

# PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

## 304 988

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

*C12M 1/42* (2006.01)

*C12M 3/04* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2013-803**  
(22) Přihlášeno: **18.10.2013**  
(40) Zveřejněno: **11.03.2015**  
**(Věstník č. 10/2015)**  
(47) Uděleno: **28.01.2015**  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **11.03.2015**  
**(Věstník č. 10/2015)**

(56) Relevantní dokumenty:

Doucha J, Lívanský K. Productivity, CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> exchange and hydraulics in outdoor open high density microalgal (*Chlorella* sp.) photobioreactors operated in a Middle and Southern European climate. *Journal of Applied Phycology*, 2006, 18, 811-826..  
CZ 9966 U1; CS 276119 B6; CZ 279579 B6; US 2012/0252112 A1.

(73) Majitel patentu:  
Mikrobiologický ústav AV ČR, v.v.i., Praha 4 -Krč,  
CZ

Zařízení (1) je opatřeno čidlem pro měření fotosyntetické aktivity mikrořas obsažených v kultivačním médiu.

(72) Původce:  
doc. RNDr. Jiří Masojídek, CSc., Třeboň, CZ  
Ing. Magda Sergejevová, Ph.D., Nové Hrady, CZ  
Ing. Pavel Souček, Lomnice nad Lužnicí, CZ  
Ing. Jiří Kopecký, CSc., Třeboň, CZ

(74) Zástupce:  
PatentCentrum Sedlák a Partners s.r.o., Ing. Jiří  
Sedlák, Husova 5, 370 01 České Budějovice

(54) Název vynálezu:  
**Zařízení pro fototrofní kultivaci mikrořas**

(57) Anotace:  
Zařízení (1) pro fototrofní kultivaci mikrořas zahrnující dvě meandrovitě uspořádané šikmé kultivační plochy (2, 5), uspořádané s výškovým rozdílem, kde první kultivační plocha (2) je uspořádána výše než druhá kultivační plocha (5) a odtok výše uspořádané první kultivační plochy (2) navazuje na vtok níže uspořádané druhé kultivační plochy (2). Po celé ploše šikmých kultivačních ploch (2, 5) stéká kultivační suspenze obohacená CO<sub>2</sub>. V horní části výše uspořádané první kultivační plochy (2) je uspořádána distribuční trubice (3) pro vypouštění kultivační suspenze na první kultivační plochu (2), pod níž je uspořádán sběrný žlab (4) pro sběr a odvod kultivační suspenze z první kultivační plochy (2) a přívod kultivační suspenze na druhou kultivační plochu (5), pod níž je uspořádána sběrná nádrž (6) pro sběr a distribuci kultivační suspenze. Sklon první kultivační plochy (2) a sklon druhé kultivační plochy (5) je nastavitelný nezávisle jeden na druhém, přičemž výška vrstvy kultivační suspenze stékající po první a druhé kultivační ploše (2, 5) je regulovatelná nastavením sklonu první a/nebo druhé kultivační plochy (2, 5) a/nebo nastavením rychlosti průtoku kultivační suspenze čerpadlem (7), kde čerpadlo (7) je uspořádáno na potrubí (13) spojujícím sběrnou nádrž (6) a distribuční trubici (3).

CZ 304988 B6

## Zařízení pro fototrofní kultivaci mikrořas

### Oblast techniky

5

Vynález se týká zařízení pro fototrofní kultivaci mikrořas, konkrétně kultivace řas v kultivačním médiu stékajícím samospádem po šikmých kultivačních plochách.

10

### Dosavadní stav techniky

Mikrořasy patří mezi nejrychleji rostoucí organismy na Zemi. Jejich buňka je tvořena z 90 % bílkovinami, polysacharidy a lipidy. Kromě těchto látek obsahují buňky mikrořas také jiné, vysoce hodnotné sloučeniny, jako jsou vitamíny, pigmenty a biologicky aktivní látky, které mohou být využity jako potravní a krmné doplňky, nebo jsou z nich izolovány výše popsané látky, které nacházejí využití v kosmetice a farmakologii. Mikrořasy se uplatňují také pro biodegradaci odpadních vod a zachycení CO<sub>2</sub> z průmyslových odpadních plynů. V posledních desetiletích se o mikrořasách často uvažuje jako o zdrojích biopaliv druhé či třetí generace (kultury mikrořas rostoucích na zemědělsky nevyužitelných plochách, v průmyslových areálech, aj.).

20

V aplikované algologii se obecně používá termínu „mikrořasy“ (na rozdíl od makrořas, např. mořských chaluh) v širším smyslu slova pro prokaryotické sinice a eukaryotické řasy, které jsou buď jednobuněčné, nebo tvoří vlákna či shluky. Produkce biomasy kulturami mikrořas je založena na jednoduchém schématu fotosyntézy, které vyjadřuje všechny nezbytné požadavky tohoto biologického procesu:

25



30

Mikrořasy se dají velmi dobře pěstovat v řízené akvakultuře s přidavkem anorganických solí, kdy hlavním zdrojem uhlíku je oxid uhličitý. Fotosyntetický proces vyžaduje stálý přísun světla, v případě venkovních kultivací je to Slunce, které představuje nejlevnější energetický zdroj.

