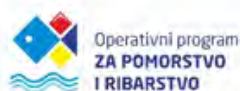




MINISTARSTVO  
POLJOPRIVREDE

2023

# Vodič za inovaciju i održivost u akvakulturi – uzgoj algi



Europska unija

Izdavač: Ministarstvo poljoprivrede Ulica  
grada Vukovara 78, 10000 Zagreb

[www.poljoprivreda.gov.hr](http://www.poljoprivreda.gov.hr)

Zagreb, listopad 2023.

Izrada ovog vodiča sufinancirana je sredstvima Europske unije iz Europskog fonda za pomorstvo i ribarstvo.

Sadržaj ovog vodiča isključiva je odgovornost Ministarstva poljoprivrede.

Kontakt:

Ministarstvo poljoprivrede

Uprava ribarstva

Alexandera von Humboldta 4b

10000 Zagreb

tel: (01) 6443 185

fax: (01) 6443 200

e-mail: [uprava.ribarstva@mps.hr](mailto:uprava.ribarstva@mps.hr)

Autor:

MARIBU d.o.o. za poslovno savjetovanje

Put za Marleru 29, 52204 Ližnjan

Tel: 385 52 578466

Fax: 385 52 578466

e-mail: [mario.lovrinov@gmail.com](mailto:mario.lovrinov@gmail.com)

Zagreb, studeni 2023.

Ovi edukativni materijali izrađeni su u suradnji s nadležnom upravom Ministarstva poljoprivrede, Upravom ribarstva u okviru mjere II.5. „Službe upravljanja i pružanja pomoći i savjetovanja za akvakulturna uzgajališta“.

Materijale je publiciralo Ministarstvo poljoprivrede te se kao takvi primjenjuju u svrhu edukacije svih osoba koje planiraju započeti s proizvodnjom algi.

Na pripremi i ocjeni materijala sudjelovali su:

- Valentina Andrić, mag.ing. morskog ribarstva, Ministarstvo poljoprivrede
- Valentina Šebalj, dipl. ing. biologije, Ministarstvo poljoprivrede

## Sadržaj

Uvod .....	4
Analiza trendova i inovacije u akvakulturi.....	5
Analiza stanja proizvodnje u akvakulturi Hrvatske.....	11
Pravni okvir za pokretanje aktivnosti u akvakulturi u RH.....	12
Gospodarski značajne vrste u prehrambenoj industriji .....	15
Mikroalge.....	15
Makroalge (Morske trave).....	17
Primjena algi u gospodarstvu .....	19
Proizvodnja gnojiva .....	21
Proizvodnja bioplastike .....	22
Kozmetika i farmaceutika .....	22
Proizvodi i tržišna vrijednost .....	24
Tržišni trendovi algi .....	26
Važnost proizvodnji algi kao sirovine za prerađivačku industriju postaje sve značajnija. ....	26
Ponovimo najznačajnije alge i primjene.....	27
Tehnologije uzgoja algi.....	32
Uzgoj u otvorenim objektima akvakulture .....	33
Uzgoj u zatvorenim objektima akvakulture .....	34
Europska iskustva u proizvodnji algi.....	37
Mogućnosti za razvoj uzgoja algi u Republici Hrvatskoj.....	39
Preporuke za uzgoj algi u Republici Hrvatskoj.....	41
Tehnologija uzgoja.....	42
Ulaganja u istraživanje i razvoj .....	42
Razvoj održivih metoda uzgoja.....	43
Fokus na dodanoj vrijednosti proizvoda .....	43
Edukacija i osposobljavanje.....	43
Stvaranje poticajnog regulatornog okruženja .....	43
Osigurati ekonomsku isplativost .....	44
Podrška razvoju tržišta algi.....	45
Suradnja i umrežavanje .....	46
.....	46
Literatura .....	47
Korisne poveznice.....	51

## Uvod

**Dobrodošli u "Vodič za inovacije i održivost u akvakulturi – uzgoj algi"**, sveobuhvatni opis resursa mogućnosti i vodič za one koji su zainteresirani za uzbuđujuće područje uzgoja algi u Republici Hrvatskoj.

Uzgoj algi stekao je sve veći značaj širom svijeta zbog njihove raznovrsne primjene. Alge mogu biti izvor hrane za ljudsku konzumaciju, sastavni dio stočne hrane, sirovina za biogoriva, pa čak i koristi u kozmetici i farmaceutici (Chacón-Lee & González-Mariño, 2010). Štoviše, uzgoj algi ima značajne ekološke prednosti; doprinosi sekvenciranju ugljika, pomažući u borbi protiv klimatskih promjena, te može poboljšati kvalitetu vode upijanjem hranjivih tvari iz otpadnih tokova (Coppens i dr., 2016).

Fokus Europske unije na održivoj akvakulturi čini okosnicu ovog vodiča. Prateći osnovne smjernice EU-a za održivu akvakulturu (Europska komisija, 2013) te Strateške smjernice za održiviju i konkurentniju akvakulturu u EU-u za razdoblje od 2021. do 2030 (Europska komisija, 2021), možemo transformirati područje uzgoja algi u važan činitelj koji utječe na smanjenje učinaka klimatskih promjena, dekarbonizaciju i prilagođavanje promjenjivoj klimi, štiteći pritom naše dragocjene obalne ekosustave. U specifičnom kontekstu Hrvatske, s njenim opsežnim obalnim područjima i sve većim fokusom na održivost, postoji značajan potencijal za uzgoj algi. Uzgoj algi kao inovativne proizvodnje u Republici Hrvatskoj može pozitivno utjecati na gospodarstvo i okoliš. Uz ekonomske prilike u smislu stvaranja novih poslova i radnih mjesta, uzgojem algi moguće je doprinijeti ekološkoj održivosti i morskoj bioraznolikosti (Nacionalni plan razvoja akvakulture za razdoblje do 2027. g. , NPRA, 2022).

**Cilj** ovog vodiča je istražiti taj potencijal, mapirajući korake i strategije za njegovo učinkovito iskorištavanje. Ovaj je vodič osmišljen kako bi potencijalnim uzgajivačima algi pomogao razumjeti prilike, suočiti se s izazovima te iskoristiti najviše od dostupnih tehnologija i inovacija. Bilo da ste iskusni uzgajivač koji želi diverzificirati svoje operacije ili poduzetnik koji želi istražiti ovo novo područje, pronaći ćete vrijedne informacije i uvide na sljedećim stranicama. Odabrana poglavlja nude analizu trenutnog stanja akvakulture, pregled strateških dokumenata iz EU i Hrvatske, zalaze u pravne okvire, raspravljaju o europskim iskustvima u proizvodnji algi, opisuju osnovnu tehnologiju uzgoja algi te istražuju prilike i izazove u razvoju uzgoja algi u Hrvatskoj.

**Svrha** ovog vodiča je napraviti iskorak prema budućnosti u kojoj uzgoj algi može igrati značajnu ulogu u održivom pejzažu hrvatske akvakulture. Pri navođenju vrsta i opisa uzgoja algi spomenut ćemo sve koje se na nekom nivou uzgajaju u Europi da bi se uvidio potencijal, s naglaskom da je kod nas kod makro algi potrebno voditi računa o autohtonosti i mogućnostima vrste te uzgoja u zatvorenom okviru akvakulture.

## Analiza trendova i inovacije u akvakulturi

Danas, s osnovnim scenarijem potreba razvoja postojeće industrije proizvodnje hrane, odnosno praćenjem samo nekoliko globalnih trendova poput rasta ljudske populacije i potreba za proteinima, drastičnih klimatskih promjena, smanjenja morskih zaliha divlje ribe i interesnih sukoba za obalno područje nameću se razmišljanja kako pomaknuti postojeće granice proizvodnje u unutrašnjost kopna i na otvoreno more u okvirima primjene novih tehnologija. Razvojem novih inovativnih tehnoloških rješenja i poboljšanjem tehnologija takve mogućnosti postaju sve izvjesnije i moguće. Razvojem novih tehnologija danas sigurno pomičemo granice uzgoja i svjedoci smo niza takvih projekata morskog uzgoja dalje od morske obale, što je postala praksa u nekim državama. Primjene novih tehnologija uzgoja potrebno je uskladiti s potrebama tržišta i sve većom potražnjom za pojedinim vrstama proizvoda, sirovina i energije (slika 1).

Danas smo svjedoci više uzlaznih trendova i povećane potražnje za:

- kvalitetnim i prihvatljivim proteinima za ljude, ribe i životinje
- omega 3 esencijalnim masnim kiselinama
- prerađenim ribama i drugim morskim organizmima
- održivom proizvodnjom na više trofičkih razina - Integrirana multitrofička akvakultura (IMTA)
- opskrbnim lancem obnovljivih izvora energije
- aktivnim zdravstvenim namirnicama i dodacima prehrani
- diversifikacijom tržišta lanca opskrbe ribom i novim pristupačnijim proizvodima
- tehnološkim napretkom i obrazovanjem
- poboljšanjem upravljanja bio-otpadom
- razvojem podržavajuće opreme

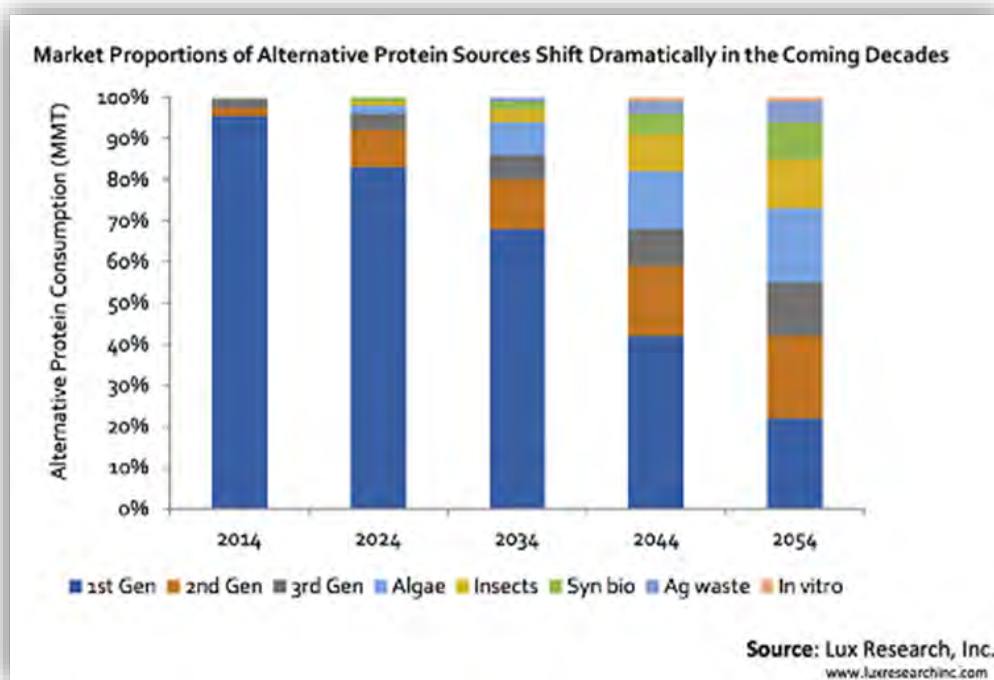
Slika1. Struktura pristupa kod određivanja biomase iz uzgoja i potražnje za algama



Izvor : Camia A., Robert N., Jonsson R., Pili R., García-Condado S., López-Lozano R., van der Velde M., Ronzon T., Gurría P., M'Barek R., Tamosiunas S., Fiore G., Araujo R., Hoepffner N., Marelli L., Giuntoli J., Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment, EUR 28993 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-77237-5, doi:10.2760/539520, JRC109869

Tržište proteina za prehrambene potrebe rastuće ljudske populacije i proizvodnje riba i životinja odrazit će se u narednih 30 godina povećanjem uzgoja različitih biljnih i životinjskih vrsta kao i upotrebom alternativnih izvora proteina. Već u industrijskoj proizvodnji ribe i drugih životinjskih proizvoda postoje određena ograničenja u korištenju pojedinih sirovina porijeklom iz obnovljivih bioloških resursa (riblje brašno i riblje ulje) a za očekivati je da će biti izraženija u nadolazećem razdoblju. Zbog očekivanih restrikcija prirodnih sirovina, potrebno je osigurati adekvatne zamjene.

Slika 2. Prikaz trendova u vezi dostupnosti alternativnih proteina



U analizi trendova kretanja proizvodnje proteina zanimljivo se osvrnuti na istraživanja Lux research Inc. Slika 2. Njihova studija se usredotočuje na "alternativne proteine" i ne uključuje potrošnju proteina dobivenih od kukuruza i pšenice za ljudsku prehranu. Ona razlikuje nekoliko generacija izvora proteina. "Kako se potražnja za proteinima povećava brže nego što konvencionalni izvori mesa iste mogu opskrbljivati, prehrambena će industrija odgovoriti dobavljanjem proteina bez mesa."

Biljni proteini prve generacije (od soje) i nadalje će dominirati u narednih 10 godina. Druga generacija proteina iz izvora kao što su grašak, riža, lan, uljana repica i lupina će brzo rasti i zauzet će 9% tog tržišta do 2024. Značajniji iskorak u tom pravcu se vidi u industriji proizvodnje lososa. Do sredine stoljeća, Lux research inc. očekuje da izvori proteina, osim soje, pokriju tri četvrtine tržišta. Treća generacije biljnih proteina - poput moringa, quinoa i chia - već će do 2024. zauzimati 4% tržišta alternativnih proteina. Prodaja insekata i algi kao izvora proteina također će se povećati, a svaki od njih će zauzimati do 2% tržišnog udjela alternativnih proteina.

Na temelju navedenog istraživanja potrebno je oko 100 milijuna dodatnih hektara zemlje za uzgoj usjeva za alternativne proteine. Kapacitet za takvu proizvodnju u proizvodnji algi zahtijeva znatno manje angažirane resurse za značajno povećanje produktivnosti po jedinici

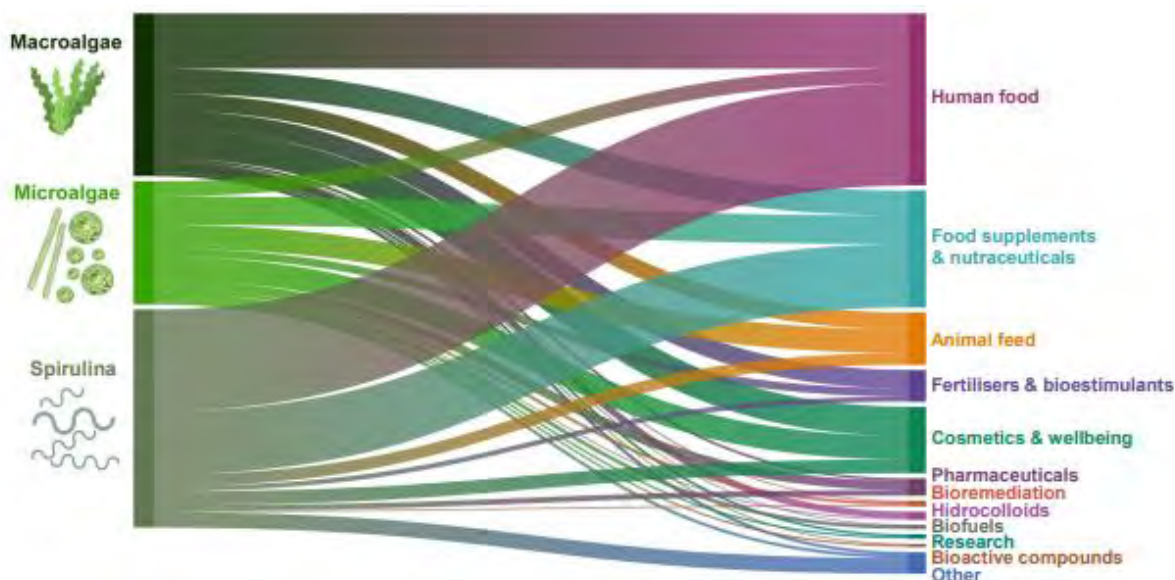


površine. Okvir ovog prijedloga uključuje proizvodnju više algi s višom komercijalnom vrijednošću i raznim mogućnostima primjene (Slika 3.).

