy még a települési szilárd hulladék anyag hidrolizátumfolyadékában várható szinteket 20-szorosan meghaladó nehézfém-tartalom sem bír jelentős hatással a hidrolízisre.

Megvizsgáltuk nehézfémek hatását tiszta glükóz fermentálására is a következő eljárással: két 5% glükóztartalmú, és a megfelelő tápanyagokat (például ammónium-szulfátot) tartalmazó oldatot készítünk, és pH-jukat 5,5-re állítjuk be. Az oldatokat ezután közönséges élesztővel fermentáljuk 72 órán át, és mérjük a visszamaradó glükózt. A fermentálást követően az oldatban visszamaradt glükóz alapján a fermentáció időtartama során az élesztő a glükóznak mintegy 94–96%-át fogyasztotta el.

A fermentációs vizsgálatot megismételjük azzal az eltéréssel, hogy a települési szilárd hulladék anyagban szokásosan található nehézfémek szulfát-sókat adagoljuk a 7. táblázatban a hidrolizátumnál látható koncentrációk 10-szeres és 20-szoros mennyiségében. Ilyen körülmények között a 7. táblázatban bemutatott hidrolizátum nehézfém-koncentrációinak 10-szeresét, illetve 20-szorosát tartalmazó oldatokban a glükóz-fogyasztás 92–93%, illetve 61–65%.

Hasonlóan a hidrolízis hatásának vizsgálatánál tapasztaltakhoz, a települési szilárd hulladék anyagban várható nehézfém-tartalom 10-szeres mennyisége nem hat jelentősen a glükózfermentáció sebességére vagy mértékére. Továbbá, a fermentációs sebesség nem csökken, míg a nehézfém-szint el nem éri a települési szilárd hulladék anyag hidrolizátumban várható érték 20-szorosát.

A fenti eredmények világossá teszik, hogy a települési szilárd hulladék anyag nehézfém-tartalmának eltávolítására szolgáló előkezelési lépés nem mindig szükséges a fermentáció vagy a hidrolízis során jelentkező problémák megelőzésére, mivel a települési szilárd hulladék anyagban szokásos körülmények között előforduló nehézfémek nagymértékben eltávolíthatók a hidrolizálás során keletkező visszamaradó szilárd anyaggal. Mivel a nehézfémek a szilárd anyaggal kötődnek, a hidrolizátum folyékony termékében jelentkező szintjük jóval alatta marad annak a koncentrációnak, amely a hidrolízisreakciót és a fermentációs lépést károsan befolyásolná. Az olyan települési szilárd hulladék anyagminták esetén azonban, amelyek nagy nehézfém-szennyeződésközponttal bírnak, szükséges lehet a cellulóz-tartalmú alapanyag vagy a hidrolizátum alábbiak szerint történő előkezelése a fermentálást megelőzően.

### 4. példa

#### Nehézfémek eltávolítása a hidrolizátumból a fermentálás előtt

Amint azt az előzőekben bemutattuk, a nehézfémek túlzott mennyisége a hidrolizátumban a glükózfermentációt károsan befolyásolja. Ezért azokban a szokatlan esetekben, amikor a hidrolizátumban túlzott mennyiségű nehézfémet észlelünk, a következő eljárást alkalmazhatjuk eltávolítására.

A hidrolizátumhoz mintegy 10,5–11 pH-érték eléréseig meszet adunk. A gipszet, és a mészfelesleget kiszűrjük a zagyból, és mérjük a hidrolizátum nehézfém-koncentrációját. A hidrolizátumban lévő nehézfém-koncentráció a 8. táblázatban bemutatott eredményeink szerint csökken.

8. táblázat

Fém	Kezdeti ppm	Végső ppm	Változás (%)
Réz	0,94	0,19	80
Nikkel	2,1	1,5	29
Króm	4	0,4	90
Vas	480	66	86

A vizsgálati hidrolizátumban mész adagolása után a nehézfém-koncentráció túl alacsony ahhoz, hogy komolyan gátolja a fermentációs eljárást. Meg kell azt is jegyeznünk, hogy a fermentációt leginkább befolyásoló nehézfémek, a réz és a króm 80–90%-a távozik el mész adagolása révén. Ezért, ha egy kapott hidrolizátum, mint például a 8. táblázatban látható, olyan nagy nehézfém-koncentrációval bír, amely súlyosan gátolná a fermentációt, ez a probléma mész adagolásával enyhíthető.

## 5. példa

*Nhézfémek eltávolítása a hidrolízist követően kapott maradék anyagból*

Kíván esetben a hidrolízis után kapott oldhatatlan komponenssel kapcsolódó nehézfémek szintje ennek az anyagnak az elégetését megelőzően a következő eljárással csökkenthető: az oldhatatlan komponens összegyűjtjük, és szobahőmérsékleten 1%-os nátrium-klorid-oldattal mossuk. Mosást követően az oldhatatlan komponens elválasztjuk a nátrium-klorid-oldattól, és megmérjük az oldhatatlan komponenshez kötődő nehézfém-tartalmat. A 9. táblázatban látható eredmények szerint az oldhatatlan komponenshez kötődő nehézfém-tartalom csökken.

9. táblázat

Fém	Kezdeti ppm	Végső ppm	Változás (%)
Réz	50	13	74
Nikkel	7,1	2,9	59
Króm	17	5,3	69
Vas	1100	260	76

Az eredmények azt mutatják, hogy a hidrolízis után kapott oldhatatlan komponenshez kötődő nehézfém-tartalom sóoldattal való mosással csökkenthető a tüzelőanyagként való elégetést megelőzően.

## 6. példa

*Cukrok elválasztása a kénsavtól*

A következő példában 4,5 tömeg% cukrot és 4,2 tömeg% savat tartalmazó oldatból a cukrok kénsavtól való elválasztására ISEP LC200-t használunk, amely

310 mikrométer átlagos méretű Finex CS16G gyantát (Advanced Separation Technologies Incorporated, Lakeland FL) alkalmaz. A gyantaágy térfogata 34,55 liter. A betáplált cukor/sav oldat 0,082 ágytérfogat/óra. A gyantát 1,65 liter víz/liter betáplált anyag mennyiségű vízzel mossuk. Eredményeink a következők:

10. táblázat

	Cukortermék	Savtermék
Visszanyerés	99,87%	96,08%
Tisztaság	95,5%	99,88%
Koncentráció	4,0%	4,25%

Ilyen körülmények mellett az ISEP berendezés a cukroknak a kénsavtól való hatékony elválasztására képes, ezzel a kénsav visszavezethető az eljárásba.

## 7. példa

*Etanol előállítás települési szilárd hulladék anyagból*

A találmány szerinti teljes eljárást a következő példában mutatjuk be részleteiben.

*1A/1B nyers alapanyagot tároló silók*

*Leírás*

Ezek az állomások fogadják be a 85–90% tisztaságú szerves anyagot tartalmazó alapanyagot. Az alapanyagként alkalmas anyagok közé tartoznak a feldolgozott gyapotmaghulladék, köles, papírpulp, textil-portalanító fülke maradék, mezőgazdasági hulladék, cukorrépa-hulladék, cukornád-hulladék, települési szilárd hulladék anyag cellulózkomponense, és bármely más hasonló alapanyag, amely a kívánt szervesanyag-tartalommal bír. A települési szilárd hulladék anyag cellulóztartalmú komponensét vagy bármely más nagy részkből álló alapanyagot 5,08 cm-esre (vagy 1,59 cm×5,08 cm-es) részecskeméretre aprítjuk. Az alapanyagtól függően minden egyes siló mintegy 25 tonna anyagot tartalmaz, amely 2,5 napi ellátásnak felel meg. Az olyan anyagot, amelyet híg kénsavval elő kell kezelni, az 1A silókban, amely ilyen előkezelést nem igényel, az 1B silókban tároljuk.

*Betáplálás*

A tartályokat szükség szerint utántöltjük. Az etanol termelő rendszer napi 10 t alapanyag feldolgozására van tervezve. Bár a silók az anyagot szakaszos eljárásban fogadják be, átlagosan 18,91 kg/perc anyagot továbbítanak (8 óra/nap, 5 nap/hét).

*Távozó anyag*

Az adagolótartályba jutó anyag: 18,91 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

*Specifikáció*

A nyers alapanyagot tároló silók 3,05 m magas modulokból szerkesztettek. A modulokat 12 méretre szabott hegesztett acéllemezből szerkesztjük, a lemezeket a különböző térfogat-követelményeknek megfelelően csavarozzuk össze.

Minden siló 2,5 napi tárolási kapacitású (szokásosan 0,24 kg/liter sűrűséggel számolva). A tárolási kapa-

citás változó lehet a silóban jelen lévő alapanyagtól függően.

## 2 Adagolótartály

### Leírás

Az 1A nyers alapanyagot tároló silóból az anyagot 18,91 kg/perc sebességgel adagoljuk a 3 előkezelő kamrába egy változtatható sebességű rendszer alkalmazásával (az 1B siló anyaga nem kíván előkezelést). Az adagolótartály a 3 előkezelő kamrába betáplálendő alapanyag térfogatának pontos szabályozását teszi lehetővé.

### Betáplálás

Az 1A nyers alapanyagot tároló silóból az anyagot 18,91 kg/perc sebességgel adagoljuk (8 óra/nap, 5 nap/hét).

### Távozó anyag

Az előkezelő kamrába az anyag 18,91 kg/perc sebességgel jut (8 óra/nap, 5 nap/hét).

### Specifikáció

Az adagolótartály 12 méterre szabott hegesztett acéllemezből szerkesztett, és egy szállítócsiga-rendszerrel ellátott adagológaratot tartalmaz a 3 előkezelőbe való egyenletes anyagáram biztosítására.

Az adagolótartály 19 m<sup>3</sup> kapacitású (0,24 kg/liter szokásos sűrűséggel számolva 1/2 nap).