35

Pro kultivaci mikrořas jsou výhodná zařízení, kde živné medium s pěstovanými mikrořasami stéká po nakloněných deskách v tenké vrstvě. Tím je zajištěno rovnoměrné prosvětlení suspenze v celém svém objemu a rovnoměrný růst mikrořas.

40

Např. dokument CZ 2010–637 popisuje skloněné plochy, po nichž stéká kultivační médium. Plochy jsou opatřeny mělkými důlky či rýhami, které zpomalují průtok kultivačního média po ploše, čímž se zvyšuje doba prodloužení řas na kultivační ploše. Zařízení je sestaveno tak, že sestává-li z více ploch, mají dvě vedlejší skloněné plochy opačný sklon, a mají vždy společný distributor kultivačního média a společný sběrný žlab kultivačního média.

45

Dokument CZ 2010–474 popisuje zařízení tvořené skloněnými kultivačními zónami, které se pravidelně střídají s desorpčními zónami pro snížení obsahu kyslíku rozpuštěného v kultivačním médiu, které mají buď stejný sklon jako kultivační zóny nebo jsou uspořádány kolmo k vodorovné rovině.

50

Nevýhodou výše popsaných řešení je náročná údržba, protože řasy nevyhnutelně sedimentují v důlcích, rýhách nebo prohlubních materiálu, z něhož jsou desorpční zóny vyrobeny. Sedimentace mikrořas s sebou přináší riziko bakteriální kontaminace.

55

Některé nedostatky otevřených systémů částečně odstranilo využití kaskád, kde suspenze mikrořas stékala po nakloněné ploše, na které byly kolmo na směr toku v určitých vzdálenostech uloženy sešikmené přepážky. Suspenze, proudící pod i přes přepážky se intenzivně míchala, přičemž se na celé kultivační ploše udržovala požadovaná tloušťka vrstvy (4 až 5 cm). Suspenze mikrořas,

která teče po jednostranné nakloněné ploše, se vrací sběrným potrubím do čerpadla, které ji vytlačí na horní okraj spádované kultivační plochy. Cirkulace probíhá během denního osvětlení, v noci je suspenze uložena ve sběrné nádrži. Tento systém byl později upraven tak, že přepážky byly nahrazeny tyčemi kruhového profilu a jednotlivé plochy byly propojeny žlaby do kaskády ve tvaru písmene Z, kterými proudí suspenze z jedné strany na druhou, což je popsáno v dokumentu CZ 279 579. Nevýhodou systémů s přepážkami je velmi obtížné čištění systému, kdy zbytky biomasy způsobují zvýšenou bakteriální kontaminaci. Poslední modifikací tohoto systému bylo odstranění přepážek na většině plochy, aby suspenze stékala ve vrstvě asi 6 mm. Toto uspořádání umožnilo kultivaci zelených mikrořas *Scenedesmus* a *Chlorella* až do vysokých hustot biomasy (30 až 40 g suché hmoty na 1 litr suspenze). Ve srovnání s ostatními systémy, má kultivace v tenké vrstvě řadu výhod pro růst mikrořas – vysokou turbulenci způsobenou malou tloušťkou vrstvy a prouděním suspenze (~0,5 m/s), která je charakterizována rychlým střídáním cyklů světlo/tma (frekvence ~10 až 100 Hz) ve vrstvě suspenze, čímž jsou buňky vystaveny intermitentnímu osvětlení, které se blíží frekvenci světelných reakcí fotosyntézy. Rychlé střídání cyklů světlo/tma (v čase od desítek do stovek milisekund), blízké obratu fotosyntetického aparátu je důležité pro vysokou účinnost využití světla a následně rychlý růst kultury. Celková ozáření buněk mikrořas se pohybuje v oblasti blízké saturační ozáření (0,1 až 0,2 mmol fotonů/m<sup>2</sup> s), která podmiňuje vysokou růstovou rychlost kultury (exponenciální růst) a tím dochází k vysoké účinnosti využití světla. Je tak možné se vyhnout přehlcení fotosyntetického aparátu světlem, tzn. že nedochází k přeredukování elektronových přenašečů ve fotosystému II (PSII), který vede ke vzniku reaktivních radikálů a inhibici přenosu elektronů. Minimalizace ztrát světelné energie tepelnou disipací se dosahuje přes tzv. „light-dilution effect“, který snižuje dávku světelné energie a kompenzuje převahu světelných reakcí nad temnotními tím, že se pracuje ve vysoce turbulentních, hustých suspenzích mikrořas na krátké optické dráze. Nevýhodou tenkovrstevných systémů je fotoinhibice kultury mikrořas v koncentracích biomasy nižších než 5 g biomasy na litr suspenze nebo u světlocitlivých kmenů mikrořas, zvláště v situacích vysoké ozáření za sub-optimální růstové teploty (15 až 20 °C).

Úkolem vynálezu je vytvoření zařízení pro fototrofní kultivaci mikrořas, které by umožňovalo regulaci průtoku kultivační suspenze v závislosti na slunečním záření a růstu mikrořas v suspenzi, a které by výrazně eliminovalo riziko fotoinhibice.