Alge su raznolika grupa fotosintetskih organizama koje se mogu naći u različitim vodenim ekosistemima, od slatkovodnih do morskih. One su podijeljene na osnovu veličine, strukturalne složenosti i drugih karakteristika. Dok mikroalge igraju ključnu ulogu u primarnoj produkciji i prehrambenim lancima u vodenim ekosistemima, makroalge pružaju stanište i sklonište mnogim morskim organizmima i igraju važnu ulogu u obalnim ekosistemima.

Povoljne morfološke i fiziološke karakteristike mikroalgi, omogućuju njihovu iskoristivost u različitim biotehnološkim procesima kao npr. proizvodnji antioksidansa, lijekova, višestruko nezasićenih masnih kiselina (tzv. „Omega 3“) imunostimulansa, biogoriva, prirodnih bojila, dodataka prehrani itd. Biomasa mikroalgi je sve traženija u smislu izolacije lipida iz biomase te proizvodnje biodizela, ali i ostalih vrsta biogoriva (metan, biovodik, etanol i dr.). Trenutno postoje intenzivna globalna istraživanja s ciljem povišenja koncentracije i modifikacije akumulacije lipida, alkohola, ugljikohidrata, polisaharida i dr. kroz metode genetičkog inženjerstva. Mikroalge se mogu koristiti i kao gnojivo, posebno u svrhu zadržavanja atmosferskog dušika u tlu, što uzrokuje povećanje plodnosti tla, ali i za povećanje prinosa u akvakulturi. Novija područja primjene koja su još u fazi razvoja su mogućnost plastifikacije i integracije u različite vrste biološki razgradive plastike, a koriste se i u proizvodnji biorazgradivih termoplasta kao što su polihidroksialkanoati (PHA).

Slika 3. Upotreba biomase algi na temelju broja poduzeća koja proizvode alge u Europi. Napomena: linije predstavljaju broj poduzeća koja opskrbljuju biomasu za različite namjene (tj. ne predstavljaju količine biomase)

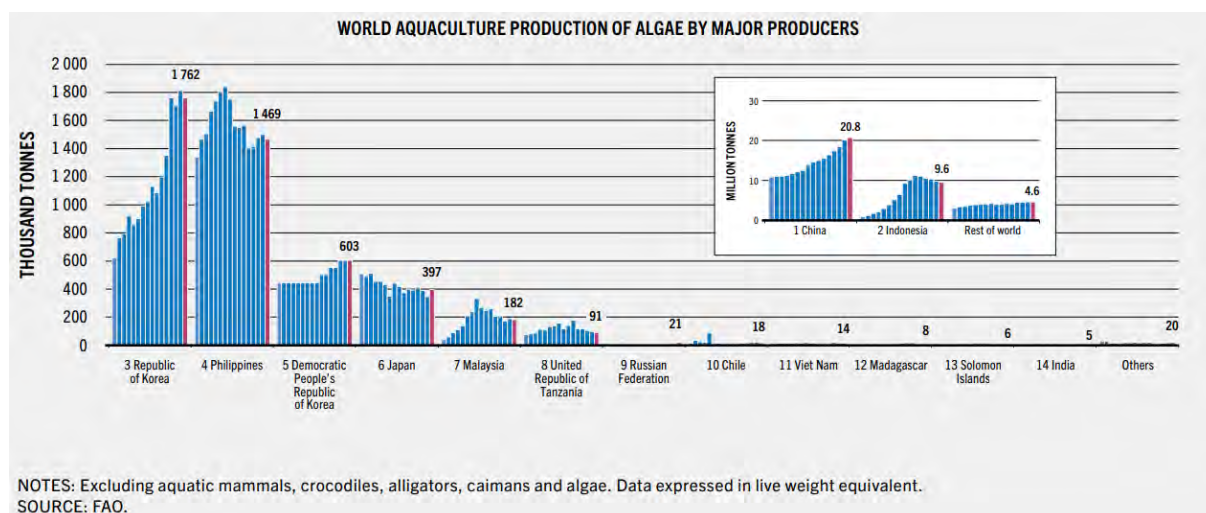


Izvor: Camia A., Robert N., Jonsson R., Pilli R., García-Condado S., López-Lozano R., van der Velde M., Ronzon T., Gurría P., M'Barek R., Tamosiunas S., Fiore G., Araujo R., Hoepffner N., Marelli L., Giuntoli J., Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment, EUR 28993 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-77237-5, doi:10.2760/539520, JRC109869



Svjetska proizvodnja algi je u konstantnom porastu, te je u 2020. godini dosegla 35.1 milijuna tona, dok se u Europi uzgojilo oko 2.1 tisuća tona (FAO, 2022).

Slika 4 Svjetska proizvodnja algi po glavnim proizvođačima



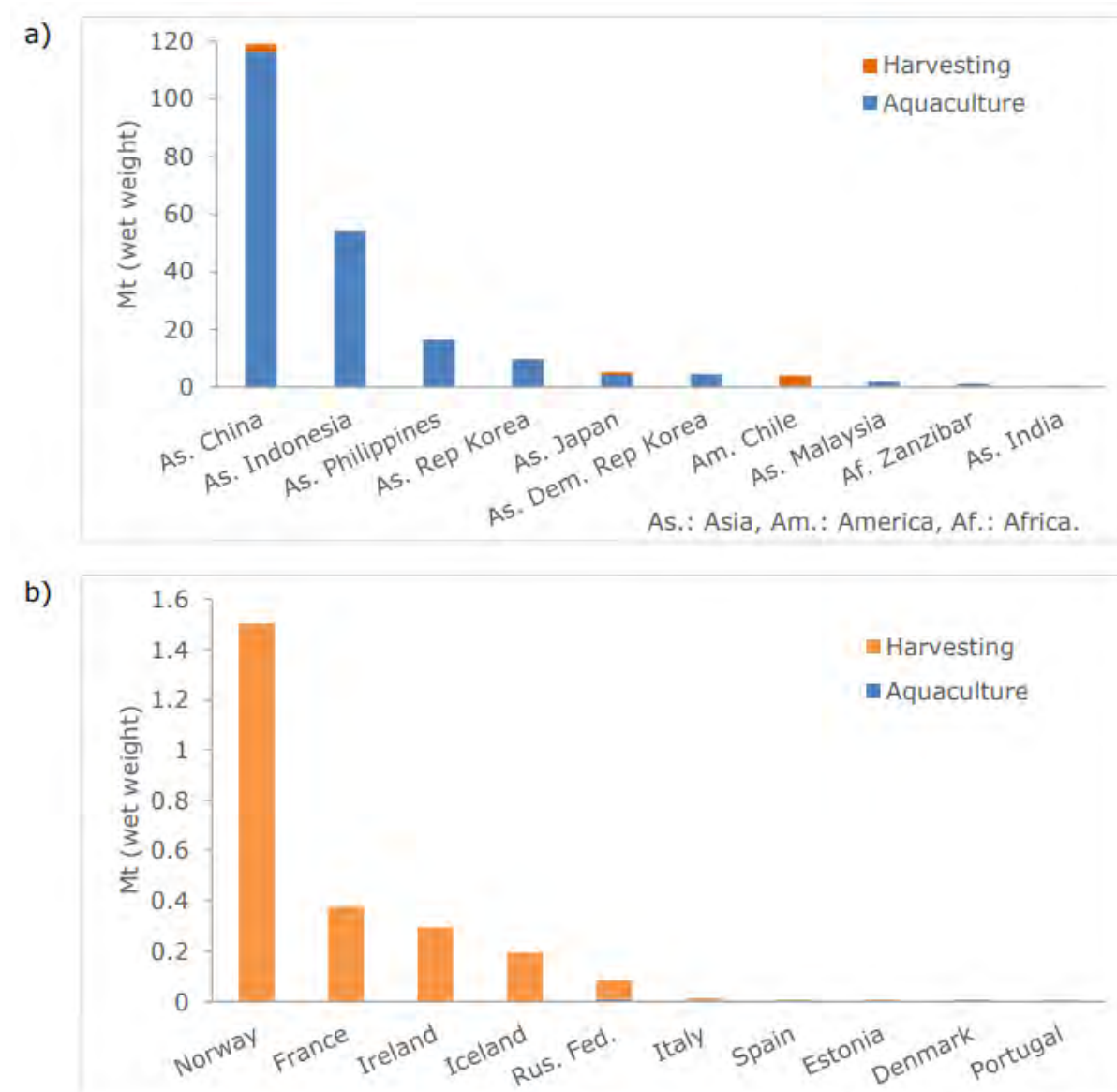
Prvih 5 proizvođača biomase algi na globalnoj razini su azijske zemlje. Između 2006 i 2015., Kina je isporučila 54% ukupne svjetske proizvodnje, a slijede ju Indonezija, Filipini, Republika Koreja i Japan (slika 4). Najviše proizvedene skupine vrsta makroalgi u svijetu su Nori morske alge (uključujući vrste morskih algi koje pripadaju rodovima *Porphyra* i *Pyropia*) uglavnom se konzumiraju kao hrana, euheumoidne alge (uključujući vrste *Kappaphycus alvarezii*, *K. striatum* i *Euचेuma denticulatum*), koji su glavni svjetski izvor sirovina za ekstrakciju karagenana, i drugih nespecificiranih morskih algi (FAO 2016).

Tablica 1 Prikaz najčešće uzgajanih algi

	2000	2005	2010	2015	2020	Percentage of total, 2020
(thousand tonnes, live weight)						
<b>Algae</b>						
Japanese kelp, <i>Laminaria japonica</i>	5 380.9	5 699.1	6 525.6	10 313.7	12 469.8	35.5
Euचेuma seaweeds, <i>Euचेuma</i> spp.	214.3	983.9	3 472.6	10 182.1	8 129.4	23.2
Gracilaria seaweeds, <i>Gracilaria</i> spp.	55.5	933.2	1 657.1	3 767.0	5 180.4	14.8
Wakame, <i>Undaria pinnatifida</i>	311.1	2 439.7	1 505.1	2 215.6	2 810.6	8
Nori, <i>Porphyra</i> spp.	424.9	703.1	1 040.7	1 109.9	2 220.2	6.3
Elkhorn sea moss, <i>Kappaphycus alvarezii</i>	649.5	1 283.5	1 884.2	1 751.8	1 604.1	4.6
Fusiform sargassum, <i>Sargassum fusiforme</i>	12.1	115.6	97.0	209.3	292.9	0.8
Spiny euचेuma, <i>Euचेuma denticulatum</i>	85.3	174.5	265.5	280.8	154.1	0.4
<b>Subtotal of 8 major species</b>	<b>7 133.7</b>	<b>12 332.7</b>	<b>16 447.9</b>	<b>29 830.2</b>	<b>32 861.5</b>	<b>93.7</b>
<b>Subtotal other species</b>	<b>3 461.9</b>	<b>2 498.6</b>	<b>3 726.5</b>	<b>1 243.4</b>	<b>2 216.0</b>	<b>6.3</b>
<b>Total</b>	<b>10 595.6</b>	<b>14 831.3</b>	<b>20 174.3</b>	<b>31 073.5</b>	<b>35 077.6</b>	<b>100</b>

SOURCE: FAO.

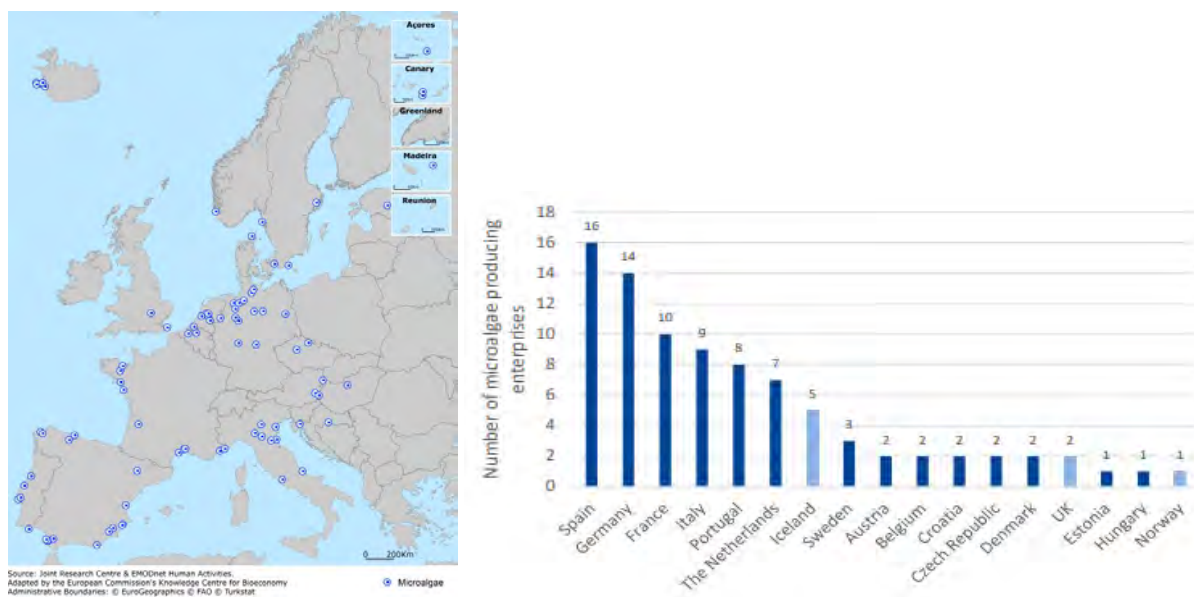
Slika 5. Ukupna proizvodnja algi (zbroy tijekom razdoblja 2006.-2015. za 10 najvećih proizvođača na globalno (a) i na europskoj razini (b) prema načinu proizvodnje



Izvor : Camia A., Robert N., Jonsson R., Pilli R., García-Condado S., López-Lozano R., van der Velde M., Ronzon T., Gurría P., M'Barek R., Tamosiunas S., Fiore G., Araujo R., Hoepffner N., Marelli L., Giuntoli J., Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment, EUR 28993 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-77237-5, doi:10.2760/539520, JRC109869

Na globalnoj razini, glavne vrste mikroalgi pripadaju roda *Spirulina* (*Arthrospira platensis* i *A. maxima*) (najznačajnije mikroalge proizvodnja, s obzirom na vrijednost i količinu), a zatim *Chlorella* (*C. vulgaris* i *C. pyrenoidosa*), *Dunaliella* (*D. salina*) i *Haematococcus* (*H. pluvialis*). *Chlorella* također može biti proizvedena fermentacijom kao i *Cryptocodinium cohnii* koji se proizvodi u nekoliko zemalja.

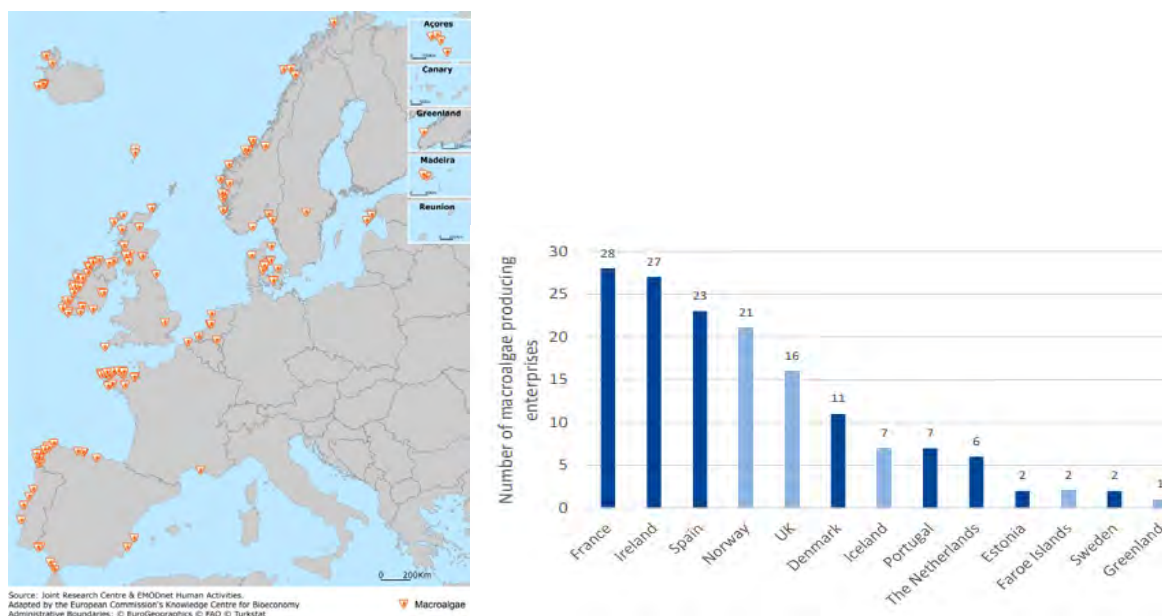
Slika 6 i 7. Broj poduzeća za proizvodnju mikroalgi u EU (tamnoplavo) i drugim europskim zemljama (svijetloplavo) i prikaz po zemljama



Izvor: Vazquez Calderon, F., Sanchez Lopez, J., An overview of the algae industry in Europe. Producers, production systems, species, biomass uses, other steps in the value chain and socio-economic data, Guillen, J., Avraamides, M. editors, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/813113, JRC130107

Najvažnija vrsta koja pripada sektoru proizvodnje makroalgi u Europi su *Ascophyllum nodosum*, *Chondrus crispus*, *Fucus sp.*, *Himantalia elongata*, *Laminaria hyperborea*, *L. digitata*, *Palmaria palmata*, *Porphyra umbilicalis*, *Sacharina latissima* i *Ulva sp.* (Walsh & Meland & Rebours 2012, Mesnildrey et al 2012).