A tárolási kapacitás a silóban jelen lévő alapanyagtól függően változó lehet.

## 3 Előkezelő kamra

### Leírás

A nyers alapanyagot az előkezelő kamrába 18,91 kg/perc sebességgel tápláljuk be. Az előkezelő kamrába a 4 híg kénsavat tároló tartályból híg, 1–2% koncentrációjú kénsavat injektálunk be 40–100 °C hőmérsékleten 113,4 kg/perc sebességgel, a kénsav egyidejűleg elegyedik az alapanyaggal. Az elegyítési arány 4:1 és 6:1 közötti (4–6 kg 1–2%-os kénsav minden kg alapanyagra). A folytonos betáplálási folyamat mellett a keverőkamrában 10 perces tartózkodási időt hagyunk, hogy a nehézfémek elkülönülhessenek a nyers alapanyagtól. A kezelt alapanyagot folyamatosan adagoljuk az 5A első csigaprésre 132,3 kg/perc sebességgel.

### Betáplálás

Alapanyag: 18,91 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

Híg sav (1–2%-os): 113,4 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

### Távozó anyag

Az 5A első csigaprésre kerülő anyag: 132,3 kg/perc 8 óra/nap, 5 nap/hét).

### Specifikáció

Az előkezelő kamra egy szivárgásmentes tartállyal ellátott szállítócsigát tartalmaz. A kamra saválló anyagból és korróziómentes tömítésből létrehozott. Az anyag áthaladása során 10 percig tartózkodik az előkezelő kamrában, a kamra hossza 6,1 m.

Az előkezelő kamra 1,9 m<sup>3</sup> befogadóképességű, a befogadóképesség a silóban jelen lévő alapanyagtól függ.

## 4 Híg kénsavat tároló tartály

### Leírás

A tartály a híg, 1–2% koncentrációjú kénsav tárolására szolgál. A híg savat a 3 előkezelő kamrába 113,4 kg/perc sebességgel vezetjük be. A reciklizált híg

kénsavat az 5A első csigaprésről nyerjük vissza, és 85,05 kg/perc sebességgel juttatjuk vissza (75% nedvességtartalom eltávolítása alapján). A híg kénsavat tároló tartály az oldat egy részének eltávolítására leeresztőszelleppel van ellátva, ezen át a híg kénsav a 8 híg kénsav-semlegesítő tartályba jut 12,43 kg/perc sebességgel. A híg kénsavat tároló tartály befogadóképessége 30 m<sup>3</sup>.

### Betáplált anyagok

Reciklizált híg sav: 85,05 kg/perc (8 óra/nap, 10 5 nap/hét).

Híg sav-kiegészítés: 16,33 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

Vízkiegészítés: 24,50 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

### Távozó anyagok

Folyadék a 3 előkezelő kamrába: 113,4 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

Folyadék a 8 híg kénsav/mész semlegesítő tartályba: 12,43 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

### Specifikáció

A híg kénsavat tároló tartály saválló, izoftálsavgyanta, tetején és oldalán gyalogjáróval és egy kas nélküli epoxid bevonatú létrával.

A hígekénsav-tároló tartály befogadóképessége 30 m<sup>3</sup>.

25 5A Első csigaprés

### Leírás

A semlegesített anyagot a 3 előkezelő kamrából 132,3 kg/perc sebességgel juttatjuk ki az első csigaprésre. A szabályozott préselési sebesség a híg kénsav 60–80%-ának eltávolítását teszi lehetővé mintegy 85,05 kg/perc sebességgel (75% nedvesség-eltávolítási arány alapján). A híg kénsavat ezután visszajuttatjuk újból felhasználásra a 4 hígekénsav-tároló tartályba. A csigaprés hatása a szilárd anyagokat tömöríti, amelyet ezután porítunk, és az 5B második csigaprésre szállítunk egy elegyítő szállítócsigával, amely vízbemenetekkel bír, hogy az anyagot az 5B második csigaprésre való szállítása közben mossa.

### Betáplálás

40 132,3 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

### Távozó anyagok

Folyadék a hígekénsav-tároló tartályhoz:

85,05 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

45 Szilárd anyag a második csigapréshez: 47,17 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

### Specifikáció

Az első csigaprés korrózióálló anyagokból készült, és az anyag tartózkodási ideje az első csigaprésen mintegy 10 perc. Minimálisan 60% folyadékfelvonás szükséges.

## 5B Második csigaprés

### Leírás

Az 5A első csigaprésről a semlegesített anyagot 47,17 kg/perc sebességgel szállítjuk a második csigaprésre. A 29B víztároló tartályból a szállítócsigához vizet vezetünk 85,05 kg/perc sebességgel, és a vizet az 5A első csigaprésről érkező szilárd anyaggal elegyítjük. A szilárd anyag és a víz elegyítése lehetővé teszi a kénsav utolsó nyomainak eltávolítását a szilárd anyagból. A második csigaprés ezután az elegyet összeprése-

li, a víz 60–80%-ának mintegy 85,05 kg/perc sebességgel való eltávolítását teszi lehetővé. Ezután a vizet visszavezetjük a 29B víztároló tartályba. A második csigaprés hatása folytán a szilárd anyag összepréselődik, ezt porítjuk, és a 6 szárítóba szállítjuk.

#### *Betáplálás*

Szilárd anyag az 5A első csigaprésről: 47,17 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

Víz a 29B víztároló tartályból: 85,05 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

#### *Távozó anyagok*

Szilárd anyag a 6 szárítóba: 47,17 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

Víz a 29B víztároló tartályba: 85,05 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

#### *Specifikáció*

A második csigaprés korrózióálló anyagból készül, az anyag tartózkodási ideje a csigaprésben mintegy 10 perc. Minimálisan 60% folyadék eltávolítása szükséges.

#### *6 Szárító*

##### *Leírás*

Az anyag mintegy 47,17 kg/perc sebességgel érkezik az 5B második csigaprésről, és az anyag nedvességtartalma 30–50%. A szárító átbotcsátása és kapacitása 4,00 t-ra becsülhető óránként, olyan terméket eredményez, amelynek nedvességtartalma 5–10%. A szárított anyag könnyű, pelyhes állagú. A szárított anyagot pneumatikusan szállítjuk a 7 feldolgozott alapanyagot tároló silóba.

#### *Betáplálás*

Szilárd anyag az 5B második csigaprésről: 47,17 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

#### *Távozó anyagok*

Szilárd anyag a 7 feldolgozott alapanyagot tároló tartályba: 20,41 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

A szárítási eljárás során elvesztett folyadék: 26,81 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

#### *Specifikáció*

4,00 t/óra átbotcsátás.

A szükséges levegő, hőmérséklet és retenciósídváltozók, terv szerinti tartása a megfelelő szárítási és hűtési korlátok biztosítására.

Több szellőztető, levegőbiztosító elemek és belső vezetékek működése révén elérhető levegőszabályozás.

Szött vagy horonnyal ellátott szállítószalag-lemez a termékegységnek megfelelően.

Standard konstrukció (nem szükséges élelmiszeripari minőség).

Kétutas konstrukció, zónákra osztott, teljesen szabályozott szárítás, a termék egyenletessé való elegyítése és szabályozott hővesztés.

#### *7 Feldolgozott alapanyagot tároló tartály*

##### *Leírás*

A feldolgozott alapanyagot pneumatikusan szállítjuk a 6 szárítóból a tárolótartályba 20,41 kg/perc sebességgel. A tartályt 25 t alapanyag befogadására terveztük (mintegy 2 1/2 napi ellátás). Az anyagot a 12 hidrolizáló rendszerbe pontos, 12,61 kg/perc sebességgel adagoljuk.

#### *Betáplálás*

Szilárd anyag a 6 szárítóból: 20,41 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

#### *Távozó anyagok*

5 Szilárd anyag a 12 hidrolizáló rendszerbe: 12,61 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra működés, 1 óra állás).

#### *Specifikáció*

10 A feldolgozott alapanyagot tároló tartály korrózióálló acélból készül, kapacitása 2 1/2 napi tárolótér (0,24 kg/liter standard alkalmazásával).

A tárolási kapacitás változhat a silóban jelen lévő alapanyag sűrűségétől függően. A siló megtartja az alapanyagban szükséges 5–10% nedvességszintet.

15 *8 Híg kénsavat semlegesítő tartály*

##### *Leírás*

20 A nehézfémek és szemcsék a 4 híg kénsavat tároló tartály aljára ülepsznek. A híg (1–2% koncentrációjú) kénsavat a szennyezésekkel együtt a 4 híg kénsavat tároló tartály aljáról a hígkénsav-semlegesítő tartályba vezetjük 12,47 kg/perc sebességgel. A szennyezett savoldatot heti gyakorisággal 462,66 kg mésszel kezeljük. A mész a savval reagál, a nehézfémeket befogva gipszet képez. A folyadékot a 10 gipsz szalagprésre vezetjük 64,77 kg/perc sebességgel.

#### *Betáplálás*

Oldat a 6 híg kénsavat tároló tartályból: 12,47 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

25 Mész a 9 mésztároló tartályból: 462,66 kg meszet adagolunk manuálisan a tartályba hetente egyszer. Bár a 462,66 kg teljes egészét egyszerre adagoljuk, átlagosan az adagolt mész 0,95 kg/perc mennyiségnek felel meg (8 óra/nap, 1 nap a hét végén).

#### *Távozó anyag*

30 Oldat a 10 gipsz szalagprésre: 64,77 kg/perc (8 óra/nap, 1 nap a hét végén).

#### *Specifikáció*

30 m<sup>3</sup> kapacitású, izoftálsav-gyantatartály, felső és oldalsó gyalogjáróval, epoxibevonatú (kas nélküli) létrával, nominális belső átmérője 315 cm, magassága 505,5 cm, lapos fenekű, legalább négy leszorítófüleccsel és emelőlábakkal bír.