### Podstata vynálezu

Tento úkol je vyřešen vytvořením zařízení pro fototrofní kultivaci mikrořas podle předloženého vynálezu. Zařízení sestává z alespoň dvou meandrovitě uspořádaných šikmých kultivačních ploch, uspořádaných s výškovým rozdílem, kde první kultivační plocha je uspořádána výše než druhá kultivační plocha. Odtok výše uspořádané první kultivační plochy navazuje na vtok druhé, níže uspořádané kultivační plochy.

Po celém povrchu šikmých kultivačních ploch stéká suspenze mikrořas obohacená CO<sub>2</sub>. V horní části výše uspořádané první kultivační plochy je distribuční trubice s otvory pro vystřikování kultivační suspenze mikrořas na první kultivační plochu. Na konci této plochy je sběrný žlab pro odvod kultivační suspenze z první kultivační plochy na druhou kultivační plochu. Na konci druhé kultivační plochy je sběrná nádrž pro sběr a opětovnou distribuci kultivační suspenze. Podstata vynálezu spočívá v tom, že sklon první kultivační plochy a sklon druhé kultivační plochy je nastavitelný nezávisle jeden na druhém. Je tak možné maximálně využít slunečního osvětlení na kultivační suspenzi stékající po kultivačních plochách. Výška vrstvy kultivační suspenze stékající po první a druhé kultivační ploše je regulovatelná nastavením sklonu první a/nebo druhé kultivační plochy a/nebo nastavením (zvýšením nebo snížením) průtoku kultivační suspenze čerpadlem. Nastavení výšky vrstvy suspenze mikrořas je důležité k dosažení optimálního osvětlení kultivovaných buněk pro jejich fotosyntetickou aktivitu, kdy se buď zamezí nadměrné ozáření (fotoinhibici) řídkých kultur nebo nedostatku světla v hustých suspenzích. Aby bylo možné sledovat růst mikrořas v kultivační suspenzi a podle toho nastavovat sklon kultivačních ploch a průtok

kultivační suspenze čerpadlem, je zařízení opatřeno čidlem pro měření fotosyntetické aktivity mikrořas obsažených v kultivačním médiu.

5 Obě kultivační plochy jsou opatřeny podélnými přepážkami, rovnoběžnými s podélnými hranami kultivačních ploch. Slouží k vytváření turbulentního proudění kultivační suspenze při stékání po první a druhé kultivační ploše. Proudění kultivační suspenze způsobuje rychlé střídání režimu světlo/tma ve vrstvě. Promíchávání kultivační suspenze na kultivačních plochách je nezbytné pro rovnoměrné osvětlení buněk, pro zásobení živinami a vyloučení přebytečného kyslíku vznikajícího při fotosyntéze.

10

Spádový úhel  $\alpha$  vymežující sklon první kultivační plochy a spádový úhel  $\beta$  vymežující sklon druhé kultivační plochy je v rozmezí 0,5 až 3° úhlových stupňů. Výhodné provozní nastavení úhlů  $\alpha$  a  $\beta$  je 1,5 až 1,7°. Sklon první kultivační plochy a druhé kultivační plochy je nastavitelný samostatně, aby bylo možné co neoptimálněji regulovat průtok a výšku vrstvy kultivační suspenze na jednotlivých kultivačních plochách.

15

Nastavení sklonu kultivačních ploch je navzájem nezávislé. První kultivační plocha je opatřena prvním párem hydraulických válců pro nastavení sklonu a druhá kultivační plocha je opatřena druhým párem hydraulických válců pro nastavení sklonu. Tím je docíleno samostatného ovládní první kultivační plochy a druhé kultivační plochy. Obě plochy mají na konci přiléhajícím ke sběrnému kanálu otočnou osu, kolem níž se natáčí.

20

Ve výhodném provedení má sběrná nádrž spádové dno přecházející ve spádovou jímku. Kultivační suspenze stékající do sběrné nádrže z druhé kultivační plochy se ve sběrné nádrži promíchává a následně stéká do spádové jímky, odkud je vytlačena čerpadlem do potrubí, které ji přivádí do distribuční trubice v horní části první kultivační plochy. Čerpadlo je zvoleno tak, aby nedocházelo k poškození buněčných stěn kultivovaných mikrořas, s výhodou je použito kolové čerpadlo.

25

30 Čerpadlo je spojeno s distribuční trubicí potrubím, přičemž do potrubí je v části mezi čerpadlem a distribuční trubicí instalován vstup pro dávkování  $\text{CO}_2$  do kultivační suspenze. Uspořádání vstupu pro dávkování  $\text{CO}_2$  těsně za čerpadlem má tu výhodu, že  $\text{CO}_2$  se v kultivační suspenzi rozpustí dřív, než suspenze začne vytékat z distribuční trubice na kultivační plochu.

30

35 Ve výhodném provedení je  $\text{CO}_2$  do kultivační suspenze dávkován navíc i ve sběrném žlabu, což znamená, že suspenze je sycena  $\text{CO}_2$  na začátku a uprostřed světelné fáze. Je to výhodné především při vysokém přírůstku biomasy, kdy je růst omezován nedostatkem  $\text{CO}_2$ .