Slika 8 i 9. Broj poduzeća za proizvodnju makroalgi u EU (tamnoplavo) i drugim europskim zemljama (svijetloplavo) i prikaz po zemljama



Izvor: Vazquez Calderon, F., Sanchez Lopez, J., An overview of the algae industry in Europe. Producers, production systems, species, biomass uses, other steps in the value chain and socio-economic data, Guillen, J., Avraamides, M. editors, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/813113, JRC130107



## Analiza stanja proizvodnje u akvakulturi Hrvatske

**Hrvatska**, sa svojim bogatim obalnim vodama i dugom tradicijom marikulture, jedinstveno je pozicionirana za daljnji razvoj i inovacije u području akvakulture.

Trenutno je većina hrvatske akvakulture usredotočena na proizvodnju ribe, prvenstveno brancina, orade i tune, kao i školjkaša, gdje dominiraju kamenice i dagnje (FAO, 2018). Većina ovih aktivnosti provodi se u Jadranskom moru, iskorištavajući bogatu bioraznolikost i povoljne klimatske uvjete. Komercijalni uzgoj algi nije uspostavljen, ali posljednjih se godina bilježi sve veći interes zbog potencijalnih koristi u diversifikaciji akvakulturne industrije i doprinosu ciljevima održivosti. Neki pilot projekti pokazali su uspješan uzgoj određenih vrsta algi poput *Spiruline* i *Chlorela* (Šupraha i dr., 2017). Uzgoj algi u RH do nedavno bio je vezan isključivo uz proizvodnju hrane za mlađ morskih riba u mrjestilištima.

**Tablica 2.** Proizvodnja u marikulturi RH (u tonama) za razdoblje 2018.-2022 (izvor: Uprava ribarstva)

Vrsta	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.*
Lubin	6.220	6.089	6.754	9.083	10.034
Komarča	5.591	6.774	7.780	7.599	7.462
Hama	***	***	***	999	1.086
Tuna	3.227	2.747	3.323	5.104	3.270
Dagnja	882	947	503	854	1.020
Kamenica	54	61	14	56	93
Ostale vrste**	808	725	618	81	74
<b>UKUPNO (t)</b>	<b>16.782</b>	<b>17.343</b>	<b>18.992</b>	<b>23.777</b>	<b>23.039</b>

\*preliminarni podaci

\*\*hama, zubatac, gof, kalifornijska pastrva, jakovljeva kapica

\*\*\*količina proizvodnje je do 2020. zbog statističke povjerljivosti uključena pod *Ostalo*

**Tablica 3.** Proizvodnja u slatkovodnoj akvakulturi RH (u tonama) za razdoblje 2018.-2022. (izvor-Uprava ribarstva)

Vrsta	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.*
Šaran	1.959	2.037	1.691	2.828	2.447
Bijeli amur	141	122	133	282	229
Bijeli glavaš	36	141	161	212	367
Sivi glavaš	301	344	326	414	522
Som	23	20	32	32	61
Smuč	7	7	6	5	6
Štuka	7	9	2	4	3
Kalifornijska pastrva	336	364,5	379	328	533
Potočna pastrva	34	7,5	12,4	17	14
Ostale vrste**	55	48	37	22	44
<b>UKUPNO (t)</b>	<b>2.899</b>	<b>3.100</b>	<b>2.779</b>	<b>4.143</b>	<b>4.226</b>

\*preliminarni podaci

\*\*linjak, deverika, kečiga, pastrvski grgeč, afrički som, sibirski jesetra i ostalo

## Infrastruktura

Što se tiče infrastrukture, sektor akvakulture u posljednjih 15 godina doživio je značajan razvoj, s uspostavom nekoliko modernih uzgajališta duž obale. Međutim, specifična infrastruktura za uzgoj algi još je u povojima. Ključno je ovaj aspekt dalje razvijati kako bi se potakao rast ove industrije, možda prilagođavanjem postojećih objekata ili izgradnjom novih posebno dizajniranih za uzgoj algi (MAFF, 2021).

## Dinamika tržišta

Tržište proizvoda akvakulture u Hrvatskoj je snažno, potaknuto domaćom potrošnjom kao i potražnjom za izvozom, posebno unutar Europske unije. Promjena potrošačkih preferencija prema održivijim i raznovrsnijim morskim plodovima također otvara nove prilike za proizvode na bazi algi. Predviđa se da će globalno tržište proizvoda na bazi algi, biogoriva i drugih primjena značajno rasti, pružajući veliki potencijal hrvatskoj akvakulturnoj industriji da iskoristi prednosti sirovina (Grand View Research, 2022).

## Ekološki aspekti

S ekološke strane, hrvatska akvakultura mora uzeti u obzir ravnotežu između ekonomske produktivnosti i očuvanja bogate bioraznolikosti Jadranskog mora. Trenutačne prakse općenito su bile ekološki svjesne, ali s uvođenjem novih uzgojnih vrsta poput algi ključno je osigurati da metode uzgoja budu održive i da ne utječu negativno na morske ekosustave (Marić i dr., 2016).

Sve u svemu, dok je stanje uzgoja algi u Hrvatskoj još uvijek u inicijalnoj fazi, postojeće akvakulturne prakse, tržišni potencijal i posvećenost održivosti pružaju obećavajuću osnovu na kojoj se može izgraditi uspješna industrija algi.

## Pravni okvir za pokretanje aktivnosti u akvakulturi u RH

Budući se radi o uzgoju vrsta koja se do sada u većoj mjeri nisu uzgajale u Republici Hrvatskoj, za očekivati je da će se provoditi uzgoj u znanstvene svrhe kao i uzgoj u komercijalne svrhe. Za uzgoj u znanstvene svrhe nije potrebna dozvola za akvakulturu jer se proizvodi ne stavljaju na tržište, ali je potrebno rješenje o odobravanju uzgoja u znanstvene svrhe.

Sukladno *Zakonu o akvakulturi* („Narodne novine“, br. [130/17](#), [111/18](#), [144/20](#) i [30/23](#)) i *Pravilniku o dozvoli za akvakulturu* („Narodne novine“, br. [17/2018](#)) djelatnost akvakulture smiju obavljati fizičke ili pravne osobe koje su **nositelji dozvole za akvakulturu** i koje su **stručno osposobljene** za obavljanje djelatnosti akvakulture, odnosno imaju zaposlenu osobu stručno osposobljenu za obavljanje djelatnosti akvakulture u punom radnom vremenu.

Sukladno članku 9. *Zakona o akvakulturi*, fizičkoj ili pravnoj osobi **odobrit će se obavljanje** djelatnosti akvakulture izdavanjem dozvole za akvakulturu ako ispunjava sljedeće uvjete:

1. da je **registrirana** za obavljanje djelatnosti akvakulture sukladno posebnim propisima,
2. da je ishodila **odgovarajuće akte sukladno posebnim propisima o prostornom uređenju** i gradnji i **posebnim propisima iz područja zaštite okoliša i prirode** i
3. da je **nositelj koncesije** za gospodarsko korištenje pomorskog dobra u svrhu obavljanja djelatnosti akvakulture sukladno posebnom propisu o pomorskom dobru, u slučaju obavljanja uzgoja na pomorskom dobru ili

4. da je ishodila **odgovarajuće akte** kojima se ostvaruje pravo korištenja poljoprivrednog zemljišta u vlasništvu Republike Hrvatske za obavljanje djelatnosti akvakulture sukladno posebnom propisu o poljoprivrednom zemljištu, u slučaju uzgoja na poljoprivrednom zemljištu u vlasništvu Republike Hrvatske i/ ili

5. da je ishodila **odgovarajuće akte** kojima se ostvaruje pravo korištenja kopnenih voda za potrebe obavljanja djelatnosti akvakulture sukladno posebnom propisu o vodama, odnosno posebnom propisu o poljoprivrednom zemljištu, u slučaju obavljanja uzgoja na kopnu uz korištenje kopnenih voda.

Dozvolu za akvakulturu izdaje Ministarstvo poljoprivrede temeljem zahtjeva fizičke ili pravne osobe koja je nositelj koncesije za gospodarsko korištenje pomorskog dobra u svrhu obavljanja djelatnosti akvakulture, odnosno nositelj ugovora o zakupu ribnjaka u vlasništvu Republike Hrvatske ili vodopravnih uvjeta za korištenje kopnenih voda za potrebe obavljanja djelatnosti akvakulture u slučaju privatnog vlasništva.

Sadržaj zahtjeva za izdavanje dozvole za akvakulturu propisan je *Pravilnikom o dozvoli za akvakulturu* („Narodne novine“, br. [17/2018](#)).

#### **Dokumenti potrebni sukladno posebnim propisima o pomorskom dobru:**

Ugovor o koncesiji za korištenje pomorskog dobra u svrhu obavljanja djelatnosti akvakulture članku 20. *Zakona o pomorskom dobru i morskim lukama* ("Narodne novine", br. [158/03](#), [100/04](#), [141/06](#), [38/09](#), [123/11](#), [56/16](#), [98/19](#)) i Uredbi o postupku davanja koncesije na pomorskom dobru ("Narodne novine", br. [23/04](#), [101/04](#), [39/06](#), [63/08](#), [125/10](#), [102/11](#), [83/12](#) i [10/17](#)).

#### **Dokumenti potrebni sukladno posebnim propisima o poljoprivrednom zemljištu i posebnim propisima o vodama:**

##### Uzgajališta u vlasništvu Republike Hrvatske:

Ugovor o zakupu za ribnjak u vlasništvu Republike Hrvatske sukladno člancima 51.-54. *Zakona o poljoprivrednom zemljištu* ("Narodne novine", br. [20/18](#), [115/18](#), [98/19](#) i [57/22](#)) i *Pravilnika o provođenju javnog natječaja za zakup poljoprivrednog zemljišta i zakup za ribnjake u vlasništvu Republike Hrvatske* ("Narodne novine", br. 47/19).

##### Uzgajališta u vlasništvu ili posjedu fizičkih ili pravnih osoba:

Vodopravni uvjeti za korištenje kopnenih voda u svrhu obavljanja djelatnosti akvakulture sukladno članku 54. *Zakona o poljoprivrednom zemljištu* ("Narodne novine", br. [20/18](#), [115/18](#) i [98/19](#)) i *Pravilniku o uvjetima i postupku za stjecanje prava na korištenje kopnenih voda radi obavljanja djelatnosti akvakulture* ("Narodne novine", br. 8/19).

#### **Dokumenti potrebni sukladno posebnim propisima o prostornom uređenju i gradnji:**

- **Građevine:** Sukladno članku 136. *Zakona o gradnji* („Narodne novine“, br. [153/13](#), [20/17](#), [39/19](#) i [125/19](#)) uz zahtjev za izdavanje dozvole za akvakulturu potrebno je priložiti **uporabnu dozvolu**. Sukladno članku 175. stavku 6. spomenutog Zakona o gradnji **uporabnom dozvolom smatra se i svaki akt za uporabu građevine**, akt kojim je građevina ozakonjena, te akt, odnosno dokumenti kojima se nezakonito izgrađena građevina izjednačava sa zakonito izgrađenom građevinom, izdan, odnosno pribavljen na temelju zakona koji je važio prije stupanja na snagu spomenutog Zakona o gradnji.

- **Zahvati u prostoru koji se ne smatraju građenjem:** Sukladno članku 125. *Zakona o prostornom uređenju* („Narodne novine“ br. [153/13](#), [65/17](#), 114/18, 39/19 i 98/19) i *Pravilniku o zahvatima u prostoru koji se prema posebnim propisima kojima se uređuje gradnja ne smatraju građenjem, a za koje se izdaje lokacijska dozvola* („Narodne novine „ br. [105/17](#)) uz zahtjev za izdavanje dozvole za akvakulturu potrebno je priložiti lokacijsku dozvolu.

#### **Dokumenti potrebni sukladno posebnim propisima o zaštiti okoliša:**

Za zahvate za koje je obvezna procjena utjecaja na okoliš i zahvate za koje se provodi ocjena o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš, uz zahtjev za izdavanje dozvole za akvakulturu potrebno je priložiti:

- **Rješenje o prihvatljivosti zahvata na okoliš ili**
- **Rješenje kojim je odlučeno da za namjeravani zahvat nije potrebno provesti postupak procjene utjecaja na okoliš.**
- **Lokacijsku dozvolu**

Provedba postupka procjene utjecaja zahvata na okoliš propisana je *Zakonom o zaštiti okoliša* („Narodne novine“, br. [80/13](#), 153/13, [78/15](#), [12/18](#) i 118/18) i *Uredbom o procjeni utjecaja zahvata na okoliš* („Narodne novine“, broj [61/14](#) i [3/17](#)) i provodi se sukladno smjernicama Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja.

#### **Dokumenti potrebni sukladno posebnim propisima o zaštiti prirode:**

- **Ocjena prihvatljivosti za ekološku mrežu:** Za zahvate za koje je obvezna procjena utjecaja na okoliš i zahvate za koje se provodi ocjena o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš u sklopu postupka provodi se i ocjena prihvatljivosti za ekološku mrežu. Postupak se provodi sukladno članku 27. *Zakona o zaštiti prirode* („Narodne novine“ br. [80/13](#) i [15/18](#), 14/19 i 127/19).
- **Za uzgoj stranih i lokalno neprisutnih vrsta u akvakulturi koje nisu obuhvaćene Prilogom IV. Uredbe Vijeća (EZ) br. 708/2007** potrebno je ishoditi *dozvolu za korištenje stranih i lokalno neprisutnih vrsta u akvakulturi* sukladno članku 16. *Zakona o akvakulturi*. Sukladno stavku 4. navedenoga članka 16., uz zahtjev za izdavanje dozvole za korištenje stranih i lokalno neprisutnih vrsta u akvakulturi potrebno je dostaviti dokumentaciju u skladu s okvirnim smjernicama iz Priloga I. Uredbe Vijeća (EZ) br. 708/2007.
- **Za korištenje strogo zaštićenih vrsta u akvakulturi** potrebno je ishoditi dopuštenje za uzgoj Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja sukladno odredbama članka 82. *Zakona o zaštiti prirode* („Narodne novine“ br. [80/13](#), [15/18](#), 14/19 i 127/19).

#### **6. Stručna osposobljenost za obavljanje djelatnosti**

Prije početka obavljanja djelatnosti odgovorna osoba za obavljanje djelatnosti treba proći stručno osposobljavanje koje provodi Ministarstvo poljoprivrede.

#### **7. Primjena mjera upravljanja otpadom**



Sukladno propisima iz područja zbrinjavanja otpada osigurati zbrinjavanje na ekološki prihvatljiv način.

#### 8. Osigurati zdravstvenu ispravnost i kvalitetu proizvoda

Usklađivanje s normama kvalitete - pridržavati se hrvatskih i EU normi kvalitete i sigurnosti, uključujući zahtjeve navedene u Zakonu o hrani.

#### 9. Odobrenje za tržište

Prije nego što se proizvodi mogu staviti na tržište, moraju biti u skladu s normama označavanja i plasiranja proizvoda prema EU i hrvatskom zakonu.

**Dobro je proučiti i osvrnuti se i na Pravilnik o dopunskim djelatnostima na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima (NN76-2014)**

### Gospodarski značajne vrste u prehrambenoj industriji

Kada govorimo o komercijalnom uzgoju algi, potrebno je procijeniti koje vrste su pogodnije za uzgoj te odrediti uzgojnu tehnologiju. Uz ljudsku konzumaciju, alge pronalaze mnoštvo primjena u različitim područjima. Za gospodarske svrhe se mogu koristiti mikroalge i makroalge ovisno o njihovoj primjeni.