#### *9 Mésztároló tartály*

##### *Leírás*

45 Ez a tartály a híg kénsav időszakos semlegesítésére és az abból a nehézfémek megfogására szolgáló meszet tárolja. A meszet, amely lehet folyékony vagy szilárd formájú, manuálisan adagoljuk a 8 hígkénsav-semlegesítő tartályba 0,95 kg/perc sebességgel (462,66 kg/hét).

#### *Betáplálás*

50 Mész: szükség szerint pótolva.

#### *Távozó anyag*

55 Mész a 8 hígkénsav-semlegesítő tartályba: 462,66 kg száraz meszet adagolunk manuálisan hetente egyszer a 8 hígkénsav-semlegesítő tartályba. Bár a teljes 462,66 kg-ot egyszerre adagoljuk be, átlagosan a beadagolt mész 0,97 kg/perc (8 óra/nap, 1 nap a hét végén).

#### *Specifikáció*

60 Ha a meszet ömlesztve szerezzük be, a tartály 680,39 kg meszet tartalmaz száraz formában, a tar-

tályból a mész adagolása manuálisan, csúszdán történik.

Ha a meszet zsákolva szerezzük be, a tartály mellőzhető, és a száraz meszet tartalmazó zsákokat rakodólapon felhalmozva tároljuk.

#### 10 Gipsz szalagprés

##### Leírás

A folyadékot a 8 hígkénsav-semlegesítő tartályból 64,77 kg/perc sebességgel szivattyúzzuk a gipsz szalagprésre. A gipszet a semlegesített folyadéktól elválasztjuk, és 1,77 kg/perc sebességgel egy tárolótartályba szállítjuk. A semlegesített folyadékot vezetéken át 61,96 kg/perc sebességgel a 11 semlegesített vizet tároló tartályba vezetjük.

##### Betáplálás

Oldat a 8 hígkénsav-semlegesítő tartályból 64,77 kg/perc sebességgel (8 óra/nap, 1 nap a hét végén).

##### Távozó anyagok

Gipsz: 1,77 kg/perc (8 óra/nap, 1 nap a hét végén).

Víz a 11 semlegesített vizet tároló tartályba: 63,00 kg/perc (8 óra/nap, 1 nap a hét végén).

##### Specifikáció

Nagynyomású szalagprés simítógörgőkkel a semlegesített elegy víztelenítésére, és a víznek a gipsztől való elválasztására. A létrehozott termék nedvességtartalma mintegy 50%.

#### 11 Semlegesített vizet tároló tartály

##### Leírás

Ha az előkezelési eljárásban a híg kénsav egyensúlyának fenntartása szükséges, a 29A víztároló tartály és a 10 gipsz szalagprés szűrt folyadékát juttatjuk a semlegesített vizet tároló tartályba. A semlegesített vizet tároló tartály kapacitása 11,4 m<sup>3</sup>.

##### Betáplálás

Víz a 10 gipsz szalagprésről: 61,96 kg/perc (8 óra/nap, 1 nap a hét végén).

Víz a 29A víztároló tartályból: 12,07 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

##### Távozó anyag

Víz a 4 híg kénsavat tároló tartályba: 24,50 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

##### Specifikáció

Izoftálsav-gyanta, tető- és oldalgyalogjáró, epoxibe vonatú létra kas nélkül, 30 m<sup>3</sup> befogadására méretezett, nominális méretei: 228,6 cm belső átmérő és 304,8 cm magasság. Lapos fenék legalább négy leszorítófüleccsel és emelőlábakkal.

#### 12 Hidrolizáló rendszer

##### Leírás

A hidrolizáló rendszer célja a szilárd alapanyag lebontása cellulózzá és hemicellulózzá. Az alapanyagot a 7 vagy 1B tárolótartályok valamelyikéből adagoljuk 12,61 kg/perc sebességgel. A hidrolizáló rendszerbe 12,61 kg/perc sebességgel automatikusan injektálunk tömény (70%-os) kénsavat a 30 tömény kénsavat tároló tartályból. Folytonos betáplálási rendszer mellett az alapanyag és a sav folytonosan elegyedik a mintegy 10 perces tartózkodási idő alatt. A két anyag gélt képez, amelyet a hidrolizáló rendszerből 25,22 kg/perc sebességgel távolítunk el, és juttatunk a 13 főzőtartályba. A hidrolizáló rendszer

szert automatikusan öblítjük át 88 °C hőmérsékletű vízzel az egység tisztítására és minden maradék anyag átvételére a főzőtartályba. Az alapanyagok a hidrolizáló rendszeren át történő beadagolása, a rendszer átöblítése és a 13 főzőtartály feltöltése mintegy 1 órát vesz igénybe. A hidrolizáló rendszer 1 órán át működik, és egy főzőtartályt tölt meg. A rendszer ezután 1 órán át működésen kívül van a második főzőtartály megtöltési folyamatának kezdetéig.

##### Betáplálás

Alapanyag a 7 vagy 1B tárolótartályokból: 12,61 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra működési idő és 1 óra üzemszünet).

Tömény kénsav a 30 tömény kénsavat tároló tartályból: 12,61 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra működési idő és 1 óra üzemszünet).

##### Távozó anyag

Gél a 13 főzőtartályba: 25,22 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra működési idő és 1 óra üzemmen kívül).

##### Specifikáció

A hidrolizáló rendszer egy szivárgásmentes tartállyal bíró szállítócsigát tartalmaz.

A kamra saválló anyagokból és korróziómentes tömítésből kialakított.

Az anyag átszállítása során 10 percig tartózkodik a hidrolizáló rendszerben, a tartály ehhez méretezett (4,6 m hosszú).

A hidrolizáló rendszer 25,22 kg/perc kapacitású.

#### 13 Főzőtartály (két tartály)

##### Leírás

Minden főzőtartály egymástól függetlenül működik, polietiléngyantából készült, és egyenként 4,73 m<sup>3</sup> méretű (183 cm átmérőjű és 203 cm magas). Minden tartályt keverőkkel és hőszabályozóval látunk el, hogy a reakcióhoz szükséges mintegy 95–99 °C hőmérsékletet tartani tudjuk. Minden tartály 5,1 cm vastag poliuretánszigeteléssel bír a hőveszteség minimalizálására. A hidrolizált anyagot 2,99 m<sup>3</sup>, 88 °C hőmérsékletű vízbe engedjük. A víz a 32 vízmelegítőből folyik a főzőtartályba 50,35 kg/perc sebességgel. A termék aránya a főzőtartályban 2–4 tömegrész víz, 1 tömegrész 70%-os koncentrációjú kénsav és 1 tömegrész alapanyag. A főzőtartályban a tartózkodási idő 2 óra, és ezen kívül 1 óra töltési és 1 óra ürítési idő. A 2 órás tartózkodási idő célja az alapanyag további lebontása, a cellulóz cukorokká alakítása. A 2 órás tartózkodási idő elteltevel a tartályt 75,61 kg/perc sebességgel ürítjük a 14 # 1 tárolótartályba. Kiürítés után a tartály kész arra, hogy a 12 hidrolízisrendszerből terméket fogadjon.

##### Betáplálás

Gél a 12 hidrolízisrendszerből: 25,22 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra működés és 1 óra üzemszünet).

Víz a 32 vízmelegítőből: 50,35 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra működés és 1 óra üzemszünet).

##### Távozó anyag

Folyékony termék a 14 # 1 tárolótartályba: 75,61 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra működés és 1 óra üzemszünet).

**Specifikáció**

183 cm belső átmérő, 203 cm magasság, izoftálsavgyanta, mélyített fenék, acéllábak 61 cm térköz tartására, karimás tető w/ lecsavarozott fedél, 45,7 cm-es QA gyalogjáró, acél keverő-támasztó szerkezet, hőszabályozó a hőmérséklet 88 °C értéken való tartására, és 5,08 cm vastag poliuretánszigetelés.

**14 # 1 Tárolótartály****Leírás**

Minden 13 főzőtartály 1 órán át 75,61 kg/perc sebességgel üríti tartalmát ebbe a tartályba. A 13 főzőtartályban töltött 2 óra tartózkodási idő folytán 1 óra köztes idő van az # 1 tárolótartály feltöltései között. A tárolótartály az anyag lehűlését biztosítja, és lehetővé teszi a főzőtartály új anyaggal való megtöltését. A tartály 2,27 m<sup>3</sup> befogadóképességű, polietilénből készült, és nem bír szigeteléssel. A tartály úgy van méretezve, hogy 37,80 kg/perc állandó áramlási sebességgel táplálja az anyagot a 15 szűrőprésre.

**Betáplálás**

Folyadék a 13 főzőtartályból: 75,61 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra működés és 1 óra üzemszünet).

**Távozó anyag**

Folyadék a 15 szűrőprésre: 37,65 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét).

**Specifikáció**

106,7 cm belső átmérő, 208,3 cm magasság, izoftálsavgyanta, 30°-os kúpos fenék, 61 cm térköz biztosító acéllábak, kupolás (zárt) tető w/ 45,7 cm-es QA gyalogjáró. Lapos fenék legalább négy leszorítófüleccsel és emelőlábbal.

**15 Szűrőprés****Leírás**

Az anyagot a 14 # 1 tárolótartályból 37,65 kg/perc sebességgel vezetjük a szűrőprésre. A membrán szűrőprést alkalmazzuk a folyadékelegy szuszpendált szilárd anyagának eltávolítására. A kapott szilárd anyag 30–50% nedvességtartalmú, és 2,36 kg/perc sebességgel jut az A lignintároló tartályba, ahol mosáshoz gyűjtjük. A présről a folyékony anyagot 35,38 kg/perc sebességgel vezetjük a 16 savviszanyerő tárolótartályba.