35

40 Dávkování  $\text{CO}_2$  do potrubí je regulováno pomocí pH–statu, (hodnota pH závisí na koncentraci rozpuštěného  $\text{CO}_2$ ), kdy na nižší straně druhé kultivační plochy je umístěno čidlo pro sledování hodnoty pH kultivační suspenze. Udržuje se tak optimální množství  $\text{CO}_2$  v kultivační suspenzi potřebné pro fototrofní kultivaci mikrořas. Pro výhodné měření je možné určovat hodnotu pH suspenze v horní části první kultivační plochy i v dolní části druhé kultivační plochy. Podle změny hodnoty pH (na začátku a konci světelného cyklu) je možné optimálně nastavit dávkování  $\text{CO}_2$  do suspenze tak, aby nedocházelo ke ztrátám únikem do vzduchu, ale ani k nedostatku  $\text{CO}_2$  v suspenzi během kultivace.

45

Mezi druhou kultivační plochou a sběrnou nádrží je uspořádáno síto pro odstranění hrubých nečistot, které se dostanou na kultivační plochu z okolí. Dále zde dochází ke snížení koncentrace kyslíku, který vzniká během fotosyntézy na kultivačních plochách. Vysoká koncentrace kyslíku působí toxicky na buňku, umožňuje vznik reaktivních radikálů, které způsobují poškození buněk. V konečném důsledku to způsobuje inhibici růstu a tím snižuje produkci biomasy.

50

Dále je výhodné zajištění tepelné regulace suspenze mikrořas. Ve sběrném žlabu je umístěn systém plochých hranolů, kam je zaveden průtok studené vody pro chlazení kultivační suspenze.

55

Vedení studené vody lze aktivovat při přehřívání kultivační suspenze, které by mohlo způsobit úhyn pěstované mikrořasy.

Naopak, pro ohřev suspenze mikrořas v chladném období je vnější obvod spodní strany sběrné nádrže opatřen topným elektrickým kabelem. Také je výhodné, aby spodní strana alespoň jedné kultivační plochy byla opatřena ohřívacím kabelem pro temperaci kultivační suspenze. Ohřívací kabel nebo vedení studené vody zajišťuje tepelnou regulaci v rámci zařízení, takže kultivace mikrořas může probíhat i za teplotních výkyvů.

10

### Objasnění výkresů

Vynález bude blíže objasněn pomocí přiložených obrázků na výkresech, na nichž znázorňují obr. 1 boční schematický pohled pro fototrofní kultivaci mikrořas a obr. 2 perspektivní pohled shora na zařízení pro fototrofní kultivaci mikrořas.

15

### Příklad uskutečnění vynálezu

Rozumí se, že dále popsané a zobrazené konkrétní případy uskutečnění vynálezu jsou představovány pro ilustraci, nikoliv jako omezení příkladů vynálezu na uvedené příklady. Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni zajistit za použití rutinního experimentování větší či menší počet ekvivalentů ke specifickým uskutečněním vynálezu, která jsou zde popsána. I tyto ekvivalenty budou zahrnuty v rozsahu následujících patentových nároků.

25

Zařízení 1 pro fototrofní kultivaci mikrořas je v příkladu provedení zobrazeném na obr. 1 a 2 tvořeno dvěma meandrovitě uspořádanými šikmými kultivačními plochami 2, 5. První kultivační plocha 2 je uspořádána výše než druhá kultivační plocha 5. První a druhá kultivační plocha 2, 5 jsou uloženy na otočných osách 11, kolem kterých se naklápí, čímž se reguluje sklon každé kultivační plochy 2, 5. První kultivační plocha 2 svírá s horizontální rovinou úhel  $\alpha$ , druhá kultivační plocha 5 svírá s horizontální rovinou úhel  $\beta$ . Nastavením úhlu  $\alpha$  a  $\beta$  se reguluje sklon první nebo druhé kultivační plochy 2, 5. Nejvýhodnější nastavení velikosti úhlu  $\alpha$  a  $\beta$  je 1,5 až 1,7°. Maximální rozmezí velikosti úhlu  $\alpha$  a  $\beta$  je 0,5 až 3°. Velikosti úhlů  $\alpha$  a  $\beta$  se mohou měnit nezávisle na sobě a jejich nastavení nemusí být stejné. To znamená, že první kultivační plocha 2 může mít jiný sklon než druhá kultivační plocha 5.

35

Nastavení sklonu první kultivační plochy 2 se provádí výsuvnými pístnicemi prvního páru hydraulických válců 9, který je usazen ve střední části horní poloviny první kultivační plochy 2, aby nedocházelo ke kroucení první kultivační plochy 2 při zdvihání nebo snižování. Nastavení sklonu druhé kultivační plochy 5 se provádí výsuvnými pístnicemi druhého páru hydraulických válců 10, který je umístěn ve střední části spodní poloviny druhé kultivační plochy 5.