#### Mikroalge

Mikroalge su fotosintetski mikroorganizmi koji koriste svjetlost i ugljični dioksid za proizvodnju svoje biomase, uz veći prinos nego druge fotosintetske biljke. To su jednostanične alge koje su obično mikroskopske, što znači da nisu vidljive golim okom. Uključuju fitoplankton, koji slobodno pluta u vodenim staništima i igra ključnu ulogu u vodenim prehrambenim lancima. Mogu se naći u različitim ekosistemima, uključujući oceane, mora, rijeke, jezera, bare i umjetne bazene. Neke poznate grupe mikroalgi uključuju **dijatomeje, plavo-zelene alge (cijanobakterije) i dinoflagelate**. Koriste se u različitim industrijskim primjenama, uključujući proizvodnju biogoriva, u prehrambenoj industriji, mrijestilištima riba i ostalih vodenih organizama, te za kozmetiku i farmaceutsku primjenu.

S obzirom na poznate tehnike i tehnologije uzgoja pogodnije vrste mikroalgi za proizvodnju su značajnije: *Spirulina*, *Chlorella*, *Hematococcus pluvialis*, *Scenedesmus quadricauda*, *Brasiliensis*, *Schizochytrium sp.*, *Nannochloropsis sp.*, *Dunaliella sp.*, *Tetraselmis sp.*, *Isochrysis sp.*...

#### **Plavo-zelene alge - cijanobakterije (Spirulina, Nostoc, Anabaena)**

Plavozelena alga sinonim je za **cijanobakterija**. Oni su fotosintetske bakterije koje posjeduju fotosintetske pigmente za hvatanje sunčeve svjetlosti i proizvodnju hrane. Plavozelene alge uključuju jednostanične, kao i višestanične organizme. Njihova tijela mogu biti sferne, nitaste ili kolonije poput listova. Mogu se naći u vlažnom tlu, slatkoj vodi i morskoj vodi. Pojavljuju se u plavkasto zelenoj boji. *Microcystis*, *Anabaena*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Tolypothrix*, i *Spirulina* neki su primjeri plavozelenih algi.

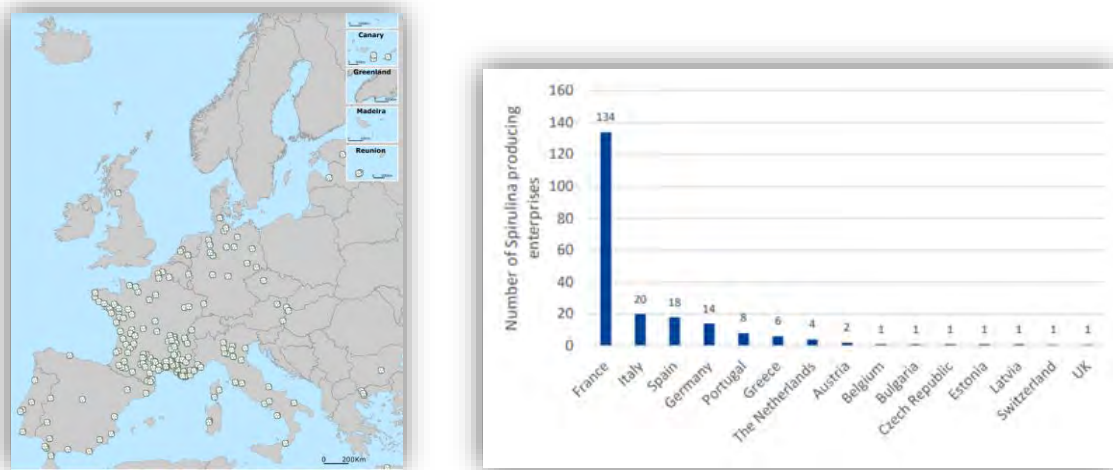
#### **Spirulina (*Arthrospira platensis*)**

Spirulina je jednostanična modroz zelena alga koja u nepovoljnim vremenskim uvjetima prelazi u stanje mirovanja. Prirodno raste u alkalnim jezerima na velikim nadmorskim visinama. Jedna je od najčešće konzumiranih mikroalgi, poznata po visokom sadržaju proteina i vitamina.

Uobičajeno se uzgaja u otvorenim kanalima pod alkalnim uvjetima, a zatim se suši i prerađuje u prah ili tablete (Ciferri, 1983). Za uzgoj je potreban bazen dubine 50-60 cm, dovoljno sunca, optimalna temperatura od 35-37°C i soli koje omekšavaju vodu te povećaju alkalitet (pH oko 10). U vodu se dodaje natrij-bikarbonat, magnezij sulfat, limunska kiselina, natrij-klorid, urea, kalcij-dioksid, željezni sulfat i amonij-sulfat. Prilikom uzgoja treba paziti na kontaminaciju iz zraka drugim vrstama algi.

Proizvodnja spiruline u EU je najveća u Francuskoj (slika 10). Broj proizvodnih jedinica registriranih za proizvodnju Spiruline zauzima značajno mjesto u europskim zemljama.

Slika 10. Prikaz lokacija i broj poduzeća koja proizvode Spirulinu u EU (travanj 2022)



Izvor: Vazquez Calderon, F., Sanchez Lopez, J., An overview of the algae industry in Europe. Producers, production systems, species, biomass uses, other steps in the value chain and socio-economic data, Guillen, J., Avraamides, M. editors, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/813113, JRC130107

Osim što se koristi za **ljudsku konzumaciju**, spirulina se također se koristi i za proizvodnju **stočne** hrane zbog visokog sadržaja proteina, esencijalnih aminokiselina i vitamina kao dodatak u stočnoj prehrani (Holman & Malau-Aduli, 2013).

***Microcystis, Nostok, Anabaena***

Cijanobakterije, fiksiraju atmosferski dušik i stoga se mogu koristiti kao prirodno dušično gnojivo. Obično se uzgajaju u plitkim ribnjacima ili trkačkim stazama, žetvom filtracijom, a zatim se izravno nanose na polja ili prerađuju u tekući oblik (Abdelaziz i dr., 2016).

**Zelene alge**

***Klorela (Chlorella vulgaris) i hematokokus (Haematococcus pluvialis)***

**Chlorella i Haematococcus** su jednostanične zelene alge bogate hranjivima koja se može koristiti i kao **bio-gnojivo** za poboljšanje kvalitete tla i rasta biljaka kao i u **prehrani ljudi, riba i peradi**.

Za uzgoj klorele u vanjskim otvorenim bazenima potrebni su klimatski uvjeti s malo padalina, puno sunca, stabilnom temperaturom i dovoljno čiste vode. Nakon berbe iz bazena, centrifugom se odvajaju stanice, provodi se čišćenje i separacija te sušenje. Uzgoj u zatvorenim fotobioreaktorima koristi se kako bi se spriječila kontaminacija, zatim se bere centrifugacijom i prerađuje u prah, tablete ili tekuće ekstrakte (Tibbetts i dr., 2015). Općenito se uzgaja u zatvorenim fotobioreaktorima, žetvom centrifugacijom i prerađuje u oblik obroka ili **peleta za stočnu** hranu (Becker, 2007), ali i u tekući ili suhi oblik za korištenje kao sredstvo za poboljšanje tla (Renuka i dr., 2015).

Prah klorele je bogat proteinima i drugim hranjivim sastojcima, ali da bi ih ljudi mogli probaviti, mora se provesti proces pulverizacije i razbijanja staničnih membrana.

Ekstrakti klorele se koriste i u **prehrambenoj industriji, proizvodnji kruha, vina, kolača, sladoleda, tjestenine....** Dodatak klorele proizvodima produžuje rok trajanja.

**Haematococcus** je alga koja u stadiju mirovanja u svojim stanicama sadrži veliku količinu astaksantina, jakog antioksidansa crvene boje. Astaksantin se u stanicama počne stvarati pojavom nepovoljnih uvjeta, na primjer prejakog svjetla, visokog saliniteta i niske koncentracije nutrijenata. Smatra se da astaksantin štiti stanice od štetnog djelovanja UV zraka tijekom faze mirovanja. Hematokokus se može uzgajati u otvorenim bazenima ili u fotobioreaktorima (PBR) (Shah et al, 2016). Proizvodnja astaksantina ima tri faze. Prva je zelena faza, odnosno kultivacija biomase algi. U optimalnim uvjetima u vodi bogatoj nutrijentima hematokokus se uspješno razmnožava. Nakon toga slijedi faza izgladnjivanja u kojoj stresni uvjeti izazivaju stvaranje astaksantina u stanicama. Treća faza je crvena faza kad se u stanicama stvorila dovoljna količina astaksantina i alge su spremne za berbu. Alge se dehidriraju, pulveriziraju, a astaksantin se ekstrahira u obliku visoko kvalitetnog oleoresina.

#### **Nannochloropsis (Nannochloropsis spp.)**

Ova mikroalga je posebno bogata omega-3 masnim kiselinama i često se koristi u **hrani za ribe**, posebno za ličinke i mlade ribe. Uzgoj se obično vrši u zatvorenim fotobioreaktorima ili vanjskim ribnjacima, a ubrane alge mogu se koristiti izravno ili prerađene u obrok (Norsker i dr., 2011).

#### **Dunaliella (Dunaliella salina)**

Dunaliella se uzgaja u slanim ribnjacima zbog visoke tolerancije na sol. Posebno se cijeni zbog visokog sadržaja beta-karotena, koji je preteča vitamina A. Nakon uzgoja, alga se obično suši i prerađuje u prah (Borowitzka, 1999).

#### Makroalge (Morske trave)

Makroalge su višestanične alge koje su obično dovoljno velike da budu vidljive golim okom. Često se nazivaju morske trave ili morske alge. Klasificirane su u tri glavne grupe na osnovu pigmentacije: **zelene (Chlorophyta), smeđe (Phaeophyta) i crvene alge (Rhodophyta)**. Zelene alge često naseljavaju slatkovodna staništa, dok su smeđe i crvene alge obično morske.

Makroalge se koriste u prehrani ljudi (npr. kombu, wakame, nori), za proizvodnju agar-agara i karragenana te u kozmetici i farmaceutskim proizvodima.

S obzirom da je kelp jedna od najznačajnijih vrsta makroalgi koje se iskorištavaju u svijetu navest ćemo malo detaljnije njihovu pojavnost i iskorištavanje da bi dobili širu sliku o važnosti.

Primjeri svjetske proizvodnje kelp vrsta

**Kelp** je uobičajeni naziv za velike smeđe alge iz klase Phaeophyceae. Većinom su morske alge koje formiraju podvodne šume u hladnijim oceanskim područjima. Kelp može brzo rasti i doseći visinu od nekoliko desetaka metara (slika 12.).

Kelp je industrijski važan iz više razloga:

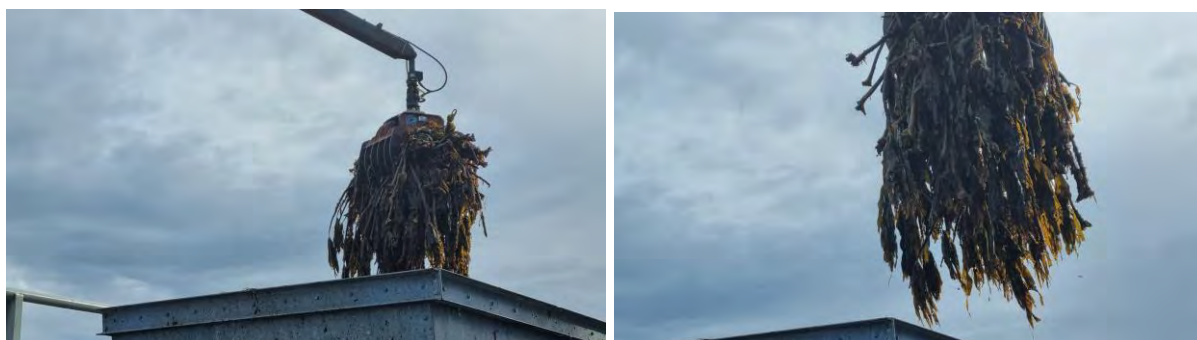
**Prehrana:** Neke vrste kelpa su jestive i bogate vitaminima i mineralima. Konzumiraju se u mnogim kulturama, posebno u Aziji.

**Alginska kiselina:** Ekstrakt iz kelpa koji se koristi kao zgušnjivač u prehrambenim proizvodima, kozmetici i industriji boja.

**Bioremedijacija:** Kelp može apsorbirati i akumulirati teške metale iz vode, što ga čini korisnim za čišćenje zagađenih voda.

**Bioenergija:** Kelp se istražuje kao potencijalni izvor obnovljive energije u obliku bioplina.

*Slika 12 | Komercijalno vađenje kelpa u Norveškoj (foto Marinković J.)*



Evo nekoliko industrijski važnih vrsta kelpa koje se komercijalno iskorištavaju **izlovom iz prirode:**

***Macrocystis pyrifera* (Divovski kelp), *Laminaria digitata*, *Ascophyllum nodosum*, *Saccharina latissima* (Šećerni kelp), *Ecklonia maxima* (Kombu)**

Ove vrste kelpa koriste se u različitim industrijskim primjenama, ali sve pružaju ekonomsku vrijednost i ekološke usluge u svojim prirodnim staništima. Primjera radi jedinstven sastav smeđih algi, posebno njihov visok sadržaj fukoidana - sulfatiranog polisaharida poznatog po svojim protuupalnim, antioksidativnim i anti-age svojstvima - čini ih traženim sastojkom u kozmetičkom i farmaceutskom sektoru. Ove se alge općenito beru iz obalnih voda, a njihovi ekstrakti se obrađuju za razne proizvode (Fitton et al., 2015). *Ascophyllum nodosum*, često poznata kao rockweed, uobičajeno se koristi kao **bio-gnojivo** zbog visokog sadržaja minerala i tvari koje potiču rast. ***Sargassum spp* su** smeđe alge bogate su hranjivima i često se koriste kao bio-gnojivo, posebno u azijskim zemljama. Mogu se ubirati iz divljih populacija ili uzgajati u priobalnim vodama, sušiti, a zatim izravno nanositi na polja ili prerađivati u tekući oblik (Abirami & Kowsalya, 2015).

Vežano uz uzgoj, kelp se obično uzgaja na konopima ili mrežama u priobalnim vodama, zatim se ubere, osuši, a alginat se ekstrahira za obradu u bioplastiku (Kovalenko i sur., 2017). Kelp se koristi i za ljudsku potrošnju kao suplement u ishrani. Vrste kelpa često se koriste u **stočnoj hrani**, posebno za preživače, zbog visokog sadržaja minerala i vitamina. Uzgoj kelpa postao je sve popularniji zbog njegove ekonomske vrijednosti, potencijalne uloge u bioremedijaciji i mogućnosti proizvodnje bioenergije. Ovo su neke od najčešće **uzgajanih vrsta kelpa**:

***Laminaria japonica* (Japanski kelp ili Kombu), *Undaria pinnatifida* (Wakame), *Alaria esculenta* (Winged kelp ili Badderlocks)**

Mnoge zemlje razmatraju uzgoj kelpa kao održivi način proizvodnje hrane, sirovine za bioenergiju, te kao metoda za apsorpciju ugljičnog dioksida i ostalih nutrijenata iz vode, čime se pridonosi borbi protiv klimatskih promjena i eutrofikacije vodenih ekosustava.

### **Zelene alge (*Chlorophyta*)**

Zelene alge (*Chlorophyta*) predstavljaju veliku i raznoliku grupu algi. Dok su mnoge od njih mikroskopske, neke zelene alge razvile su se u makroalge, odnosno višestanične strukture koje su vidljive golim okom. Nekoliko vrsta zelenih makroalgi iskorištava se iz prirode ili se uzgajaju zbog svojih korisnih svojstava ili komercijalne vrijednosti.