**Betáplálás**

Folyadék a 14 # 1 tárolótartályból: 37,65 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét).

**Távozó anyagok**

Az A lignintároló tartályba: 2,36 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét).

Folyadék a 16 savviszanyerő tárolótartályba: 35,38 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét).

**Specifikáció**

A membrán szűrőprés 37,65 kg/perc folyadékot fogad be. Felszereltsége: szűrőkeret, PLC szabályozó rendszer, csepegtetőtálcák, membránlemez töltet, többszörös automataszabályozással, ezen belül panelek, drótozat stb.

**16 Savviszanyerő tartály****Leírás**

A 15 szűrőpréről a folyadékot 35,38 kg/perc sebességgel szivattyúzzuk a savviszanyerő tartályba. A sav-

viszanyerő tartály lehetővé teszi a 17 savviszanyerő rendszer napi 24 órán és heti 7 napon át való működését (az előkezelő szakasz és a hidroliziseljárás heti 5 napon át folyik). A savviszanyerő tárolótartály 71,9 m<sup>3</sup> (2 napi cefre) folyékony termék tárolására tervezett, amely a 17 savviszanyerő rendszert táplálja. Az ilyen méretű tárolótartály egyszerűen lehetővé teszi a 17 savviszanyerő rendszer hétvégeken való működését. A folyékony terméket a 17 savviszanyerő rendszerbe 25,31 kg/perc sebességgel visszük.

**Betáplálás**

Folyadék a 15 szűrőpréről: 35,38 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét).

**Távozó anyag**

Folyadék a 17 savviszanyerő rendszerhez: 25,31 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

**Specifikáció**

358,2 cm belső átmérő, 736,6 cm magasság, izoftálsavgyanta tető- és oldalgyalogjárók, epoxibevonatú létra (kas nélkül). Lapos fenék legalább négy leszorítófüleccsel és emelőlábbal.

**17 Savviszanyerő rendszer****Leírás**

A 16 savviszanyerő tárolótartályból a folyadékot 25,31 kg/perc áramlási sebességgel szivattyúzzuk a savviszanyerő rendszerbe. A savviszanyerő rendszerbe vizet is vezetünk a 29A víztároló tartályból 53,52 kg/perc sebességgel. A savviszanyerő rendszerben a kénsavnak 96–99%-át, a cukroknak 92–99%-át nyerjük ki, és választjuk két külön termékárammá. A kénsavoldatot (amely ekkor 5%-os kénsavvá sűrített) 52,71 kg/perc sebességgel szivattyúzzuk a 18 bepárlóba. Ha az előkezelő eljárás működik, a savoldatot a 4 híg kénsavat tároló tartályba szivattyúzzuk 16,33 kg/perc sebességgel, és a bepárlóba 36,29 kg/perc sebességgel. A cukoroldatot (9–12% cukortartalomra sűrített) 26,35 kg/perc sebességgel szivattyúzzuk a 19 # 2 tárolótartályba, hogy onnan később a fordított ozmózis szűrőre vezessük.

**Betáplálás**

Folyadék a 16 savviszanyerő tárolótartályból: 25,31 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Víz a 29A víztároló tartályból: 53,75 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

**Távozó anyagok**

Cukoroldat a 19 # 2 tárolótartályba: 26,35 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Savoldat a 18 bepárlóba: 52,71 kg/perc (8–24 óra heti 5 napon át, és 24 óra a hétvégeken).

**Az előkezelő eljárás működésének 8 órája alatt:****Betáplálás**

Folyadék a 16 savviszanyerő tárolótartályból: 25,31 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Víz a 29A víztároló tartályból: 53,75 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

**Távozó anyagok**

Cukoroldat a 19 # 2 tárolótartályba: 26,35 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Savoldat a 18 bepárlóba: 36,29 kg/perc (0–8 óra heti 5 napon át).

Savoldat a 4 híg savat tároló tartályba: 16,33 kg/perc (0–8 óra heti 5 napon át).

#### *Specifikáció*

A cukor/sav/víz oldat napi 24 órán át és heti 7 napon át való feldolgozásához tervezett ioncserélő rendszer beszerzési helye: Advanced Separation Technologies Incorporated, Lakeland, Florida, US (Model No. ISEP LC2000).

Az alkalmazott erősen savas ioncserélő gyanta (Finex SC16G, 310 mikron méretű) az Advanced Separation Technologies terméke.

#### *18 Bepárló*

##### *Leírás*

A savoldatot 52,71 kg/perc sebességgel szivattyúzzuk a 17 savvisszanyerő rendszerbe. A vizet lepároljuk a kénsavról, így a sav koncentrációját 70%-ra (eredeti állapotára) állítjuk vissza. A tömény savat 3,76 kg/perc sebességgel szivattyúzzuk a 30 tömény savat tároló tartályba ismételt felhasználáshoz. A lepárolt vizet felfogjuk, és a bepárlón kondenzáljuk, majd 48,94 kg/perc sebességgel a 29 víztároló tartályba vezetjük a rendszerben való újrahasonosításra. Az előkezelő rendszer 8 órás működése alatt ezen a helyen a térfogatok a következők: 1. savoldatbevitel: 36,25 kg/perc; 2. töménysav-kibocsátás: 2,58 kg/perc; 3. vízkibocsátás: 33,79 kg/perc.

##### *Betáplálás*

Savoldat a 17 savvisszanyerő rendszerből: 52,71 kg/perc (8–24 óra heti 5 napon át és 24 óra a hétvégeken).

##### *Távozó anyagok*

Tömény savoldat a 30 tömény kénsavat tároló tartályba: 3,76 kg/perc (8–24 óra heti 5 napon át és 24 óra a hétvégeken).

Víz a 30 víztároló tartályba: 48,94 kg/perc (8–24 óra heti 5 napon át és 24 óra a hétvégeken).

*Az előkezelő eljárás működésének 8 órája alatt*

##### *Betáplálás*

Savoldat a 17 savvisszanyerő rendszerből: 36,25 kg/perc (0–8 óra heti 5 napon át).

##### *Távozó anyagok*

Tömény savoldat a 30 tömény kénsavat tároló tartályba: 2,59 kg/perc (0–8 óra heti 5 napon át).

Víz a 30 víztároló tartályba: 33,79 kg/perc (0–8 óra heti 5 napon át).

##### *Specifikáció*

Lemezes bepárló- vagy azzal egyenértékű berendezés a víznek a savtól való elválasztására a folyadékáramból, és legalább 70% koncentrációjú kénsav nyerésére.

#### *19 # 2 Tárolótartály*

##### *Leírás*

A cukoroldatot a 17 savvisszanyerő rendszerből 26,35 kg/perc sebességgel vezetjük a # 2 tárolótartályba. A tartály úgy van méretezve, hogy befogadja a 17 savvisszanyerő rendszerből érkező cukor/víz oldatot, és biztosítsa a 20 fordított ozmózis szűrő folyamatos ellátását az oldattal. A cukoroldatot a 2,27 m<sup>3</sup>-es tárolótartályból 26,35 kg/perc sebességgel vezetjük a fordított ozmózis szűrőre.

##### *Betáplálás*

Cukoroldat a 17 savvisszanyerő rendszerből: 26,35 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

##### *Távozó anyag*

5 Cukoroldat a 20 fordított ozmózis szűrőre: 26,35 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

##### *Specifikáció*

10 121,9 cm belső átmérő, 203,2 cm magasság, izoftál-sav-gyanta, lapos fenék, zárt tető, 45,7 cm-es QA gyalogjáró. Lapos fenék legalább négy leszorítófüleccsel és emelőlábakkal.

##### *20 Fordított ozmózis szűrő*

##### *Leírás*

A cukoroldatot a 19 # 2 tárolótartályból 15 26,35 kg/perc sebességgel vezetjük a fordított ozmózis szűrőre. A fordított ozmózis szűrő célja a cukorkoncentráció növelése az oldatban. A szűrő a cukorkoncentrációt 9%-ról 15%-ra növeli (ez a fermentáció szempontjából optimális cukorkoncentráció). A cukoroldatot ezután az ammónia- és pH-kiegyenlítő rendszerbe vezetjük 15,47 kg/perc sebességgel. Az elvont vizet a 29A víztároló tartályba szivattyúzzuk 10,89 kg/perc sebességgel.

##### *Betáplálás*

25 Cukoroldat a 19 # 2 tárolótartályból: 26,35 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

##### *Távozó anyagok*

Cukoroldat a 21 ammónia- és pH-kiegyenlítő rendszerbe: 15,42 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

30 Víz a 29A víztároló tartályba: 10,89 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

##### *Specifikáció*

Nanoszűrőrendszer, sajátosan a cukor/víz oldat besűritésére kifejlesztve.

35 *21 Ammónia- és pH-kiegyenlítő rendszer*

##### *Leírás*

Az ammónia- és pH-kiegyenlítő rendszer egy ammóniát tároló tartályból és az ammóniának a cukoroldatba való adagolására szolgáló beépített injektorokból áll. A cukoroldatot az ammónia- és pH-kiegyenlítő rendszerbe 15,42 kg/perc sebességgel vezetjük a 20 fordított ozmózis szűrőről. Az ammónia pontos mennyiségeit a rendszer automatikusan injektálja az oldatba mintegy 0,021 kg/perc sebességgel, miközben a pH-egyensúlyt szigorúan ellenőrzi. Az ammónia a pH-t mintegy hat (6) értékű egyensúlynál stabilizálja, ezzel ideális környezetet teremtve az élesztőnek, amely a cukrokkal reagál. Az egész folyamat az alatt játszódik le, miközben az oldat 15,42 kg/perc sebességgel áramlik a 22 élesztőbeinjektáló rendszer felé.

##### *Betáplálás*

Cukoroldat a 20 fordított ozmózis szűrőről: 15,42 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

55 Ammónia az ammóniatároló tartályból: 0,045 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Kiegészítő ammónia szükség szerint: 219,5 kg/hét.