40

První a druhá kultivační plocha 2, 5 je vyrobena z inertního biokompatibilního materiálu vhodného pro potravinářské účely. Lze je vyrobit ze skla, plastů nebo kompozitních materiálů. V tomto příkladu provedení jsou kultivační plochy 2, 5 vyrobeny z nerezové oceli. Jsou uloženy na rámu z příhradové konstrukce 16, který zajišťuje jejich torzní a axiální tuhost. Kultivační plochy 2, 5 jsou hladké, aby se na nich nemohly nalepovat a sedimentovat mikrořasy, což by výrazně ztížilo údržbu kultivačních ploch 2, 5. Celková kultivační plocha je asi 90 m<sup>2</sup>, kdy každá z kultivačních ploch 2, 5 (asi 42,5 m<sup>2</sup>) je rozdělena podélnými přepážkami 8 na podélné pásy o šíři asi 1 m (Obr. 2). Celková dráha toku kultivační suspenze je asi 28 m a rychlost toku je asi 0,5 m/s. Jeden cyklus oběhu suspenze pak trvá asi 90 vteřin.

50

V horní části první kultivační plochy 2 je uspořádána distribuční trubice 3 s kulatými otvory, odkud kultivační suspenze proudí na první kultivační plochu 2. První i druhá kultivační plocha 2, 5 je rozdělena podélnými přepážkami 8, rovnoběžnými s podélnými hranami každé plochy 2, 5.

55

- Vrstva kultivační suspenze stékající po kultivačních plochách 2 a 5 naráží do podélných přepážek 8, čímž vznikají příčné vlny, díky nimž se kultivační suspenze promíchává. Frekvence turbulencí a příčných vln závisí na sklonu kultivačních ploch 2 a 5, na tloušťce vrstvy kultivační suspenze a rychlosti toku, popř. drsnosti povrchu kultivačních ploch 2, 5. Turbulence a příčné vlny způsobují rychlé střídání režimu světlo/tma ve vrstvě kultivační suspenze, čímž dochází k dostatečnému promíchávání, které je nezbytné pro rovnoměrné osvětlení buněk mikrořas, pro zásobení živinami a vyloučení přebytečného kyslíku vznikajícího při fotosyntéze. Intermittentní režim světlo/tma pro jednotlivé buňky ve frekvencích 10 až 100 kHz zaručuje optimální využití světelné energie ve fotosyntetickém transportu elektronů a minimalizaci ztrát tepelnou disipací a následně i efektivní využití pro produkci biomasy. Např. ve vrstvě o tloušťce 6 mm při rychlosti toku 0,5 m/s to představuje vysoce turbulentní proudění s rychlým střídáním period světla a tmy s frekvencí  $<0,5 \text{ s}^{-1}$ . Hodnota Reynoldsova čísla v tomto uspořádání je kolem 4500, zatímco pro lineární tok v běžných otevřených oběžných kanálech jsou charakteristické hodnoty kolem 500.
- V oblasti otočných os 11, tedy v místě styku první a druhé kultivační plochy 2, 5 je usprádan sběrný žlab 4. Do sběrného žlabu 4 stéká kultivační suspenze z první kultivační plochy 2 a je přiváděna na druhou kultivační plochu 5. Ve sběrném žlabu 4 je umístěno vedení studené vody pro chlazení kultivační suspenze.
- V oblasti pod odtokem kultivační suspenze z druhé kultivační plochy 5 je uspořádána sběrná nádrž 6. Sběrná nádrž 6 je navržena tak, aby mohla zadržovat co nejmenší „temný“ objem suspenze. Celkový objem je až 1500 litrů, aby byla dostatečná rezerva při nastavení větší tloušťky vrstvy suspenze na kultivačních plochách 2, 5. Sběrná nádrž 6 má spádové dno, jehož část přechází ve spádovou jámku 12, odkud kultivační suspenze vtéká do čerpadla 7. Z důvodu lepší dostupnosti a snížení výšky kultivačních ploch 2, 5 nad terénem, je sběrná nádrž 6 umístěna 75 cm pod úroveň terénu ve vydlážděné jámce s odtokem do kanalizace, kam se vypouští přebytečná kultivační suspenze. V nočním režimu nebo za nepříznivého počasí je kultivační suspenze mikrořas uchována ve sběrné nádrži 6, kde je promíchávána vzduchováním. Sběrná nádrž 6 je zakryta spádovaným pojízdným víkem, které případně odvádí srážkovou vodu do kanalizace.
- Odstranění kyslíku produkovaného při fotosyntéze mikrořasami probíhá na kultivačních plochách 2, 5 přestupem do vzduchu, případně při rozstříku suspenze přes filtrační síto 15 na profilované dno sběrné nádrže 6. Filtrační síto 15 je upevněno na sběrné nádrži 6 pod druhou kultivační plochou 5.
- Koncentrace rozpuštěného kyslíku je měřena na počátku a konci kultivačního toku v rozmezí 10 až 25 mg na litr podle teploty kultivační suspenze. Maximální teplota kultury v tomto uspořádání za jasného a teplého dne je obvykle 35 až 36 °C, protože je automaticky ochlazována odparem vody z kultivačních ploch 2, 5. Snížení teploty je možné chlazením průtokem vody ve vedení pro chlazení kultivační suspenze umístěným ve sběrném žlabu 4. Vedení pro chlazení kultivační suspenze je vytvořeno jako dutý kovový profil. Podle nastavené tloušťky vrstvy (5 až 15 mm) je kultivační objem suspenze 500 až 1400 litrů, a to určuje poměr exponovaného povrchu k celkovému objemu suspenze (S/V) v rozmezí 180 až 60  $\text{m}^{-1}$ .
- Ze spádové jámky 12 je kultivační suspenze vedena čerpadlem 7 do potrubí 13, a dále do distribuční trubice 3 v horní části na začátku první kultivační plochy 2. Pro cirkulaci kultivační suspenze mikrořas je použito odstředivé čerpadlo 7 s otevřeným kolem, které nepoškozuje mikrořasy s fragilní buněčnou stěnou ani vláknité druhy. Výkon čerpadla 7 je řízen frekvenčním měničem.
- Na výstupu z čerpadla 7 je do potrubí 13 zaveden vstup 14 pro dávkování  $\text{CO}_2$ . Dávkování  $\text{CO}_2$  se provádí elektromagnetickým ventilem v režimu pH–statu, tzn. podle nastavené hodnoty pH kultivační suspenze v rozmezí hodnot mezi 7 až 8. Vstup 14 je uspořádán za čerpadlem 7 proto, aby se  $\text{CO}_2$  mohl lépe rozpustit v kultivační suspenzi a aby nebyla snižována účinnost čerpadla. Zdrojem  $\text{CO}_2$  je buď čistý plyn, nebo je tvořen směsí  $\text{CO}_2$  se vzduchem a jinými odpadními ply-