***Ulva lactuca* (Morska salata ili Sea lettuce), *Enteromorpha* (sada reklasificirana kao *Ulva*), *Caulerpa lentillifera* (Sea grapes ili Zelene kavijar alge), *Caulerpa taxifolia***

I dok se neke od ovih zelenih algi bere iz prirode, uzgoj makroalgi postao je sve popularniji zbog prednosti održivosti i kontrole kvalitete. Uzgojene alge obično imaju manje kontaminanata i mogu se uzgajati u optimalnim uvjetima kako bi se postigao bolji prinos i kvaliteta. *Ulva* spp. često se bere iz prirode ili uzgaja za prehrambenu industriju. U Aziji se često koristi u salatama i juhama. Morska salata koristi se u **prehrani svinja i peradi** zbog visokog sadržaja proteina. Obično se uzgaja na konopcima ili mrežama u priobalnim vodama, a zatim se sakuplja, suši i prerađuje u obrok koji se dodaje u stočnu hranu (Dierick i dr., 2009).

### **Crvene alge crvene alge (*Rhodophyta*)**

Poznate po svom visokom sadržaju karragenana, crvene alge služe kao ključni sastojak u mnogim formulacijama u **kozmetičkom i farmaceutskom** sektoru zbog emulgirajućih svojstava karragenana.

***Porphyra* spp, *Gracilaria* spp.**

Obično se uzgaja na konopcima ili mrežama u priobalnim vodama, žetvom i može se izravno hraniti životinjama ili sušiti i prerađivati u obrok (Porse & Rudolph, 2017), ili se ekstrakti obrađuju za formuliranje proizvoda (Zhou et al., 2019).

## Primjena algi u gospodarstvu

Uzgoj makroalgi postao je sve popularniji zbog prednosti održivosti i kontrole kvalitete, a velik dio algi odlazi u prehrambenu industriju. Uzgojene alge obično imaju manje kontaminanata i mogu se uzgajati u optimalnim uvjetima kako bi se postigao bolji prinos i kvaliteta. *Ulva* spp.

često se bere iz prirode ili uzgaja za prehrambenu industriju. U Aziji se često koristi u salatama i juhama. Primjenom inovativnih tehnologija i postupaka omogućava se uzgoj i primjena algi i u različite svrhe kao što su **biogoriva** ili stočna hrana, kako navode i neki autori: "Alge se mogu pretvoriti u biogoriva poput biodizela, bioetanol i bioplina. To uključuje uzgoj specifičnih vrsta algi koje su bogate lipidima, žetvu algi te ekstrakciju i preradu ulja (Chisti, 2007). Sojevi algi bogati uljem često se uzgajaju u fotobioreaktorima ili otvorenim ribnjačkim sustavima, žetvom centrifugacijom ili flokulacijom, a zatim se prerađuju kako bi se ekstrahiralo ulje (Schenk i dr., 2008). Alge su bogate proteinima i drugim esencijalnim hranjivima, što ih čini izvrsnim dodatkom stočnoj hrani. Mogu se žeti i preraditi u suhi obrok koji se zatim može miješati sa regularnom stočnom hranom. Neke tvrtke istražuju naprednije metode, poput genetske modifikacije, kako bi poboljšale nutritivni sastav algi "(Becker, 2007).

Daljnji primjeri upotrebe pojedinih vrsta algi u različitim industrijama

#### **Komercijalna upotreba:**

##### **Prehrambena industrija:**

- **Nori:** Najpoznatija komercijalna upotreba Porphyra je kao nori listovi u japanskoj kuhinji, posebno za omatanje sushi rolica. Nori listovi se proizvode sušenjem i prešanjem tankih slojeva alge. Oni su bogat izvor proteina, vitamina, minerala i dijetalnih vlakana.
- **Laverbread:** U Walesu, Porphyra (poznata kao "laver") koristi se za proizvodnju "laverbread" (ne radi se o kruhu, već o prerađenoj algi), koji je tradicionalna delicija.

##### **Dodaci prehrani:**

- Porphyra je bogata esencijalnim nutrijentima kao što su vitamin B12, omega-3 masne kiseline, minerali i antioksidansi. Zbog toga se često koristi kao dodatak prehrani u obliku tableta ili praška.

##### **Kozmetika i njega kože:**

- Ekstrakti Porphyra se koriste u kozmetičkim proizvodima zbog njihovih antioksidativnih svojstava koja štite kožu od štetnih UV zraka i drugih vanjskih faktora.

##### **Biomedicinska primjena:**

Polisaharidi iz Porphyra, posebno porfiran, pokazuju određena biološka svojstva koja mogu imati potencijalnu primjenu u biomedicini, kao što su protuupalna svojstva

Gracilaria sp.

#### **Komercijalna upotreba:**

##### **Proizvodnja agar-agar:**

- Najpoznatija i najvrednija komercijalna upotreba Gracilaria je proizvodnja agar-agar, polisaharida koji se koristi kao zgušnjivač i želirajuće sredstvo u prehrambenoj industriji, mikrobiologiji (kao medij za kulturu) i drugim industrijama, poput kozmetike i farmaceutske industrije.



### Prehrambena industrija:

- U nekim azijskim zemljama, poput Filipina i Indonezije, Gracilaria se konzumira kao povrće. Bogata je proteinima, vitaminima i mineralima.

### Kozmetika i njega kože:

- Ekstrakti Gracilaria se koriste u kozmetičkim proizvodima zbog svojih hidratantnih i antioksidativnih svojstava.

### Bioremedijacija:

- Gracilaria može apsorbirati teške metale i druge toksine iz morske vode, što ih čini korisnima za bioremedijacijske projekte, posebno u područjima koja su izložena industrijskim zagađenjima.:

## Proizvodnja gnojiva

Alge se mogu koristiti za proizvodnju organskih gnojiva, doprinoseći održivim poljoprivrednim praksama. Ovo uključuje uzgoj algi, često u otpadnim vodama ili slanoj vodi, zatim žetvu i preradu algi u oblik koji se može koristiti izravno kao gnojivo ili kao komponenta komposta (Abeliovich, 1992). Alge koje se koriste za proizvodnju gnojiva i njihovih odgovarajućih tehnologija uzgoja:

### Mikroalge

- *Chlorella (Chlorella vulgaris)*: Chlorella je mikroalga bogata hranjivima koja se može koristiti kao bio-gnojivo za poboljšanje kvalitete tla i rasta biljaka. Obično se uzgaja u zatvorenim fotobioreaktorima, žetvom centrifugacijom, a zatim se prerađuje u tekući ili suhi oblik za korištenje kao sredstvo za poboljšanje tla (Renuka i dr., 2015).
- Cijanobakterije (npr. *Nostoc*, *Anabaena*): Cijanobakterije, poznate i kao plavo-zelene alge, fiksiraju atmosferski dušik i stoga se mogu koristiti kao prirodno dušično gnojivo.

### Makroalge (Morske trave)

- *Ascophyllum nodosum*: Ova smeđa alga, često poznata kao rockweed, uobičajeno se koristi kao bio-gnojivo zbog visokog sadržaja minerala i tvari koje potiču rast. Obično se ubire iz divljih populacija na stjenovitim obalama, suši, a zatim prerađuje u tekući ili granulirani oblik za upotrebu kao sredstvo za poboljšanje tla ili foliarni sprej (Khan i dr., 2009).
- *Ecklonia maxima*: E. maxima, ili kelp, često se koristi u proizvodnji gnojiva na bazi morskih trava zbog visokog sadržaja hranjivih tvari i tvari koje potiču rast. Poput *Ascophylluma*, obično se ubire iz divljih populacija, suši i prerađuje u tekući ili granulirani oblik (Stirk i dr., 2014).
- *Sargassum spp.*: Ove smeđe alge bogate su hranjivima i često se koriste kao bio-gnojivo, posebno u azijskim zemljama. Mogu se ubirati iz divljih populacija



ili uzgajati u priobalnim vodama, sušiti, a zatim izravno nanositi na polja ili prerađivati u tekući oblik (Abirami & Kowsalya, 2015).

Potrebno je uzeti u obzir činjenicu da gnojiva na bazi algi mogu znatno varirati u sadržaju hranjivih tvari ovisno o korištenoj vrsti, uvjetima rasta i metodi obrade. Doze i vrijeme primjene treba prilagoditi na temelju ovih čimbenika i specifičnih potreba uzgajanih vrsta.

### Proizvodnja bioplastike

Alge se također mogu koristiti za proizvodnju biorazgradive plastike. To uključuje uzgoj algi, ekstrakciju polimera i njihovu obradu u plastične proizvode (Milledge i sur., 2019).

Mikroalge i makroalge pokazale su veliki potencijal kao izvori biopolimera, a posebno su obećavajuće za proizvodnju bioplastike. Evo nekih vrsta i relevantnih metoda uzgoja:

#### Mikroalge

- Spirulina (*Arthrospira platensis*): proučavana zbog svoje sposobnosti proizvodnje biopolimera pogodnih za proizvodnju bioplastike. Uzgoj se obično odvija u otvorenim ribnjacima pod alkalnim uvjetima. Zatim se ekstrahiraju biopolimeri i obrađuju kako bi se proizvela bioplastika (Cesário i sur., 2014).
- Klorela (*Chlorella vulgaris*): poznata po svom sadržaju lipida koji se mogu koristiti za proizvodnju bioplastike. Obično se uzgaja u zatvorenim fotobioreaktorima i žetvom centrifugacijom. Zatim se lipidi ekstrahiraju i obrađuju u bioplastiku (Park i sur., 2013).

#### Makroalge (Morske trave)

- Ulva (*Ulva spp.*): poznata i kao morska salata, potencijalni je izvor polisaharida za proizvodnju bioplastike. Ulva se općenito uzgaja u priobalnim vodama na mrežama i konopima, može se ubrati, osušiti, a zatim se polisaharidi ekstrahiraju za obradu u bioplastiku (Kumar i sur., 2020).
- Kelp (*Laminaria spp. & Macrocystis spp.*): poznat po visokom sadržaju alginata, materijala koji se može koristiti u proizvodnji bioplastike. Kelp se obično uzgaja na konopima ili mrežama u priobalnim vodama, zatim se ubere, osuši, a alginat se ekstrahira za obradu u bioplastiku (Kovalenko i sur., 2017).

Za uspješnu proizvodnju bioplastike iz algi važno je razmotriti optimalne uvjete uzgoja, učinkovite metode ekstrakcije i postupke prerade kako bi se osigurale željene karakteristike konačnog proizvoda.

### Kozmetika i farmaceutika

Određene vrste algi poznate su po svojim bioaktivnim spojevima koji su korisni za kozmetičke i farmaceutske primjene. Ti spojevi, koji uključuju antioksidanse, peptide, vitamine i masne kiseline, pružaju niz prednosti, uključujući anti-age, hidratantna i terapijska svojstva. Stoga su industrije kozmetike i farmaceutske proizvodnje prepoznale alge kao dragocjen resurs.

Pogledajmo bliže koje se vrste algi obično uzgajaju u te svrhe i njihove tehnike uzgoja:

#### Mikroalge:

- Spirulina (*Arthrospira platensis*): visoko cijenjena zbog svog bogatog sadržaja proteina, vitamina, esencijalnih masnih kiselina i minerala, te se koristi u brojnim proizvodima za njegu kože, kose i prehranbenim dodacima. Uobičajeno se uzgaja u otvorenim bazenima ili fotobioreaktorima u alkalnim uvjetima. Nakon berbe, njena biomasa se obrađuje kako bi se ekstrahirali željeni spojevi (Batista et al., 2013).
- Klorela (*Chlorella vulgaris*): omiljena u kozmetičkom svijetu zbog svog visokog sadržaja proteina i antioksidanata. Glavni način uzgoja je u zatvorenim fotobioreaktorima, a njeni ekstrakti našli su mjesto u proizvodima za njegu kože i prehranbenim dodacima zbog njenih priznatih anti-age i imunostimulirajućih svojstava (Panahi et al., 2018).

#### Makroalge (Morske trave):

- Smeđe alge (npr. *Fucus spp.*, *Ascophyllum nodosum*): jedinstven sastav smeđih algi, posebno njihov visok sadržaj fukoidana - sulfatiranog polisaharida poznatog po svojim protuupalnim, antioksidativnim i anti-age svojstvima - čini ih traženim sastojkom u kozmetičkom i farmaceutskom sektoru. Ove se alge općenito beru iz obalnih voda, a njihovi ekstrakti se obrađuju za razne proizvode (Fitton et al., 2015).
- Crvene alge (npr. *Porphyra spp.*, *Gracilaria spp.*): poznate po svom visokom sadržaju karragenana, crvene alge služe kao ključni sastojak u mnogim formulacijama u kozmetičkom i farmaceutskom sektoru zbog emulgirajućih svojstava karragenana. Obično se uzgajaju na ušetima u obalnim vodama, nakon čega se njihovi ekstrakti obrađuju za formuliranje proizvoda (Zhou et al., 2019).

Iskorištavanje moći algi u kozmetici i farmaceutici ne samo da koristi prirodnim prednostima koje ovi organizmi pružaju, već također promiče održivi i ekološki prihvatljiv razvoj proizvoda. Kako istraživanje napreduje, vjerojatno će se identificirati i uzgajati još više vrsta algi zbog njihovih jedinstvenih korisnih svojstava (slika 14).

Slika 14. Neke od najčešće proizvedenih vrsta morskih algi: a) *Saccharina latissima* ©ANGHI; b) *Ulva lactuca* © Elena Tcykina; c) *Laminaria digitate* © ChrWeiss



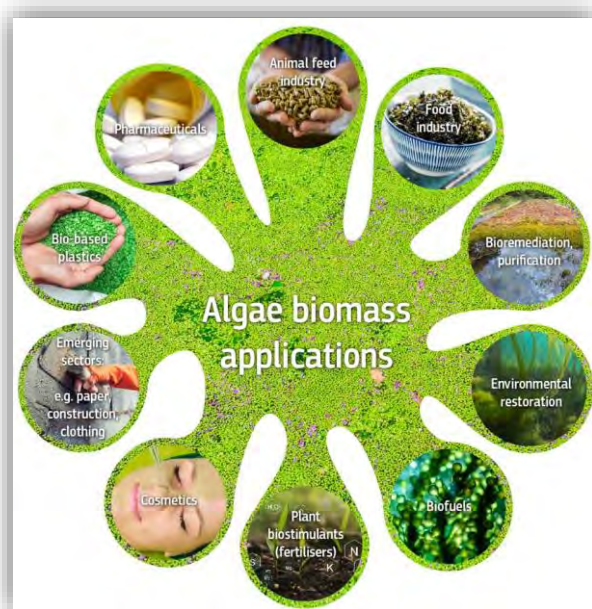
Izvor: Vazquez Calderon, F., Sanchez Lopez, J., An overview of the algae industry in Europe. Producers, production systems, species, biomass uses, other steps in the value chain and socio-economic data, Guillen, J., Avraamides, M. editors, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/813113, JRC130107

## Proizvodi i tržišna vrijednost

Alge su prepoznate kao rastući sektor s obzirom na njihove različite primjene u prehrambenoj, kozmetičkoj, farmaceutskoj i energetskej industriji.

Prema procjenama jednog od istraživača tržišta Ken Research predviđa se da će globalno tržište proizvoda od algi - koje je naraslo s otprilike 3 milijarde USD 2017. na približno 5 milijardi USD 2022. - dodatno narasti u prilike od približno 8 milijardi USD do 2028., zahvaljujući širokoj upotrebi algi u razne krajnje proizvode uključujući kolače, sladolede, vodenu hranu, ovlaživače i druge poljoprivredne proizvode (slika 15).

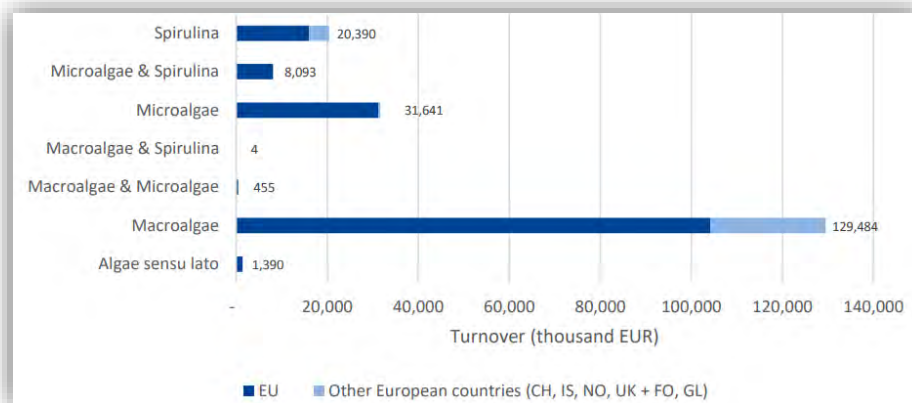
Slika 15. Mogućnosti korištenja biomase od algi



Izvor: EC [Towards a Strong and Sustainable EU Algae Sector](#))

Rastuća potražnja za zdravim prehrambenim proizvodima vjerojatno će potaknuti rast tržišta proizvoda od algi. Zdravi prehrambeni proizvodi su oni koji sadrže hranjive tvari koje pomažu u poboljšanju individualnog imunološkog sustava kako navodi KEN research izvještaj. Proizvodi od algi sadrže razne korisne elemente kao što su ugljikohidrati, višestruko nezasićene masne kiseline, esencijalni minerali i vitamini (slika 16).