##### *Távozó anyag*

60 Cukor/ammónia oldat a 22 élesztőbeinjektáló rendszerhez: 15,42 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

### Specifikáció

Egy szabályozóegység a pontos ammóniamennyiség beinjektálására a cukor, víz és nyomnyi savtartalmú folyadékáramba. Az egység egy pH-egyensúly-érzékelőt tartalmaz, amely nyomon követi a pH-egyensúlyt, és irányítja a szabályozóinjektort a megfelelő mennyiségű ammóniának az anyagáramba való injektálására.

### 22 Élesztőbeinjektáló rendszer

#### Leírás

Az élesztőbeinjektáló rendszer a 21 ammónia- és pH-kiegyenlítő rendszerhez hasonlóan egy on-line rendszer. Az élesztőbeinjektáló rendszer egy élesztőtároló tartályból és egy in-line injektorból áll az élesztőnek a cukor/ammónia oldatba való bevitelére. A cukoroldatot az élesztőbeinjektáló rendszerbe 15,42 kg/perc sebességgel visszük be a 21 ammónia- és pH-kiegyenlítő rendszerből. Az élesztő pontos mennyiségeit a rendszer automatikusan injektálja az oldatba mintegy 0,387 kg/perc sebességgel. A teljes élesztőbeinjektálási folyamat aközben játszódik le, míg az oldat 15,88 kg/perc sebességgel a 23 # 3 tárolótartályba áramlik.

#### Betáplálás

Cukor/ammónia oldat a 21 ammónia- és pH-kiegyenlítő rendszerből: 15,42 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Élesztő az élesztőtároló tartályból: 0,387 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Kiegészítő élesztő szükség szerint: még nem meghatározott. Ha minden élesztő visszanyerhető a 25 élesztőszűrővel, igen kevés élesztőkiegészítés lesz szükséges.

#### Távozó anyag

Cukor/ammónia/élesztő oldat a 23 # 3 tárolótartályba: 15,88 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

#### Specifikáció

A cukor és víz áramába a fermentációhoz szükséges pontos élesztőmennyiség beinjektálását szabályzó egység 3,78 m<sup>3</sup> befogadóképességű, 182,9 cm belső átmérő, 167,6 cm magasság, izoftálsav-gyanta, lapos fenék, zárt tető, epoxibevonatú létra (kas nélkül).

### 23 # 3 Tárolótartály

#### Leírás

A cukor/ammónia/élesztő oldatot a 22 élesztőbeinjektáló rendszerből 15,88 kg/perc sebességgel juttatjuk a # 3 tárolótartályba. A tárolótartály 11,36 m<sup>3</sup> oldat tárolására méretezett. A tárolótartály mérete lehetővé teszi a 24 fermentor teljes napi cefreoldattal való megtöltését 12 óra alatt. Az oldatot a # 3 tárolótartályból a 24 fermentorba 31,76 kg/perc sebességgel töltjük 12 órán át.

#### Betáplálás

Cukor/ammónia/élesztő oldat a 22 élesztőbeinjektáló rendszerből: 15,88 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

#### Távozó anyag

Cukor/ammónia/élesztő oldat a 24 fermentorba: 31,76 kg/perc (12 óra/nap, 7 nap/hét).

#### Specifikáció

11,36 m<sup>3</sup> befogadóképesség, 228,6 cm belső átmérő, 309,9 cm magasság, izoftálsav-gyanta, w/ Nexus

fedő, beleértve a 61 cm-es oldal- és tetőgyalogjárót, epoxibevonatú létra (kas nélkül).

### 24 Fermentor (3 darab)

#### Leírás

5 Cukor/ammónia/élesztő oldatot juttatunk a 23 # 3 tárolótartályból a fermentorba 31,76 kg/perc sebességgel. A fermentor kapacitása 24,6 m<sup>3</sup>. A fermentor megtöltése után az elegyet 33–36 °C hőmérsékletre melegítjük a fermentációs reakció megindítására. A fermentációs eljárás során a cukrok az élesztő hatására etanollá alakulnak. A reakció megkezdődésekor hő fejlődése indul meg. A 27 hűtőkígyó segítségével az elegy hőmérsékletét 33–36 °C értéken tartjuk, hogy megelőzzük a túlzott felmelegedést. A fermentorban való 48 óra tartózkodási idő után a kapott fermentlevet a 25 élesztőszűrő és desztillációs tárolótartályba visszük 190,42 kg/perc sebességgel mintegy 2 óra alatt. A fermentort ezután gőzzel tisztítjuk, és a következő tétel fogadására előkészítjük.

#### 20 Betáplálás

Cukor/ammónia/élesztő oldat a 23 # 3 tárolótartályból: 31,76 kg/perc (12 óra/nap, 7 nap/hét).

#### Távozó anyag

25 Fermentlé a 25 élesztőszűrő és desztillációs tárolótartályba: 190,42 kg/perc (2 óra/nap, 7 nap/hét).

#### Specifikáció

24,6 m<sup>3</sup> befogadóképesség, 315 cm belső átmérő, 335,3 cm magasság, izoftálsav-gyanta, lapos fenék, zárt tető, 61 cm-es oldal- és felső gyalogjáró, és epoxibevonatú létra (kas nélkül).

### 30 25 Élesztőszűrő és desztillációs tárolótartály

#### Leírás

30 Az élesztőszűrő és desztillációs tárolótartály egy csapdaszűrőt tartalmaz, amely az élesztő megfogását és a 22 élesztőinjektáló rendszerbe való visszajuttatását szolgálja, valamint egy 26 desztillációs tárolótartályt tartalmaz a desztillációs oszlopra való áramlás szabályozására, és a 24 fermentor rövid üritési idejének (mintegy 2 óra) biztosítására. A fermentlevet a 24 fermentorból az élesztőszűrőre 190,42 kg/perc sebességgel juttatjuk. A csapdaszűrő eltávolítja a fermentléből az élesztőt, ezt a 22 élesztőinjektáló rendszerbe 4,63 kg/perc sebességgel szivattyúzzuk vissza. A visszamaradt fermentlevet a desztillációs tárolótartályba 185,79 kg/perc sebességgel juttatjuk. Az élesztőszűrő és a desztillációs tárolótartály a fermentlének a 26 desztillálóoszlopra való áramlását 15,42 kg/perc értékre szabályozza.

#### Betáplálás

50 (2 óra/nap, 7 nap/hét). A 23 fermentorból a fermentlé: 190,42 kg/perc

#### Távozó anyagok

Élesztő a 22 élesztőinjektáló rendszerbe: 4,63 kg/perc (2 óra/nap, 7 nap/hét).

55 (21 óra/nap, 7 nap/hét). Fermentlé a 26 desztillálóoszlopra: 15,42 kg/perc

#### Specifikáció

60 (24,6 m<sup>3</sup> befogadóképesség, 316 cm belső átmérő, 335,3 cm magasság, izoftálsav-gyanta, lapos fenék, zárt tető, 61 cm-es oldal- és tetőgyalogjáró és epoxibevonatú létra (kas nélkül).

## 26 Desztillálóoszlop

### Leírás

A fermentlevet az élesztőszűrő és desztillációs tárolótartályból 15,47 kg/perc sebességgel vezetjük a desztillálóoszlopra. A desztillálóoszlopra 12–14 térfogat% etanoltartalmú fermentlé érkezik, és a desztillálás során az etanol 99,7 térfogat%-ra koncentrálódik. A desztillációs eljárás első lépése az etanolnak mintegy 94 térfogat%-ra való koncentrációja. A második lépésben a visszamaradó víz döntő többségét szárítóanyaggal eltávolítjuk.

A vízelvonás első lépésében szokásos desztillálást végzünk. A desztillációs lépésben a 94% etanolt és 6% vizet tartalmazó gőz egy molekulaszita-oszlopon halad át, ahol a víz a molekulaszita anyagának felületén adszorbeálódik. Ha a molekulaszita vízzel telítődött, ezt forró nitrogénnel való szárítással regeneráljuk.

A desztillálóoszlop fermentléleparlóból, dehidratálóoszlopból és folyadék-visszanyerő oszlopból áll. A sajátos alkalmazási módja mellett a dehidratálóoszlop a fermentléleparló hőigényének 60%-át biztosítani képes. A rendszer úgy van tervezve, hogy az etanolt a desztillálóoszlopról a 28 etanoltároló tartályba vezetjük 2,09 kg/perc sebességgel (378,5 liter/tonna száraz alapanyag standard kibocsátásra számítva). A kibocsátott anyagáram sebessége – az alkalmazott alapanyag minőségétől függően – 227,1–454,2 liter/tonna száraz alapanyag. A desztillálóoszlopról visszamaradó kifőzött cefrét 0,68 kg/perc sebességgel szivattyúzzuk egy tárolótérbe, ahol marhatápként való értékesítéséig tároljuk. Az oldatban lévő vizet 12,70 kg/perc sebességgel pároljuk le. A jövőben a lepárolt vizet fel fogjuk fogni és ismételt felhasználásra kondenzálni fogjuk.

### Betáplálás

Fermentlé a 25 élesztőszűrő és desztillációs tárolótartályból: 15,42 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

### Távozó anyagok

Etanol a 28 etanoltároló tartályba: 2,09 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Kifőzött cefre a tárolótérbe: 0,68 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Vizvesztés a bepárlásnál: 12,70 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

### Specifikáció

A desztillálóoszlop a következő berendezéseket tartalmazza: gáztalanító kondenzáló, gáztalanító újraforraló, alapanyag-előmelegítő, fermentléleparló, dehidratálóoszlop, kondenzáló/újraforraló, végkondenzáló, kondenzáló, derítő, távozógáz-kondenzáló, folyadék-visszanyerő, visszanyerő oszlop, újraforraló és etanolhűtő.