ny netoxickými pro fotosyntézu, např. z bioplynových stanic, spaloven aj. Pokud je potřeba zvýšit hladinu CO<sub>2</sub> v kultivační suspenzi, lze jej navíc dávkovat do kultivační suspenze i ve sběrném žlabu 4, kam je přiváděn stejně jako do vstupu 14 CO<sub>2</sub> ze zásobníku, který není na přiložených výkresech znázorněn.

5

Pro lepší údržbu a možnost kontroly průběhu kultivace mikrořas je zařízení 1 opatřeno pochozí lávkou 17, vedenou kolem kultivačních ploch 2, 5. Pochozí lávka 17 je ve výšce sběrného žlabu 4.

10

#### Průmyslová využitelnost

Zařízení pro fototrofní kultivaci mikrořas podle vynálezu lze využít pro velkoplošnou kultivaci mikrořas pro biomasu nebo bioremediace, např. pro čištění průmyslových odpadních vod, skládkových výluhů nebo odpadních vod ze zemědělské výroby.

15

20

### P A T E N T O V É   N Á R O K Y

1. Zařízení (1) pro fototrofní kultivaci mikrořas zahrnující dvě meandrovitě uspořádané šikmé kultivační plochy (2, 5), uspořádané s výškovým rozdílem, kde první kultivační plocha (2) je uspořádána výše než druhá kultivační plocha (5) a odtok výše uspořádané první kultivační plochy (2) navazuje na vtok níže uspořádané druhé kultivační plochy (5), přičemž po celé ploše šikmých kultivačních ploch (2, 5) stéká kultivační suspenze obohacená CO<sub>2</sub>, v horní části výše uspořádané první kultivační plochy (2) je uspořádána distribuční trubice (3) pro vypouštění kultivační suspenze na první kultivační plochu (2), pod níž je uspořádán sběrný žlab (4) pro sběr a odvod kultivační suspenze z první kultivační plochy (2) a přívod kultivační suspenze na druhou kultivační plochu (5), pod níž je uspořádána sběrná nádrž (6) pro sběr a distribuci kultivační suspenze, přičemž zařízení (1) je opatřeno čidlem pro měření fotosyntetické aktivity mikrořas obsažených v kultivačním médiu, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že sklon první kultivační plochy (2) a sklon druhé kultivační plochy (5) je nastavitelný nezávisle jeden na druhém, přičemž výška vrstvy kultivační suspenze stékající po první a druhé kultivační ploše (2, 5) je regulovatelná nastavením sklonu první a/nebo druhé kultivační plochy (2, 5) a/nebo nastavením rychlosti průtoku kultivační suspenze čerpadlem (7), kde čerpadlo (7) je uspořádáno na potrubí (13) spojujícím sběrnou nádrž (6) a distribuční trubicí (3).

25

30

35

2. Zařízení podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že první a druhá kultivační plocha (2, 5) jsou opatřeny podélnými přepážkami (8), rovnoběžnými s podélnými hranami první a druhé kultivační plochy (2, 5) pro vytváření turbulentního proudění kultivační suspenze po první a druhé kultivační ploše (2, 5).

40

3. Zařízení podle nároků 1 a 2, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že spádový úhel ( $\alpha$ ) vymežující sklon první kultivační plochy (2) a spádový úhel ( $\beta$ ) vymežující sklon druhé kultivační plochy (5) je v rozmezí 0,5 až 3° úhlových stupňů, přičemž sklon první kultivační plochy (2) a druhé kultivační plochy (5) je nastavitelný samostatně.

45

4. Zařízení podle alespoň jednoho z nároků 1 až 3, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že první kultivační plocha (2) je opatřena jedním párem hydraulických válců (9) pro výškové nastavení a druhá kultivační plocha (5) je opatřena druhým párem hydraulických válců (10) pro výškové nastavení, přičemž první a druhá kultivační plocha (2, 5) jsou otočné na ose (11) a jejich výškové nastavení je navzájem nezávislé.