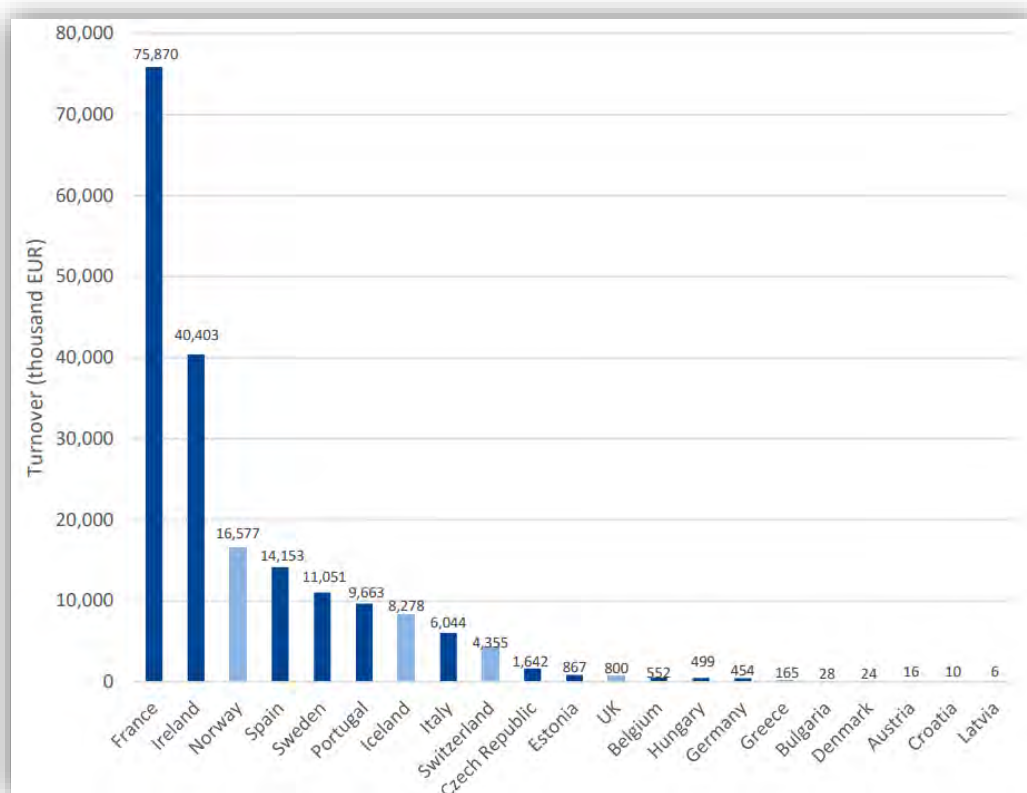
Slika 16. Promet (prosjek 2016.-2020.) u EU (tamnoplavo) i drugim europskim zemljama (svijetloplavo) (uključujući CH, IS, NO, UK plus FO i GL) po skupini organizama.



Izvor: Vazquez Calderon, F., Sanchez Lopez, J., An overview of the algae industry in Europe. Producers, production systems, species, biomass uses, other steps in the value chain and socio-economic data, Guillen, J., Avraamides, M. editors, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/813113, JRC130107

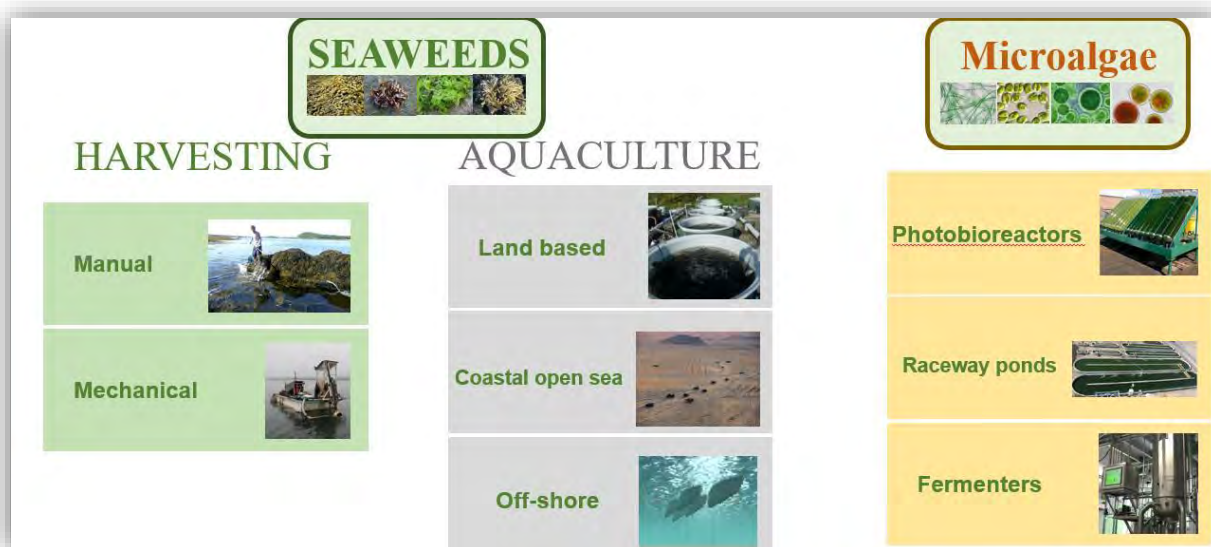
Poduzeća koja se bave proizvodnjom algi ostvaruju sve veći promet proizvodima dobivenim iz algi (slika 17) što omogućavaju današnje tehnologije uzgoja (slika 18).

Slika 17. Promet koji ostvaruju poduzeća za alge (uključujući makro, mikroalge i spirulinu) po zemlji u tisuća eura.



Izvor: Vazquez Calderon, F., Sanchez Lopez, J., An overview of the algae industry in Europe. Producers, production systems, species, biomass uses, other steps in the value chain and socio-economic data, Guillen, J., Avraamides, M. editors, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/813113, JRC130107

Slika 18 Današnji tehnološki okviri uzgoja algi



Izvor: EC [Towards a Strong and Sustainable EU Algae Sector](#)

## Tržišni trendovi algi

Važnost proizvodnji algi kao sirovine za prerađivačku industriju postaje sve značajnija. Trendovi u vezi s algama razvijali su se u različitim industrijskim sektorima, i s obzirom na sve veću svijest o održivosti i inovativne tehnološke pristupe, alge postaju sve važniji resurs. Evo kako se trendovi u vezi s algama manifestiraju u raznim industrijama:

### 1. Prehrambena industrija:

- **Superhrana:** Alge poput spiruline i chlorelle postaju sve popularnije kao dodaci prehrani zbog svog bogatstva proteinima, vitaminima i mineralima.
- **Alternativni izvori proteina:** S obzirom na potrebu za održivim izvorima proteina, alge se promoviraju kao alternativa životinjskim proteinima.
- **Alge kao sastojci:** Sve više proizvoda u trgovinama sadrži alge kao sastojke, uključujući grickalice, tjesteninu i pića.

### 2. Kozmetička industrija:

- **Prirodni sastojci:** Alge se sve više koriste u kozmetičkim proizvodima zbog svojih hidratantnih, antioksidativnih i protuupalnih svojstava.
- **Anti-ageing proizvodi:** Ekstrakti algi često su u sastavu krema protiv starenja zbog svoje sposobnosti hidratacije i regeneracije kože.

### 3. Farmaceutska industrija:

- **Prirodni bioaktivni spojevi:** Alge su bogate spojevima koji pokazuju terapijske potencijale, poput antioksidanata, antitumorskih spojeva i antihipertenzivnih agenata.
- **Dostava lijekova:** Neki polisaharidi iz algi koriste se za izradu kapsula i drugih sistema za dostavu lijekova.



#### 4. Energetska industrija:

- **Bio-goriva:** Postoji veliki interes za proizvodnju biodizela iz algi. Alge imaju potencijal proizvesti veće količine ulja po jedinici površine u usporedbi s tradicionalnim biljkama.
- **Bioplin:** Proces fermentacije algi može rezultirati proizvodnjom bioplina koji se može koristiti kao izvor energije.

#### 5. Akvakultura:

- **Hrana za ribe:** S obzirom na smanjenje dostupnosti ribljeg brašna, alge postaju važan izvor hrane za ribe u akvakulturi.
- **Integrirani multitrofički uzgoj:** Kombiniranje uzgoja ribe i algi može dovesti do smanjenja otpada i povećanja produktivnosti sustava.

#### 6. Industrija materijala:

- **Biorazgradive plastike:** S obzirom na problematiku plastičnog otpada, alge se istražuju kao sirovina za proizvodnju biorazgradivih plastičnih materijala.
- **Polisaharidi:** Tvari poput alginata, agar-agar i carrageenana ekstrahiraju se iz algi i koriste se kao zgušnjivači, stabilizatori i gelirajući agensi u različitim proizvodima.

Ovi trendovi reflektiraju sve veću integraciju algi u razne sektore industrije, čime se ističe njihova široka primjenjivost i potencijal za inovacije.

Ponovimo najznačajnije alge i primjene

#### Mikroalge:

- **Spirulina i Chlorella:** Ove dvije mikroalge bili su popularni dodaci prehrani zbog visokog sadržaja proteina, vitamina i minerala. Tržište je nastavilo rasti zbog rastuće svijesti o zdravstvenim koristima ovih algi.
- **Astaksantin:** Mikroalga *Haematococcus pluvialis* je glavni izvor ovog snažnog antioksidansa koji ima primjenu u dodacima prehrani i kozmetici.
- **Biogoriva:** Iako su mikroalge istraživane kao potencijalni izvor za proizvodnju biogoriva, komercijalna proizvodnja na velikoj skali do 2022. nije bila ekonomski održiva.

#### Makroalge:

- **Kelp i druge smeđe alge:** Tržišna potražnja je rasla zbog upotrebe u prehrambenoj industriji (npr. u azijskoj kuhinji) i kao izvor alginata, koji se koristi kao zgušnjivač u različitim industrijama.
- **Karagenan:** Crvene alge poput *Chondrus crispus* i *Eucheuma* su glavni izvori karagenana, koji se koristi kao zgušnjivač u prehrambenoj industriji.
- **Agar:** Izveden iz crvenih algi poput *Gracilaria*, koristi se kao želirajuće sredstvo u prehrambenoj i mikrobiološkoj industriji.

S obzirom na globalne klimatske promjene i potrebu za održivom proizvodnjom hrane i energije, alge su sve više prepoznate kao ekološki prihvatljivo rješenje te je istraživački sektor aktivan u traženju novih i inovativnih načina za povećanje prinosa i kvaliteti algi.

Tablica 4 . Prikaz diverzifikacije mogućih proizvoda od algi

Nutraceutici	Astaksantin, Betakaroten, Koenzim Q10, Višestruko nezasićene masne kiseline OMEGA 3 (DHA and EPA),
Farmaceutska industrija	Farmakološki protein, Antimikrobiotici, Antivirusni, Antimikotici , neuroprotektivni proizvodi
Kozmetička industrija	Kozmetika (Anti celulit, Zaštita kože, , Alguronska kiselina)
Industrija ...	Hidrokoloidi (Agar, Alginat, Karagenan)
Industrija plastike	Biopolimeri I bioplastici
Akvakultura	Hrana za kozice, hrana za školjkaše, hrana za početne stadije uzgoja larvi riba kao I odrasle oblike, , hrana za stoku
Boje I bojila	Plavi pigment-bojilo
Kemikalije, Biognojiva, Lubrikanti	
Kemijska industrija	Proizvodnja papira,
Prehrambena industrija	Pojačivači okusa (umami- glutaminska kiselina, )

Tablica 5. Vrste algi, proizvodnja i završni proizvod i namjena

vrsta	proizvodnja	završni proizvod
<b>Makroalge</b>		
<i>Alaria sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura	ljudska prehrana, sastojci za hranu i pića, hidrokoloidi, hrana za životinje, poljoprivreda
<i>Ascophyllum nodosum</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura	hidrokoloidi, gnojiva i biostimulansi za poljoprivredu
<i>Asparagopsis sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura	može se dodavati u hranu za životinje kako bi se smanjile emisije metana i do 90 %



MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE

<i>Bifurcaria bifurcata</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Calcareous algae</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Caulerpa sp.</i>	akvakultura	
<i>Chondrus sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura, uzgoj na kopnu	
<i>Chorda filum</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Coccotylus truncatus</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Codium sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura	ljudska prehrana
<i>Corallina sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Cystoseira sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Delesseria sanguinea</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Dilsea carnosa</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	ljudska prehrana
<i>Fucus sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura	tradicionalno se koristi kao hrana na Azorima
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Gelidium sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	hidrokoloide, agar
<i>Gigartina sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	ljudska prehrana
<i>Gracilaria sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura, pridneni uzgoj u moru	
<i>Grateloupia turuturu</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Halopteris scoparia</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Himantalia sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura	gnojiva, ljudska prehrana i ekstrakcija hidrokoloida
<i>Laminaria sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura	hidrokoloide, alginati

MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE

<i>Lithothamnium calcareum</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Mastocarpus stellatus</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Osmundea pinnatifida</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	tradicionalno se koristi kao hrana na Azorima
<i>Padina pavonica</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Palmaria sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura, uzgoj na kopnu	tradicionalno se smatra delikatesom u Irskoj
<i>Pelvetia sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Petalonia binghamiae</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Porphyra sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura, pridneni uzgoj u moru	ljudska prehrana (komercijalizira se pod nazivom „nori“), tradicionalno se koristi kao hrana na Azorima
<i>Pterocliadiella capillacea</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Saccharina sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura	brašno u hrani za životinje
<i>Salicornia sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Sargassum sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	hrana za uzgoj puzlatki/petrovih uha (eng. abalone)
<i>Solieria sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<i>Ulva sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura, uzgoj na kopnu	
<i>Undaria sp.</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura	
<i>Vertebrata lanosa</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija, akvakultura	
<i>Zonaria tournefortii</i>	sakupljanje iz prirodnih populacija	
<b>Mikroalge</b>		
<i>Acutodesmus sp.</i>	akvakultura, bazeni na otvorenom	
<i>Chaetoceros sp.</i>	akvakultura	

<b><i>Chlorella sp.</i></b>	akvakultura, proizvodnja u bazenima na otvorenom u Njemačkoj, Japanu, Kini, Češkoj republici i Tajvanu	biogoriva (biodizel, biometan i biovodik), kozmetika (njega kože), dodaci prehrani (polinezasićene masne kiseline, $\beta$ -1, 3-glukan), pigmenti (karotenoidi i klorofil) i tretman otpadnih voda (za redukciju i bioremidijaciju)
<i>Cryptecodinium sp.</i>	akvakultura	DHA, prehrana dojenčadi – za razvoj mozga
<i>Cyanidium sp.</i>	akvakultura	
<i>Cyanobacterium aponinum</i>	akvakultura	
<i>Diacronema lutheri</i>	akvakultura	
<i>Diatoms</i>	akvakultura	
<b><i>Dunaliella sp.</i></b>	akvakultura, uzgoj u otvorenim bazenima, salinitet od 22-33 ‰	beta karoten, sastojci za hranu i piće, stočna hrana, dodaci prehrani, lijekovi, kozmetika, riblja hrana
<i>Euglena gracilis</i>	akvakultura	
<b><i>Haematococcus sp.</i></b>	akvakultura	karotenoidi, astaksantin, zdrava hrana, lijekovi, stočna hrana
<i>Isochrysis sp.</i>	akvakultura	masne kiseline, hrana za životinje
<i>Klebsormidium bilatum</i>	akvakultura	
<b><i>Nannochloropsis sp.</i></b>	akvakultura	omega-3 DHA, EPA, hrana za riblju mlađ
<i>Natural bloom</i>	akvakultura	
<i>Neochloris conjuncta</i>	akvakultura	
<i>Odontella sp.</i>	akvakultura	masne kiseline, EPA, lijekovi, kozmetika, protuupalni dodaci prehrani
<i>Pavlova sp.</i>	akvakultura	
<i>Phaeodactylum sp.</i>	akvakultura	lipidi, masne kiseline, proizvodnja hrane
<i>Porphyridium sp.</i>	akvakultura	Ekstrakcija polisaharida i pigmenata (fikoeritrin), lijekovi, kozmetika
<i>Prasinococcus capsulatus</i>	akvakultura	
<i>Rhodomonas sp.</i>	akvakultura	
<i>Scenedesmus sp.</i>	akvakultura	protein, akvakultura, ljudska ishrana
<i>Skeletonema sp.</i>	akvakultura	
<i>Tetraselmis sp.</i>	akvakultura	
<i>Thalassiosira sp.</i>	akvakultura	
<i>Tisochrysis lutea</i>	akvakultura	hrana za akvakulturu i uzgoj životinja

<b><i>Spirulina sp.</i></b>	akvakultura, otvoreni bazeni i fotobioreaktori	sastojak u hrani i pićima, kozmetički proizvodi, fikocijanin – plava boja za hranu, hrana za životinje (ribe, kozice i perad), poljoprivreda
		Spirulina se sastoji od 65% proteina koji su slični životinjskim proteinima, ali također sadrži visok udio višestruko nezasićenih masti. Također je dobar izvor željeza i cinka, a može se koristiti i kao lijek za anemiju. Spirulina ima najveću koncentraciju antioksidansa evercetina; može se koristiti za ublažavanje simptoma sinusitisa i astme. Također se može koristiti za ublažavanje upale povezane s artritisom, budući da sadrži fikocijanin.