A maximális betáplálás 34,07 l/perc.

Méret: 40,64 cm-es sztripplő és gáztisztító.

A tüzelőanyagként felhasználásra kerülő etanol víztartalmának 0,5% alattinak kell lennie.

A gőzszükséglet 453,59 kg/óra.

### 27 Hűtőkígyó

#### Leírás

A hűtőkígyó egy alaphőcserélő a 24 fermentor fűtésére és abból való hőeltávolításra. A kígyó a kazánból

származó gőz melegét hasznosítja a fermentációs reakció megindítására. A reakció megkezdődése után a hűtőkígyóban a szennyvíztisztítóból származó hideg vizet használunk a fermentorból való hő eltávolításra. A hűtőkígyó a 2 fermentor hőmérsékletét 36 °C értéken tartja.

### Betáplálás

Víz a szennyvíztisztítóból: szükség szerint (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Gőz a kazánból:  $5,36 \cdot 10^6$  Pa túlnyomású, szükség szerint.

### Távozó anyagok

Víz a szennyvíztisztítóba: szükség szerint (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Gőz a kazánba:  $5,36 \cdot 10^6$  Pa túlnyomású, szükség szerint.

### Specifikáció

A hűtőkígyó vízellátását szükség szerint biztosítjuk.

A hűtőkígyó ellátását a kazánból származó gőzzel szükség szerint biztosítjuk.

### 28 Etanoltároló tartály

#### Leírás

A 26 desztillálóoszlopról lejövő etanolt az etanoltároló tartályba vezetjük 2,09 kg/perc sebességgel (378,5 l/tonna száraz alapanyag standard mennyiségben). Az etanoltároló tartályt minden héten tartálykocsiba ürítjük mintegy 154,22 kg/perc sebességgel. Minden tartálykocsi ASME-tanúsítvánnyal bír, és kielégít minden állami és helyi törvényt és ipari szabályozást, valamint az EPA és minden környezetvédelmi hatóság követelményeit. A tárolt anyag jellege folytán a vonatkozó törvények és szabályozások által előírt 110%-os védőburkolat szolgál az anyag minden elcseppenése felfogására.

### Betáplálás

Etanol a 26 desztillálóoszlopról: 2,09 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

### Távozó anyag

Etanol a tartálykocsiba: 154,22 kg/perc (2 óra/nap, hetente egyszer).

### Specifikáció

315 cm belső átmérő, 408,9 cm magas, Premium 470 izoftálsav-gyanta, lapos fenék, zárt tető, oldal- és felső gyalogjáró, epoxibevonatu létrával. A lapos fenék legalább négy leszorítófüleccsel és emelőlábakkal ellátott.

### 29A Víz tároló tartály

#### Leírás

Az etanol-előállítási eljárásban, az előkezelési eljárásban és a berendezésben alkalmazott tiszta vizet a 29A víztároló tartályban tároljuk. A vizet azokra a helyekre, ahol szükség van, eljuttatjuk. A közelítő vízáramok a következők:

### Betáplálás

Víz a 20 fordított ozmózis szűrőről: 10,89 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

Víz a 18 bepárlóról: 33,79 kg/perc (0–8 órán át, és heti 5 napon át).

Víz a 18 bepárlóról: 48,94 kg/perc (8–24 órán át, és hétvégeken).

Kiegészítő víz: 185 066 kg/hét.

*Távozó anyagok*

Víz a 11 semlegesített vizet tároló tartályba: 12,07 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

Víz a 32 vízmelegítőbe: 50,35 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra működés, 1 óra üzemszünet).

Víz a 17 savviszanyerő rendszerbe: 53,52 kg/perc (24 óra/nap, 7 nap/hét).

*Specifikáció*

358,1 cm belső átmérő, 962,7 cm magasság, izoftálsav gyanta, 61 cm-es tető- és oldalgyalogjáró, epoxibevonatú létra, kas nélkül. Lapos fenék legalább négy leszorítófüleccsel és emelőlábakkal. A tartály mintegy 96,9 m<sup>3</sup> befogadóképességű.

*29B Víz tároló tartály**Leírás*

Az előkezelési eljárás során keringtetett vizet a 29B víztároló tartályban tároljuk. A vizet az előkezelt alapanyagban maradt nehézfémnyomok és sav eltávolítására használjuk. A vizet az 5B második csigaprésre 85,05 kg/perc sebességgel vezetjük. Ezután a vizet a második csigaprésről 85,05 kg/perc sebességgel visszavezetjük. A vizet időszakosan mintegy 9,07 kg mésszel semlegesíteni kell. A semlegesítések közötti napok pontos számát vizsgálattal kell meghatározni.

*Betáplálás*

Víz az 5B második csigaprésről: 85,05 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

*Távozó anyag*

Víz az 5B második csigaprésre: 85,05 kg/perc (8 óra/nap, 5 nap/hét).

*Specifikáció*

11,36 m<sup>3</sup> térfogat, 228,6 cm belső átmérő, 307,3 cm magasság, izoftálsav-gyanta w/Nexus szövedék, 61 cm-es oldal- és tetőgyalogjáró, epoxibevonatú létra, kas nélkül.

Lapos fenék legalább négy leszorítófüleccsel és emelőlábakkal.

*30 Tömény kénsavat tároló tartály**Leírás*

A tömény kénsavat tároló tartály az eljárás során alkalmazott 70% koncentrációjú kénsav tárolására szolgáló tartály. A tartály a 18 bepárlóról 2,59 kg/perc sebességgel fogadja be a tömény savat az előkezelő rendszer 8 órás működése alatt, és 3,76 kg/perc sebességgel a művelet további 16 órája alatt és a hétvégeken. A tömény kénsavat a tömény kénsavat tároló tartályból a 12 hidrolízisrendszerbe 12,61 kg/perc sebességgel vezetjük, váltakozóan 1 órán át szivattyúzzuk a savat, és 1 órán át nem üzemeltetjük. A tömény kénsavat tároló tartály ASME-tanúsítvánnyal bír, és minden helyi és állami törvénynek, ipari szabályozásnak, valamint az EPA és minden más környezetvédelmi ügynökség követelményeinek megfelel. A tárolt anyag természete folytán a törvényeknek és szabályozásoknak megfelelően minden kiemelő vagy tisztításnál kijutó anyag megfogására egy 110% befogadóképességű szigetelőburkolat szolgál.

*Betáplálás*

Tömény kénsav a 18 bepárlóról: 2,59 kg/perc (0–8 óra, 5 nap/hét).

Tömény kénsav a 18 bepárlóról: 3,76 kg/perc (8–24 óra, 5 nap/hét és a hétvégék).

Kiegészítő kénsav: 10 205,8 kg/hét.

*Távozó anyag*

5 Tömény kénsav a 30 hidrolízisrendszerhez: 12,61 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra működés és 1 óra üzemszünet).

*Specifikáció*

10 315 cm belső átmérő, 505,5 cm magasság, izoftálsav-gyanta, tető- és oldalgyalogjárók, epoxibevonatú gyanta és kas. Lapos fenék legalább négy leszorítófüleccsel és emelőlábakkal. A tartály befogadóképessége mintegy 3,94 m<sup>3</sup>.

*30 Szennyvíztároló tartály (nem kötelező)*

15 *Leírás*

A 13 főzőtartályokba víz helyett használhatunk települési szennyvizet vagy csatornavizet. A 93 °C-t meghaladó hőmérséklet minden baktériumot és patogént elpusztít. A szennyvizben jelen lévő szilárd anyagok mennyisége minimális, másrészt nem csökkenti a lignin BTU-értékét. A szennyvíz nagy nitrogéntartalma nemcsak az élesztő tápanyagként jelentkezik, hanem csökkenti a megfelelő fermentáció lefolytatásához (nitrogénforrásként) szükséges ammónia mennyiségét is. 25 A szennyvizet (ha alkalmazzuk) a 32 vízmelegítőbe 50,35 kg/perc sebességgel vezetjük be.

*Betáplálás*

30 Szennyvíz az eredet helyéről: szükség szerint nagyban szállítva. Ha kizárólag szennyvizet használunk, tisztavíz-kiegészítés nélkül, a szükséglet 181 437 kg/hét. Átlagosan a szállítás sebessége 25,22 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét).

*Távozó anyag*

35 Szennyvíz a 32 vízmelegítőhöz: 50,35 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra szivattyúzás, 1 óra üzemszünet).

*Specifikáció*

40 315 cm belső átmérő, 505,5 cm magasság, izoftálsav-gyanta, 61 cm-es tető- és oldalgyalogjárók, epoxibevonatú létra, kas nélkül. Lapos fenék legalább négy leszorítófüleccsel és emelőlábakkal. A tartály befogadóképessége 3,94 m<sup>3</sup>.

*32 Vízmelegítő**Leírás*

45 A tiszta vizet a 29A víztároló tartályból 50,35 kg/perc sebességgel vezetjük a vízmelegítőbe (ha szennyvizet használunk, a folyadékot a 31 szennyvizet tároló tartályból azonos sebességgel vezetjük a vízmelegítőbe). A vizet mintegy 88 °C hőmérsékletre melegítjük, és a 13 főzőtartályokba vezetjük be 50,35 kg/perc sebességgel 1 óra szivattyúzás és 1 óra üzemszünet betartásával.

*Betáplálás*

55 Víz a 29A víztároló tartályból vagy a 31 szennyvizet tároló tartályból 50,35 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra szivattyúzás és 1 óra üzemszünet).

*Távozó anyag*

60 Víz a 12 főzőtartályba: 50,35 kg/perc (24 óra/nap, 5 nap/hét, váltakozóan 1 óra szivattyúzás és 1 óra üzemszünet).

### Specifikáció

Indirekt fűtésű forróvíz-tároló melegítő, 91,4 cm átmérőjű, 132,1 cm magas,  $13,4 \times 10^6$  Pa túlnyomásra tervezett ASME tartály réz belső bevonattal és duplikátoros szigeteléssel. A tartály befogadóképessége 757 liter.