50

55

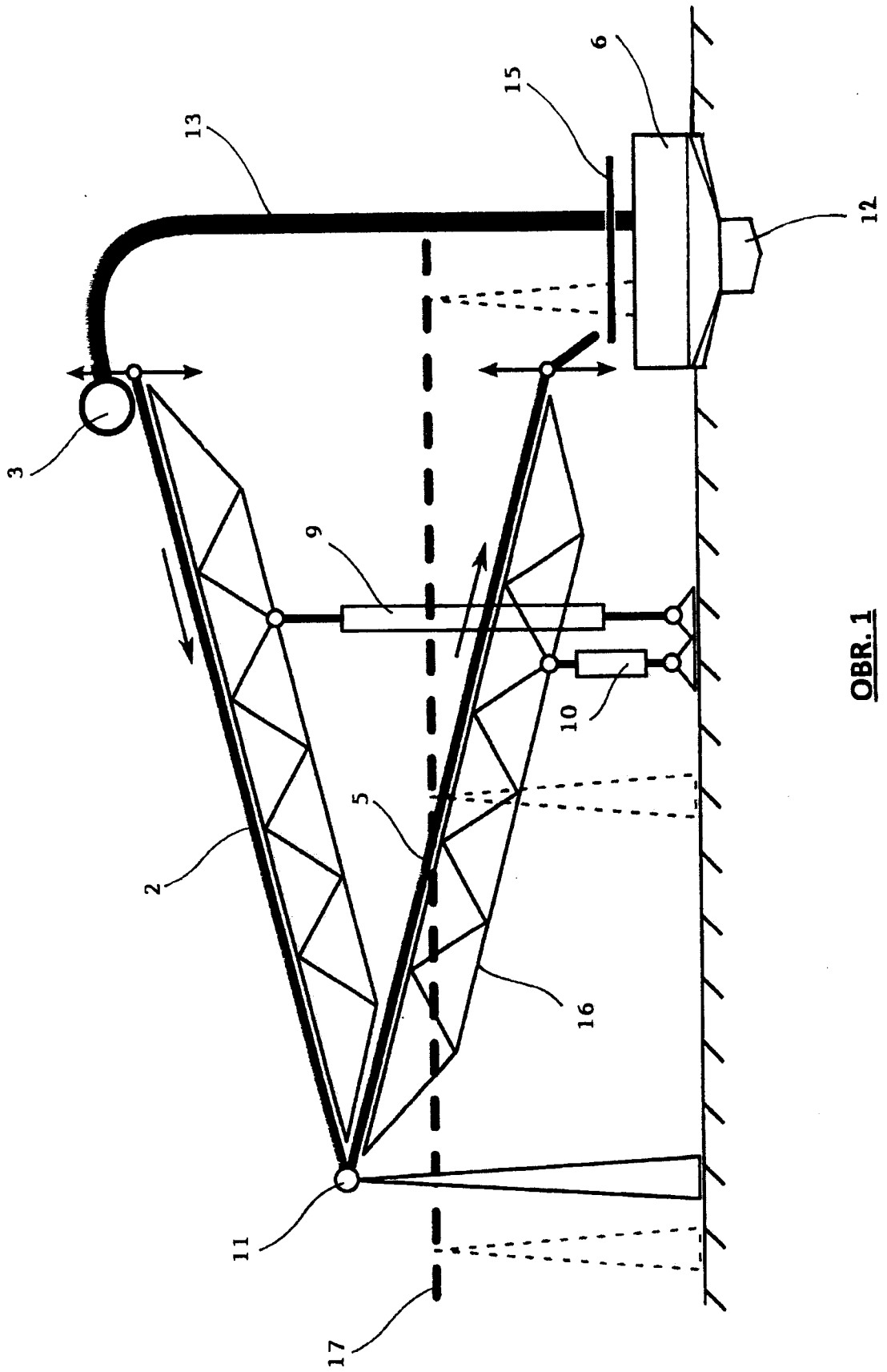
5. Zařízení podle alespoň jednoho z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že sběrná nádrž (6) má spádové dno přecházející ve spádovou jámku (12) pro čerpání kultivační suspenze čerpadlem (7), přičemž čerpadlo (7) je kolové čerpadlo.
- 5 6. Zařízení podle alespoň jednoho z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že do potrubí (13) je v části mezi čerpadlem (7) a distribuční trubicí (3) uspořádán vstup (14) pro dávkování CO<sub>2</sub> do kultivační suspenze.
7. Zařízení podle alespoň jednoho z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že na nižší straně druhé kultivační plochy (5) je čidlo pro sledování hodnoty pH kultivační suspenze.
- 10 8. Zařízení podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že další vstup (14) pro dávkování CO<sub>2</sub> je uspořádán ve sběrném žlabu (4).
- 15 9. Zařízení podle alespoň jednoho z nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že mezi druhou kultivační plochou (5) a sběrnou nádrží (6) je uspořádáno síto (15) pro odstranění nečistot z okolí a odplynění nadbytečného kyslíku produkovaného mikrořasami obsaženými v kultivační suspenzi.
- 20 10. Zařízení podle alespoň jednoho z nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že ve sběrném žlabu (4) je vedení studené vody pro chlazení kultivační suspenze.
11. Zařízení podle alespoň jednoho z nároků 1 až 10, **vyznačující se tím**, že vnější plocha spodní strany sběrné nádrže (6) je opatřena ohřívacím kabelem pro ohřev kultivační suspenze.
- 25 12. Zařízení podle alespoň jednoho z nároků 1 až 11, **vyznačující se tím**, že spodní strana alespoň jedné kultivační plochy (2, 5) je opatřena ohřívacím kabelem pro ohřev kultivační suspenze.
- 30