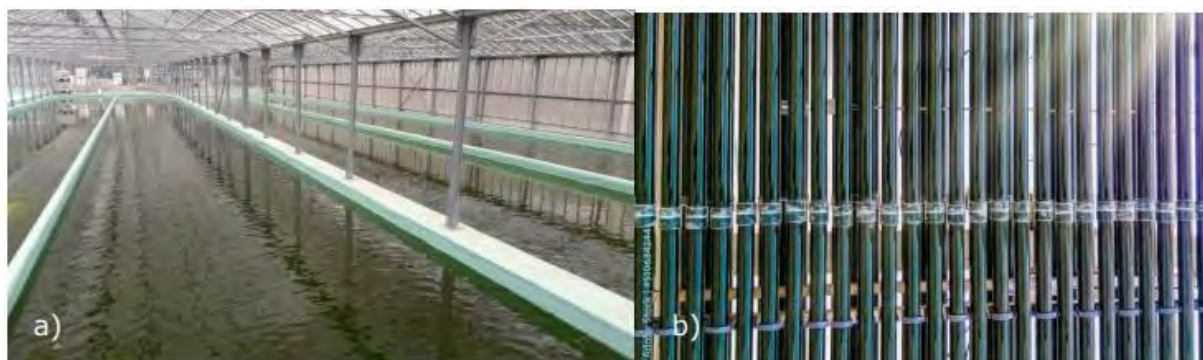
Izvor: Vazquez Calderon, Fatima; Guillén Garcia, Jordi; Araujo, Rita; Sanchez Lopez, Javier (2022): Algae producing industry. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/fa59f544-bf77-4812-8869-f34d9b096638>

Procjena tržišta za morske alge ovisi o tome koji se dio lanca vrijednosti promatra. U teoriji, postoje tri glavne točke u kojima se mogu promatrati cijene: prva prodaja (tj. kada uzgajivač prodaje alge prerađivaču); posredna prodaja između poduzeća (B2B) (tj. kada prerađivač prodaje sastojke dobivene od morskih algi prerađivaču); i prodaja krajnjem korisniku B2C (tj. kada kupac kupuje konačni proizvod).

## Tehnologije uzgoja algi

Danas je poznata tehnologija uzgoja više vrsta algi koje sve počinju zauzimati značajnije tržišne udjele. Algakultura je grana akvakulture koja se bavi uzgojem različitih vrsta algi. Alge se mogu uzgajati u otvorenim ili zatvorenim objektima akvakulture. Također, danas se koriste i zatvoreni bioreaktori kao i mogućnost hibridnog uzgoja. Odabir tehnologije ovisi o specifičnim zahtjevima uzgoja, uključujući optimalnu temperaturu i ostale parametre za uzgoj svake uzgajane vrste (slika 19).

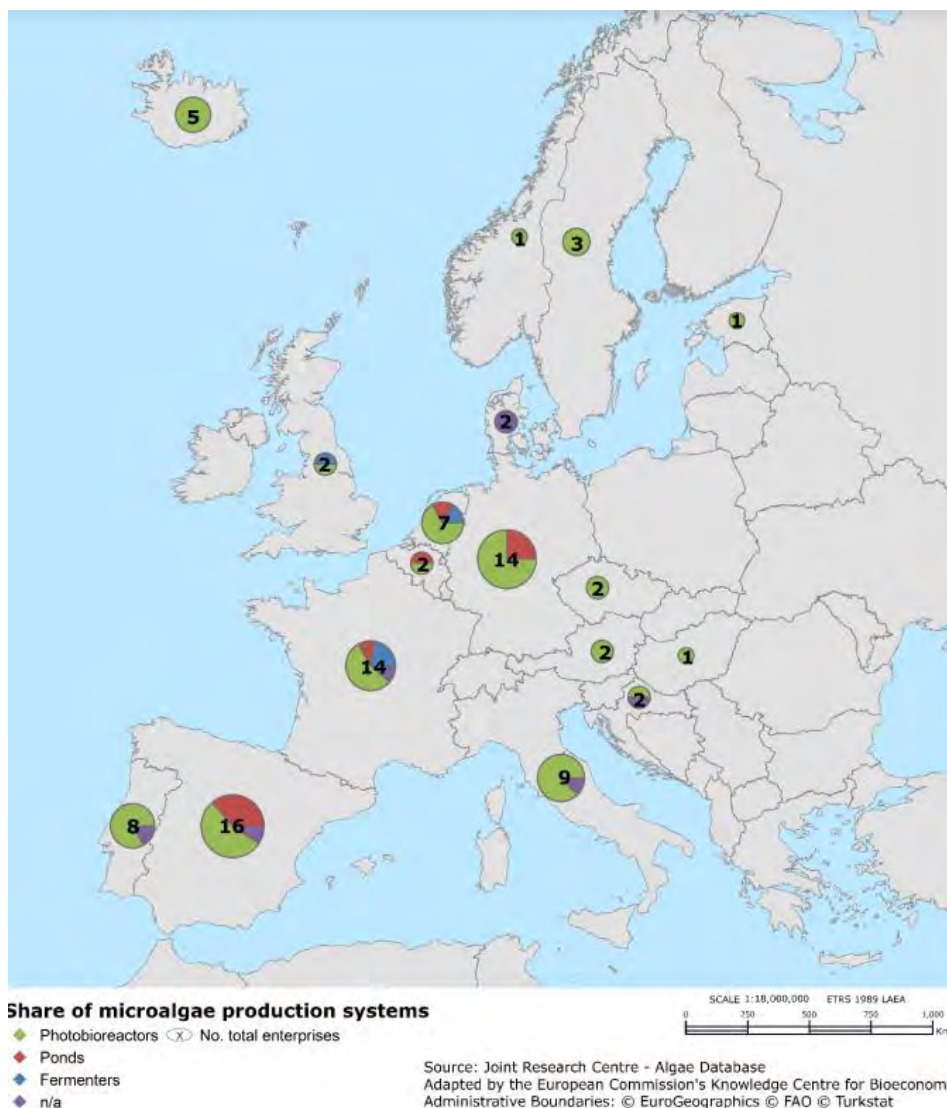
*Slika 19. Primjeri sustava za proizvodnju mikroalgi: a) proizvodnja mikroalgi na otvorenom - © Archimede Ricerche, 2018.; b) cijevni fotobioreaktor – ©elif*



Izvor: Vazquez Calderon, F., Sanchez Lopez, J., An overview of the algae industry in Europe. Producers, production systems, species, biomass uses, other steps in the value chain and socio-economic data, Guillen, J., Avraamides, M. editors, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/813113, JRC130107

Veliki broj poduzeća koja se bave uzgojem algi koriste tehnologije zatvorenog sustava (slika 20)

Slika 20. Broj poduzeća za proizvodnju mikroalgi u Europi i udio korištenih proizvodnih sustava



Izvor: Vazquez Calderon, F., Sanchez Lopez, J., An overview of the algae industry in Europe. Producers, production systems, species, biomass uses, other steps in the value chain and socio-economic data, Guillen, J., Avraamides, M. editors, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/813113, JRC130107

## Uzgoj u otvorenim objektima akvakulture

**Otvoreni** objekt akvakulture je objekt u kojemu se djelatnost akvakulture obavlja u vodenom mediju koji nije odvojen od prirodnog vodenog medija branom koja sprečava bijeg uzgajanih jedinki ili bioloških materijala koji su sposobni preživjeti i dalje se razmnožavati (slike 22 i 23). Ova tradicionalna metoda koristi plitke, umjetne ribnjake u kojima se alge uzgajaju u prirodnim uvjetima. Otvoreni sustavi ribnjaka jeftini su za postavljanje i rad, ali zahtijevaju velike prostore i podložni su utjecajima okoliša, poput promjena vremena i moguće kontaminacije (Chisti, 2007). Morske makroalge se najčešće uzgajaju na mrežama užadi koje se spuštaju s plutača u dubinu, slično uzgoju školjkaša.



Slika 21- Uzgoj smeđe alge na konopima u moru



Izvor: Workers harvest kelp in Hood Canal at Washington's first commercial seaweed farm, Blue Dot Sea Farms. Blue Dot Sea Farms / 2020

Slika 22 i 23 Uzgoj algi u otvorenim sustavima



Izvor: <https://thefishsite.com/articles/the-desert-in-bloom-pioneering-algae-production-system-set-to-expand>

### Uzgoj u zatvorenim objektima akvakulture

**Zatvoreni** objekt akvakulture je objekt u kojemu se djelatnost akvakulture obavlja u vodenom mediju, koji uključuje recirkulaciju vode i koji je odvojen od prirodnog vodenog medija branama koje sprečavaju bijeg uzgajanih jedinki ili bioloških materijala koji su sposobni preživjeti i dalje se razmnožavati. Mikroalge se uzgajaju u umjetnim bazenima s vodom i tada njihov razvoj uvelike ovisi o uvjetima okoliša u kojem se nalaze...

Zahvaljujući modularnosti proizvodnje, moguće je proizvoditi više različitih vrsta algi istovremeno, te gotovo trenutno promijeniti asortiman proizvodnje (slika 24).

Slika 24. Tubularni uzgoj u zatvorenom objektu



Izvor: <https://www.globalseafood.org/advocate/microalgae-production-technologies-for-hatcheries/>

**Fotobioreaktori (PBRs)** su zatvoreni sustavi koji pružaju kontrolirano okruženje za rast algi (slika 25).

Slika 25 - Bioreaktor za multiplikaciju mikroalgi (Industrial plankton. Inc)



Mikroalge se mogu uzgajati i u zatvorenim **fotobioreaktorima** gdje je moguće stvaranje specifičnih, odnosno promjenjivih uvjeta proizvodnje i kontrola parametra kao što su temperatura, svjetlost, kiselost, uvođenje plinova u željenim omjerima i količini, prisutnost nutrijenata i sl.

Na ovaj način je moguće postići visoke prinose kao i ciljane karakteristike mikroalgi koje se mogu prilagoditi posebnim zahtjevima kupaca.

Najnovija globalna inovacija odnosi se i na bioreaktor za proizvodnju makro algi gdje se putem njega osiguriva kontinuirano nasadni materijal za alge s predvidljivim rezultatima i čistoćom alge kao i moguće unapređenjima genetskih svojstava.



Slika 26. Bioreaktor za multiplikaciju makro algi-gametofiti u stadiju razvoja (Plankton industrial inc.)



**Hibridni sustavi** Ovi sustavi kombiniraju prednosti otvorenih ribnjaka i PBR-a. Obično se alge prvo uzgajaju u kontroliranom PBR-u, a zatim se prenose u otvoreni ribnjak radi proizvodnje biomase.

**Žetva** Kada su alge zrele, treba ih ubrati. To se može postići metodama poput flokulacije, centrifugacije ili filtracije (Christenson & Sims, 2011).

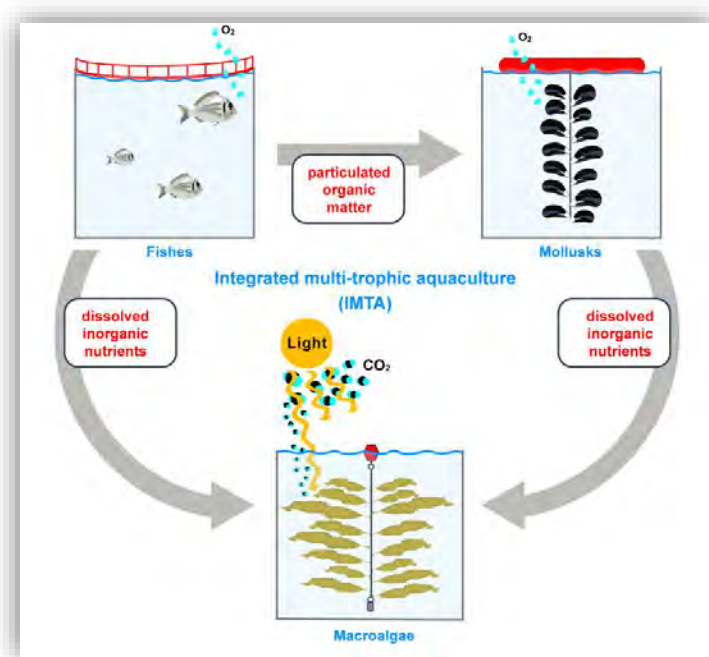
**Obrada** Ubrana alga zatim se obrađuje u različite oblike prikladne za ljudsku konzumaciju. To može uključivati sušenje i mljevenje u prah (koristi se u dodacima prehrani ili prehrambenim proizvodima), ekstrakciju ulja ili korištenje kao cjelovita hrana (Smetana i dr., 2017).

Za uzgoj biomase mikroalgi potrebna je daleko manja zemljišna površina tla u odnosu na dobivanje proteina animalnog i biljnog podrijetla. Dodatna prednosti mikroalgi kao izvora proteina je i mogućnost korištenja neobradivog zemljišta za njihov uzgoj, minimalna potrošnja slatke vode i mogućnost uzgoja u morskoj vodi. Proizvodnu tehnologiju je potrebno prilagoditi prema specifičnim potrebama svake vrste. Uzgoj mikroalgi u foto-bioreaktoru omogućuje optimizaciju uvjeta rasta, smanjuju rizik od kontaminacije i omogućuju uzgoj specifičnih, visokovrijednih vrsta algi. Međutim, imaju veće početne i operativne troškove (Posten, 2009.). Visoki troškovi razvojne tehnologije jedan su od glavnih razloga sporog razvoja komercijalne proizvodnje algi.

Osiguranje ispunjavanja sigurnosnih i kvalitativnih standarda tijekom faza uzgoja i obrade ključno je pri proizvodnji algi za ljudsku konzumaciju. EU i hrvatski propisi o sigurnosti hrane, sljedivosti i kontroli kvalitete moraju se strogo poštivati.

Integrirani sustavi multitrofične akvakulture (IMTA), već koristi otprilike 10% europske akvakulture tvrtki, može predstavljati priliku za povećanje ekonomska i ekološka održivosti proizvodnje sve uključene kulture (slika 27). Koncept IMTA temelji se na zajedničkom uzgoju vrsta s različitih trofičkih razina (2 ili više) smatra se potencijalnim pristupom ublažavanja, smanjujući unos hranjivih tvari i organske tvari iz uzgoja riba (npr. Chopin i sur., 2001.; Neori i sur., 2004.; Troell i sur., 2009.; Buck i sur., 2018.)

Slika 27 Shematski opis pristupa integrirane multitrofne akvakulture (IMTA).