A berendezés el van látva P&T kioldószeleppel, nyomásmérővel és hőmérsékletmérővel, nem vas csőburkolattal bíró egyfalú tartály melegítővel, önműködő gőzszabályozó szeleppel, beáramlógőz-szűrővel, cseppcsapdával és F&T csapdával. A kapacitás  $3,79 \text{ m}^3/\text{óra}$   $16^\circ\text{C}$ -ról  $88^\circ\text{C}$ -ra való melegítés és  $10,7 \times 10^6$  Pa túlnyomás mellett. Ez az egység  $3,79 \text{ m}^3/\text{óra}$  folytonos teljesítménnyel működik, és 757 liter kapacitású, ha nincs működésben.

#### A lignintároló tartály

##### Leírás

Egy egyszerű tárolótartály, amelyben a porított lignint tároljuk, az anyagnak a mosó- és semlegesítőterületre való manuális szállításáig.

A lignint a 15 szűrőpréstről  $2,36 \text{ kg}/\text{perc}$  sebességgel távolítjuk el. A lignint manuálisan tápláljuk az 5B második csigaprésre, ahol mossuk, és a 6 szárítón szárítjuk, mintegy  $7,08 \text{ kg}/\text{perc}$  sebességgel. A szárítást követően a lignin  $2722\text{--}3629 \text{ BTU}/\text{kg}$  értékű, ezt a lignint a B kazánba táplált anyagot tároló tartályba juttatjuk.

##### Betáplálás

Lignin a 15 szűrőpréstről:  $2,36 \text{ kg}/\text{perc}$  (24 óra/nap, 5 nap/hét, manuális működtetés).

##### Távozó anyag

Lignin az 5B második csigaprésre:  $7,08 \text{ kg}/\text{perc}$  (8-16 óra, 5 nap/hét).

##### Specifikáció

Hordozható tölcseres tartályok, méretük  $182,9 \text{ cm} \times 152,4 \text{ cm}$ , befogadóképességük  $5,1 \text{ m}^3$ .

#### B Kazánba táplált anyagot tároló tartály

##### Leírás

A porított lignin és a faforgács és/vagy nem klórozott műanyag tárolására szolgáló egyszerű tárolótartály. Az elegy mint kazánfűtő anyag szolgál. A lignint a kazánba táplált anyagot tároló tartályba  $7,08 \text{ kg}/\text{perc}$  sebességgel szállítjuk. A kazán tüzelőanyagának elégetési sebessége mintegy  $7,17 \text{ kg}/\text{perc}$ , emellett  $1723,65 \text{ kg}$  gőz képződik óránként.

##### Betáplálás

Lignin a 6 szárítóról:  $7,08 \text{ kg}/\text{perc}$  (8 óra/nap, 5 nap/hét).

Faforgács és nem klórozott műanyag: szükség szerint (a ligninkibocsátástól függően).

##### Távozó anyag

Kazánfűtő anyag a C kazánba:  $7,17 \text{ kg}/\text{perc}$  (24 óra/nap, 7 nap/hét).

##### Specifikáció

Kazánba táplált anyagot tároló tartály, méretei  $304,8 \text{ cm} \times 487,7 \text{ cm}$ , befogadóképessége  $45,3 \text{ m}^3$ .

#### C Kazán

##### Leírás

A rendszerben alkalmazott gőz és meleg víz létrehozására kazánt alkalmazunk. A gőzt és forró vizet igénylő rendszer elemei: 13 főzőtartály, 17 savviszanyerő

rendszer, 24 fermentor és 26 desztillálóoszlop. A gőzfejlesztő üzem legfeljebb  $430,91 \text{ kg}/\text{óra}$  lignin/faforgács tüzelőanyag elégetésére méretezett, emellett  $1723,65 \text{ kg}/\text{óra}$  gőzt fejleszt, amelyet  $13,4 \cdot 10^6$  Pa túlnyomással szállít.

##### Betáplálás

Kazánfűtő anyag a B kazánba táplált anyagot tároló tartályból:  $7,18 \text{ kg}/\text{perc}$  (24 óra/nap, 7 nap/hét).

##### Távozó anyag

Gőz:  $1723,65 \text{ kg}/\text{óra}$  (24 óra/nap, 7 nap/hét).

##### Specifikáció

A kazánrendszer magában foglal egy fűtőanyagbetápláló rendszert, egy tangenciális kemencerendszert, HRT kazán nyomásálló tartályokat, mechanikus porfogót, szívó-szellőzt és kéményt, kondenzátum-visszavezető és kazánbetápláló rendszert, kazánbetápláló szivattyút és szabályozórendszert, vezérlőtáblát és vegyszerbetápláló rendszert és vizlágyítót.

**A szilárdhulladék-feldolgozó rendszer összefoglalása**

A szilárd hulladék, szennyvíziszap és hulladék gumiabroncsok kezelésére szolgáló, hasznos kereskedelmi termékeket eredményező eljárás hulladékmentes rendszer. A folyamat teljesen zárt, és szagkibocsátás szempontjából szabályozott. Minden víz szűrt és tisztított állapotú a használat után, és minden szagot és port összegyűjtünk és szűrünk.

Bár a példában  $10 \text{ tonna}/\text{nap}$  kapacitású eljárást ismertettünk, az eljárás egyszerűen felnagyítható  $50\text{--}1000 \text{ tonna}/\text{nap}$  kapacitásra. Ami megváltozik, az az áramlási sebességek értéke és/vagy a működtetés napi óraszám.

Az előzőekben a találmányt részleteiben leírtuk, megjegyezzük azonban, hogy szakember számára ennek a működtetésnek számos ekvivalens megoldása, az ismertetettől eltérő paraméterei nyilvánvalóak, amelyek ugyancsak a találmány oltalmi körét képezik.

## SZABADALMI IGÉNYPONTOK

1. Eljárás etanol előállítására települési szilárd hulladék anyagból cellulóz savas hidrolízisével, a sav és a cukor gyantán történő elválasztásával és a cukortartalmú oldat etanollá való fermentálásával, amelynek során
- 45 (a) a települési szilárd hulladékból eltávolítjuk a gumiabroncsokat, vas- és nemvasfémeket, műanyagokat, üveget és gumit, így egy cellulóztartalmú komponenst nyerünk;
- (b) az (a) lépésben kapott cellulóztartalmú komponenst aprítjuk;
- 50 azzal jellemezve, hogy
- (c) a (b) lépésben nyert aprított cellulóztartalmú komponenst a komponens tömegére vonatkoztatva mintegy 1:1 arányú tömény kénsavval részlegesen hidrolizáljuk;
- 55 (d) a (c) lépésben kapott részlegesen hidrolizált elegyet vízzel  $80\text{--}100^\circ\text{C}$  hőmérsékleten elegyítjük,
- (e) a (d) lépésben kapott hígított elegyet mintegy  $100^\circ\text{C}$  hőmérsékleten keverve az anyagot emésztjük;
- 60

- (f) az (e) lépésben kapott emésztett elegyből eltávolítjuk a szilárd anyagokat és lényegében minden nehézfémeket, így egy szűrletet nyerünk;
- (g) a szűrletet egy savtartalmú oldatra és egy cukortartalmú oldatra választjuk szét;
- (h) a cukortartalmú oldatot 12–14 t% cukortartalomra sűrítjük;
- (i) a (h) lépésben nyert besűrített cukortartalmú oldat pH-ját mintegy 6-ra állítjuk be;
- (j) az (i) lépésben kapott oldatot élesztővel fermentálva fermentlevet nyerünk, és
- (k) a (j) lépésben kapott fermentléből kinyerjük az etanolt.

2. Az 1. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy a (d) lépésben a (c) lépés szerint nyert részlegesen hidrolizált elegyet 80–100 °C hőmérsékletű vízzel hígítjuk, 1 tömegrész részlegesen hidrolizált anyagra számított 4–6 tömegrész víz arányban.

3. Eljárás etanol előállítására települési szilárd hulladék anyag cellulóztartalmú komponenséből a cellulóz savas hidrolízisével, a sav és a cukor gyantán történő elválasztásával és a cukortartalmú oldat etanollá való fermentálásával, valamint a képződött melléktermék hasznosításával, amelynek során

- (a) települési szilárd hulladék anyag cellulózkomponensét aprítjuk, *azzal jellemezve*, hogy
- (b) az (a) lépésben nyert cellulóztartalmú komponenset savval hidrolizálva egy oldható és egy oldhatatlan komponenset állítunk elő;
- (c) a (b) lépés szerint nyert oldható és oldhatatlan komponenseket elválasztjuk;
- (d) a (c) lépésben nyert oldható komponenset egy savtartalmú oldatra és egy cukortartalmú oldatra választjuk folytonos ioncserélő kromatográfiás eljárással;
- (e) a cukortartalmú oldatot 12–14 t% cukortartalomra sűrítjük fordított ozmózis szűrővel;
- (f) az (e) lépésben kapott sűrített cukoroldat pH-ját ammóniával mintegy 6-ra állítjuk be;
- (g) az (f) lépésben kapott oldatot élesztővel 25–36 °C hőmérsékleten fermentlévé fermentáljuk;
- (h) az élesztőt a (g) lépésben kapott fermentléből eltávolítjuk;
- (i) a (h) lépésben kapott fermentléből az etanolt kidesztilláljuk;
- (j) a (c) lépésben nyert oldhatatlan komponenset szárítjuk, és
- (k) a (j) lépésben kapott száraz oldhatatlan komponenset tüzelőanyagként elégetjük, ezzel a (h) lépésben kapott szűrt fermentléből az (i) lépésben történő etanoldesztilláláshoz hőt biztosítunk.