## 2 výkresy

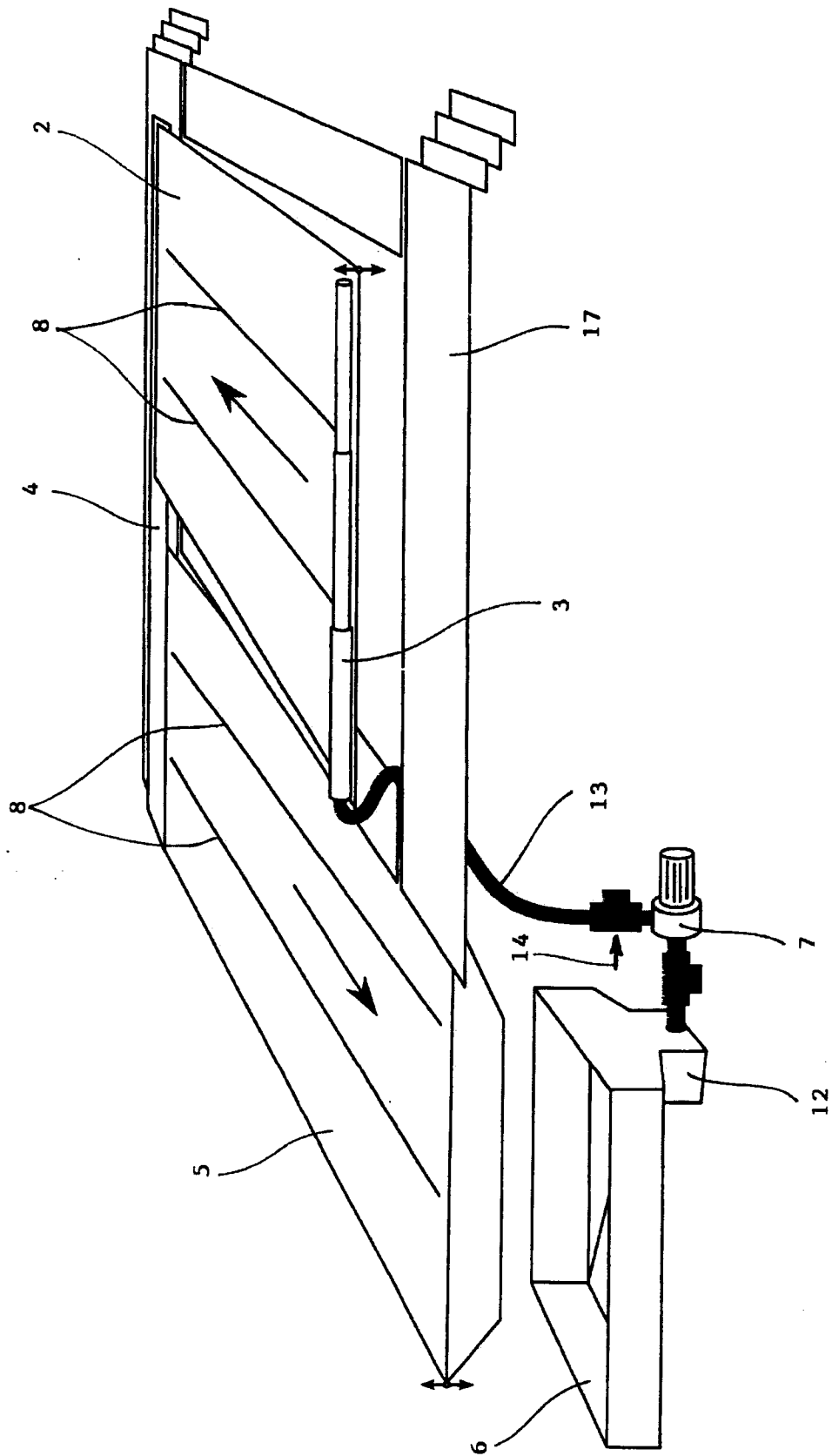
## Přehled vztahových značek:

- 40 1 zařízení pro fototrofní kultivaci mikrořas  
2 první kultivační plocha  
3 distribuční trubice  
4 sběrný žlab  
5 druhá kultivační plocha  
45 6 sběrná nádrž  
7 čerpadlo  
8 podélná přepážka  
9 první pár hydraulických válců  
10 druhý pár hydraulických válců  
50 11 otočná osa  
12 spádová jámka  
13 potrubí  
14 vstup pro dávkování CO<sub>2</sub>  
15 síto  
55 16 příhradová konstrukce  
17 pochozí lávka.





OBR. 1



**OBR. 2**