4. Eljárás etanol előállítására települési szilárd hulladék anyagból cellulóz savas hidrolízisével, a sav és a cukor gyantán történő elválasztásával és a cukortartalmú oldat etanollá való fermentálásával, amelynek során

- (a) a települési szilárd hulladék anyagból eltávolítjuk a gumiabroncsokat, vasanyagokat, nemvasfémanyagokat, műanyagokat, üveget és gumit a cellulózkomponens kinyerésére,

(b) az (a) lépésben kapott cellulózkomponenset aprítjuk, *azzal jellemezve*, hogy

- (c) az aprított cellulózkomponenset híg kénsavval 40–100 °C hőmérsékleten kezeljük, amellyel a visszamaradó nehézfémeket lényegében oldjuk, és egy oldott komponenset és egy oldhatatlan komponenset nyerünk,
- (d) a (c) lépésben kapott oldott komponenset elválasztjuk az oldhatatlan komponensstől,
- (e) a (d) lépésben kapott oldhatatlan komponenset szárítjuk,
- (f) az (e) lépésben kapott oldhatatlan komponenset tömény kénsav és az oldhatatlan komponens 1:1 tömegarányú elegyében kezeljük, így részlegesen hidrolizált elegyet nyerünk,
- (g) az (f) lépésben kapott részlegesen hidrolizált elegyet 80 °C és 100 °C közötti hőmérsékleten vízzel hígítjuk,
- (h) a (g) lépés szerint kapott hígított elegyet mintegy 100 °C hőmérsékleten keverve emésztett anyagot nyerünk,
- (i) a (h) lépésben kapott emésztett elegyből a szilárd összetevőket eltávolítjuk, így egy szűrletet nyerünk,
- (j) a szűrletet egy savtartalmú és egy cukortartalmú oldatra választjuk szét,
- (k) a cukortartalmú oldatot 12–14 t% cukortartalomig besűrítjük,
- (l) a (k) lépésben kapott besűrített cukortartalmú oldat pH-ját mintegy 6-ra állítjuk be,
- (m) az (l) lépésben kapott oldatot élesztővel fermentálva fermentlevet állítunk elő, és
- (n) a fermentléből az etanolt kinyerjük.

5. A 4. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy a (d) lépésben az oldható komponenset az oldhatatlan komponensstől csigaprésen távolítjuk el.

6. A 4. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy a (g) lépésben vízként szerves nitrogént tartalmazó szennyvizet vagy csatornavizet alkalmazunk.

7. A 4. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy az (i) lépésben az emésztett elegyet szűrőprésszel szűrjük.

8. A 4. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy a (j) lépésben a szűrletet folytonos ionkizárásos kromatográfiás eljárással vagy folytonos ellenáramú kizárásos kromatografálással választjuk szét egy savtartalmú és egy cukortartalmú oldatra.

9. A 4. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy a (k) lépésben a cukortartalmú oldatot 12–14 t% cukortartalomra sűrítjük fordított ozmózis szűrővel.

10. A 4. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy az (l) lépésben a (k) lépés szerint nyert besűrített cukortartalmú oldat pH-ját ammónia adagolásával mintegy 6-ra állítjuk be.

11. A 4. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy az (n) lépésben az élesztőt az alkohol kinyerése előtt szűrővel távolítjuk el a fermentléből.

12. A 4. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy az (n) lépésben az etanolt a fermentléből desztillálással nyerjük ki.

13. A 4. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy a (g) lépésben az (f) lépés szerint nyert részlegesen hidrolizált anyagot 80–100 °C hőmérsékletű vízzel hígítjuk 1 tömegrész részlegesen hidrolizált anyagra számított 4–6 tömegrész vízzel.

14. Eljárás nehézfémek eltávolítására települési szilárd hulladék anyag cellulóztartalmú komponenséből, és a nehézfémtől mentesített cellulóztartalmú komponensből a cellulóz savas hidrolízisével, a sav és a cukor gyantán történő elválasztásával és a cukortartalmú oldat etanollá való fermentálásával, amelynek során

(a) a települési szilárd hulladék anyagból eltávolítjuk a gumiabroncsokat, vas- és nemvasfémeket, műanyagot, üveget és gumit, így cellulóztartalmú komponenst nyerünk;

(b) az (a) lépés szerint nyert cellulóztartalmú komponenst aprítjuk;

*azzal jellemezve, hogy*

(c) a (b) lépés szerint nyert aprított cellulóztartalmú komponenst a szilárd komponensre vonatkoztatott mintegy 1:1 arányú tömény kénsavval 30–80 °C hőmérsékleten kezeljük, így részlegesen hidrolizált elegyet nyerünk;

(d) a (c) lépés szerint nyert részlegesen hidrolizált elegyet 80–100 °C hőmérsékletű vízzel hígítjuk;

(e) a (d) lépés szerint nyert hígított elegyet mintegy 100 °C hőmérsékleten keverve emésztett anyagot nyerünk; és

(f) az (e) lépés szerint nyert oldható komponensből eltávolítjuk az oldhatatlan komponenst, amely lényegében minden nehézfémet tartalmaz; ezáltal egy savas glükózoldatot nyerünk.

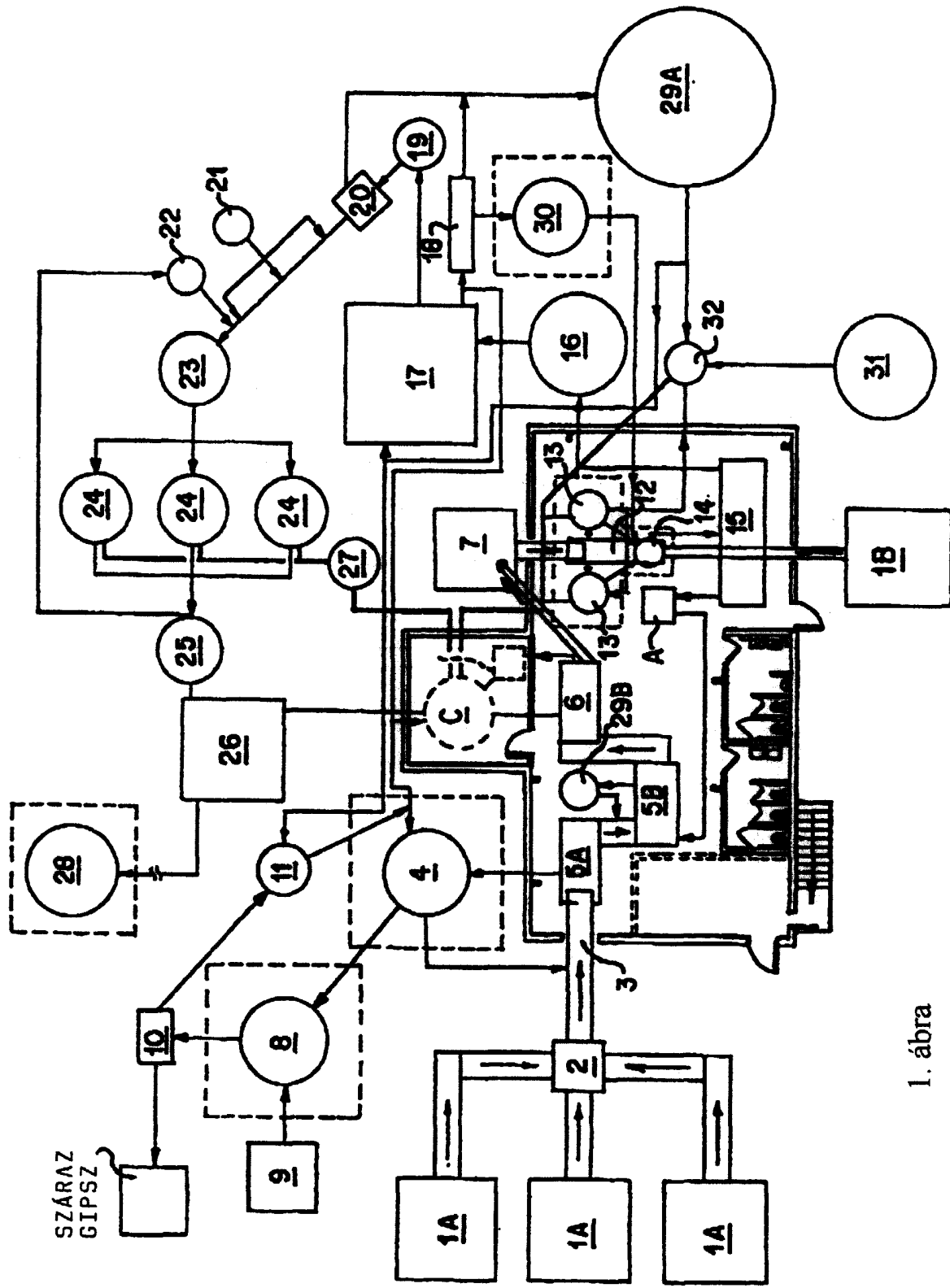
15. A 14. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy az (f) lépésben kapott oldhatatlan komponenst további kezelésnek tesszük ki, amely abban áll, hogy

(g) az oldhatatlan komponenst 1–10 t%-os sóoldattal kezelve az ahhoz kötődő nehézfémeket oldatba vesszük;

(h) a sóoldatot elválasztjuk az oldhatatlan komponens-től, és

(i) a (h) lépésben nyert sóoldatot mésszel kezelve kicsapjuk a nehézfémeket.

20. 16. A 3. vagy 4. igénypont szerinti eljárás, *azzal jellemezve*, hogy a savas hidrolizis lépés révén nyert oldhatatlan komponenst szárítjuk, és kazánfűtő anyagként elégetjük.



Kiadja a Magyar Szabadalmi Hivatal, Budapest  
 A kiadásért felel: Törőcsik Zsuzsanna főosztályvezető-helyettes  
 Windor Bt., Budapest