Izvor: Araújo R, Vázquez Calderón F, Sánchez López J, Azevedo IC, Bruhn A, Fluch S, Garcia Tasende M, Ghaderiardakani F, Ilmjärv T, Laurans M, Mac Monagail M, Mangini S, Peteiro C, Rebours C, Stefansson T and Ullmann J (2021) Current Status of the Algae Production Industry in Europe: An Emerging Sector of the Blue Bioeconomy. *Front. Mar. Sci.* 7:626389. doi: 10.3389/fmars.2020.626389

## Europska iskustva u proizvodnji algi

Pravila za uzgoj algi i životinja iz akvakulture propisana su člankom 15. i u Prilogu II -Dio III Uredbe (EU) 2018/848 Europskog Parlamenta i Vijeća od 30. svibnja 2018. o ekološkoj proizvodnji i označivanju ekoloških proizvoda te stavljanju izvan snage Uredbe Vijeća (EZ) br. 834/2007 no ovom se Uredbom uspostavljaju načela ekološke proizvodnje i utvrđuju pravila u vezi s ekološkom proizvodnjom, povezanim certificiranjem te upotrebom oznaka koje kod označivanja i oglašavanja upućuju na ekološku proizvodnju<sup>1</sup>.

Odobrenje za korištenje i primjenu algi i proizvoda od algi propisano je Provedbenom Uredbom Komisije (EU) 2021/1165 od 15. srpnja 2021. o odobravanju određenih proizvoda i tvari za upotrebu u ekološkoj proizvodnji i utvrđivanju njihovih popisa

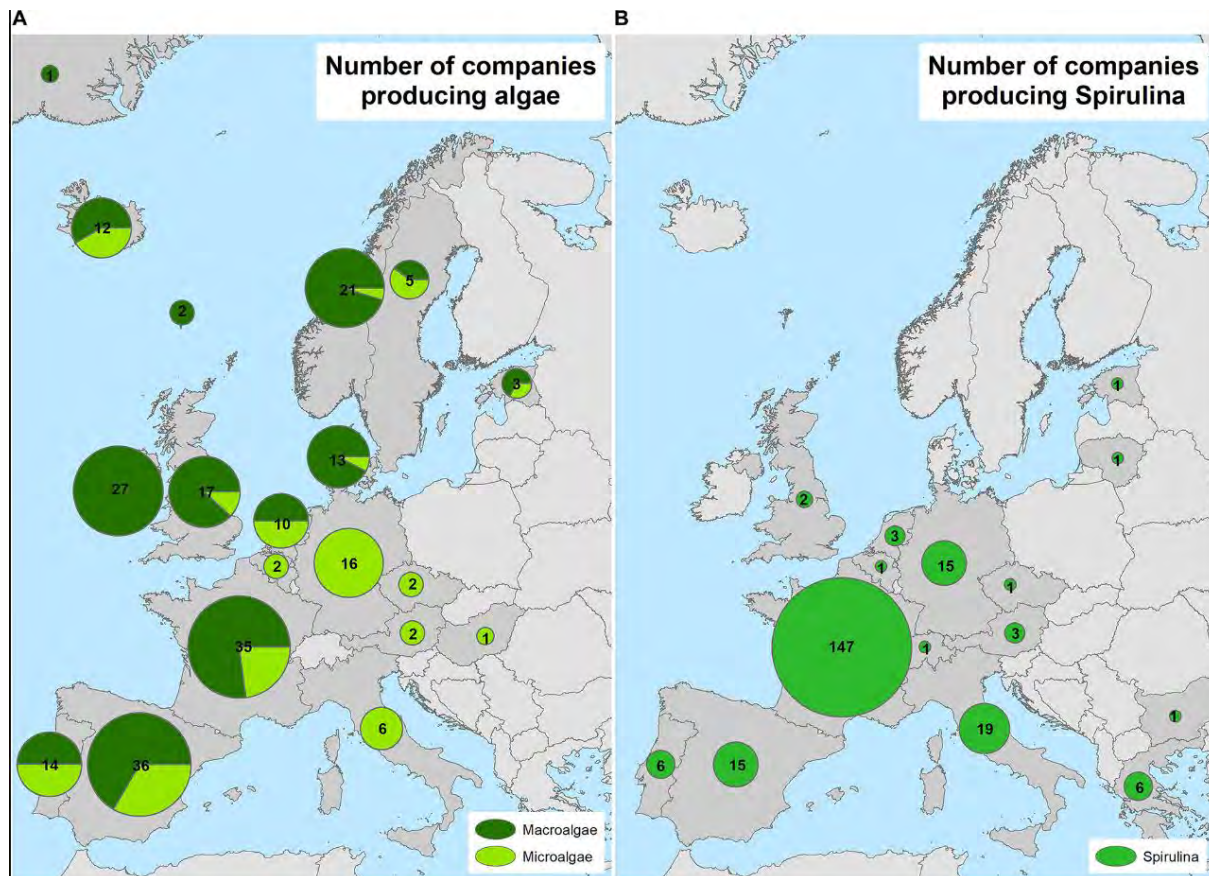
U Prilogu II. kao Odobrena gnojiva, poboljšivači tla i hranjive tvari iz članka 24. stavka 1. točke (b) Uredbe (EU) 2018/848 navode se Alge i proizvodi od algi samo ekološki uzgojene ili sakupljene na održiv način u skladu s dijelom III. točkom 2.4. Priloga II. Uredbi (EU) 2018/848 ako se dobivaju izravno:

- fizičkim postupcima koji uključuju dehidraciju, zamrzavanje i mljevenje
- ekstrakcijom vodom ili vodenom otopinom kiseline i/ili alkalnom otopinom
- fermentacijom

Diljem Europe, uzgoj algi, kako mikroalgi tako i makroalgi (morske alge), dobio je značajan zamah. Trenutno u Europi postoji 447 proizvodnih jedinica algi , ponajviše ponajviše Spirulina

spp (slika 28). Identificirane su različite vrste, metode proizvodnje i komercijalne primjene diljem europskih zemalja (Araujo i ostali iz 2021.)

Slika 28 Broj i relativna distribucija između tvrtki za proizvodnju makro- i mikroalgi (A) i Spiruline (B) po zemlji (Araujo i ostali 2021)

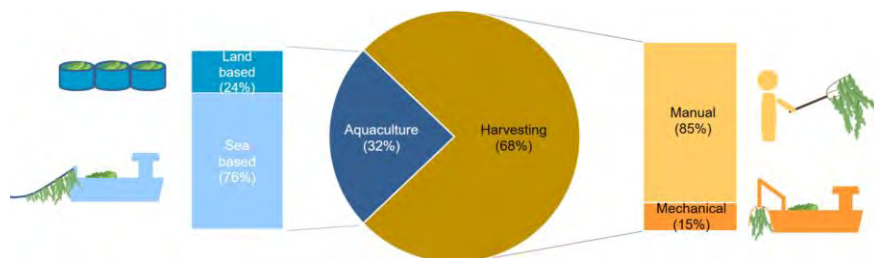


Izvor: Vazquez Calderon, F., Sanchez Lopez, J., An overview of the algae industry in Europe. Producers, production systems, species, biomass uses, other steps in the value chain and socio-economic data, Guillen, J., Avraamides, M. editors, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/813113, JRC130107

U slučaju mikroalgi, fotobioreaktori su glavna proizvodna metoda (71%), dok se 83% Spiruline uzgaja u otvorenim bazenima

Iskustva i najbolje prakse u proizvodnji algi u nekoliko europskih zemalja su različite. Sakupljanje divljih zaliha prevladavajući je sustav proizvodnje makroalgi, oko 68% kartiranih proizvodnih jedinica (slika 29).

Slika 29. Metode proizvodnje makroalgi u Europi (udio prema broju tvrtki koje koriste ove metode).



Izvor Araujo 2020 Sec. Marine Fisheries, Aquaculture and Living Resources Volume 7 - 2020 | <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.626389>

Kao pionir u uzgoju i komercijalizaciji algi, Francuska, posebno regija Bretanja, uspješno je integrirala proizvode od algi u prehrambene proizvode, kozmetiku i poljoprivredu. Francuski institut za iskorištavanje mora (IFREMER) igrao je ključnu ulogu u razvoju održivih i učinkovitih tehnika uzgoja (Charrier et al., 2017). Španjolski sektor akvakulture, posebno u regijama Andaluzija i Galicija, bio je na čelu proizvodnje mikroalgi za upotrebu u industriji akva hrane. Španjolske tvrtke poput AlgaEnergy i Fitoplancton Marino predvode u iskorištavanju algi za biogoriva, poljoprivredu i nutraceutike (Torres et al., 2019). Obala Norveške i čiste, hladne vode pružaju idealne uvjete za uzgoj makroalgi. Uzgoj morskih trava postao je važan dio njihove plave ekonomije, s tvrtkama poput Seaweed Energy Solutions koje predvode u održivoj proizvodnji morskih trava na velikoj skali (Broch et al., 2019). Ujedinjeno Kraljevstvo je također postiglo značajan napredak u uzgoju algi. Škotsko udruženje za morsku znanost (SAMS) predvodi istraživanje održive akvakulture, uključujući uzgoj algi. Tvrtke poput Algenuity istražuju potencijal mikroalgi u prehrambenoj i pića industriji.

S obzirom na Europska iskustva koja ističu važnost istraživanja, inovacija i partnerstava između javnog i privatnog sektora u poticanju uspjeha uzgoja algi, može se zaključiti da svaka nova planirana proizvodnja zahtijeva širu analizu proizvodnih mogućnosti i tehnologije uzgoja. Potrebno je prethodno provesti i analizu mogućnosti primjene i plasmana proizvoda te marketinga. Povećanje obujma proizvodnje te tehnološki i tržišni razvoj ključni su pokretači za poticanje rasta ovog sektora u Europi.

Europska iskustva pružaju dragocjene uvide za Hrvatsku u nastojanjima za razvoj industrije uzgoja algi.

## Mogućnosti za razvoj uzgoja algi u Republici Hrvatskoj

Uzgoj algi ima ogroman potencijal za različite industrije. Metode uzgoja uglavnom ovise o konačnoj primjeni, pri čemu svaka ima specifične zahtjeve i izazove. Alge nude održive alternativne izvore za proizvodnju hrane, gnojiva, bioplastike, kozmetike i farmaceutskih proizvoda. S obzirom na rastuće globalne izazove, poput klimatskih promjena i smanjenja prirodnih resursa, alge se ističu kao ključna rješenja koja pružaju ekološki prihvatljive alternative tradicionalnim resursima.

Kada se razmatraju mogućnosti uzgoja algi u RH, potrebno je izvršiti analizu geografskih, klimatskih te okolišnih uvjeta kao i resursnih i tehnoloških mogućnosti. Hrvatska sa svojom razvedenom obalom i velikim brojem otoka uz mediteransku klimu te dio neperspektivnih ribnjaka kao i poljoprivrednih površina u unutrašnjosti nudi idealne uvjete za uzgoj slatkovodnih i morskih algi. Obilje sunčeve svjetlosti, umjerene temperature i obilje morske vode prirodna su prednost za rast algi (Drobnjak, 2013). Na žalost, u Hrvatskoj je su trenutno značajne površine neiskorištenog poljoprivrednog zemljišta koje je pogodno za uzgoj algi. Uz neiskorišteno poljoprivredno zemljište, Hrvatska obiluje izvorima slatke vode, te ima brojna jezera i rijeka. Ti resursi potencijalno se mogu koristiti za uspostavu velikih sustava otvorenih ribnjaka (Šegota et al., 2017).

Iako se u Hrvatskoj još nije započelo s širim uzgojem algi u komercijalne svrhe, osim nekolicine primjera pokrenute su proizvodnje mikro algi za potrebe ribogojilišta te su započele neke proizvodnje za potrebe kozmetičke i farmaceutske industrije. Tako se s uzgojem više vrsta mikro algi za potrebe ishrane juvenilnih kategorija riba započelo još 1984. godine u mrjestilištu bivšeg Cenmara- današnji Cromaris u Ninu.



Hrvatsko zakonodavstvo za prethodna odobrenja uzgoja makro i mikroalgi u zatvorenim ili otvorenim sustavima koristi modele **Uredbe o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN 61/14, 3/17)** gdje se po potrebi može primijeniti točka 12. Priloga II kao „Drugi zahvati za koje nositelj zahvata radi međunarodnog financiranja zatraži ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš“.

Najstariji komercijalni uzgoj algi u nas započeo je s mrijestilištem morskih riba davne 1984. godine za potrebe hranidbe ličinki te se posljednjih godina pokreće poduzetnička inicijativa nekolicina uzgoja Chlorela i Spiruline u otvorenim i zatvorenim sustavima kao i provodi Bioprospecting jadranskog mora od strane Instituta Ruđer Bošković te mogućnost uzgoja kamenica proizvodnjom Isochrysis sp. alge u Bioreaktoru od strane Zadarske županije i Sveučilišta u Zadru (slika 31 i 32).

Slika 31 i 32 Uzgoj kamenica na algama uzgojenim u bioreaktoru

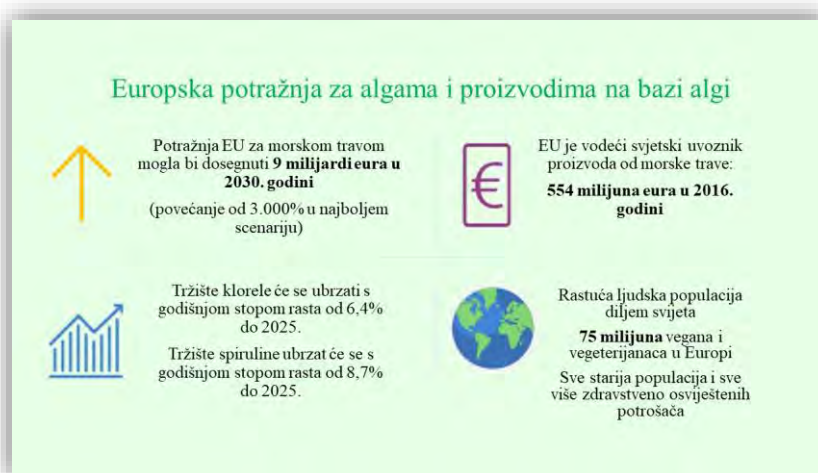


Kamenice u bazenu recirkulacijskog sustava u koji su dnevno dodavane jednostanične alge u količini od 3% mase suhe tvari živog dijela školjkaša („meso“).

Svakako ima još manjih ili većih primjera, uspješnih ili još u pokušajima pokretanja no svakako vidi se da alge postaju zanimljive našim poduzetnicima kao i znanstvenim institucijama.

U EU postoji rastuća potražnja za održivim, biljnim izvorima hrane, biogorivima i prirodnim zdravstvenim proizvodima, što je moguće zadovoljiti kroz proizvodnju algi (slika 33). Hrvatsko tržište može kapitalizirati na tom rastućem zahtjevu uspostavljanjem proizvodnje algi (Europska komisija, 2017).

Slika 33: Očekivani porast potražnje 2030 za proizvodima na bazi algi





## MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE

Izvor: EUROPEAN COMMISSION-Brussels, 15.11.2022-COM(2022) 592 final  
Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions **Towards a Strong and Sustainable EU Algae Sector**-{SWD(2022) 361 final}

Veliki potencijal za pokretanje proizvodnje algi na području Republike Hrvatske je u angažiranju znanstvenih i istraživačkih institucija kao i sveučilišta koji pokazuju sve veći interes za istraživanja algi, što potencijalno može dovesti do lokalnih inovacija u tehnologijama uzgoja algi. Ovaj poticaj inovacijama podržan je programima financiranja EU-a, poput Horizon Europe, koji ciljaju održivu poljoprivredu i tehnologije akvakulture (Europska komisija, 2021).

Razvoj gospodarskog sektora uzgoja algi u skladu je s europskim i nacionalnim strateškim ciljevima za održivi razvoj, dekarbonizaciju i plavi rast za što se planiraju i financijska sredstva kao i politička podrška (Vlada Republike Hrvatske, 2020).

Uzevši u obzir potrebe tržišta i razvojne potencijale uz povoljne klimatske uvjete te planirane strateške ciljeve može se predvidjeti snažan potencijal za razvoj uzgoja algi u Hrvatskoj (slika 34)

Slika 34. Prikaz trendova i očekivanja proizvodnje



Daljnja istraživanja i tehnološki napredak u sektoru uzgoja algi mogu dovesti do inovacija koje će oblikovati budućnost održivog razvoja.

### Preporuke za uzgoj algi u Republici Hrvatskoj

Unatoč značajnom potencijalu za razvoj uzgoja algi, potrebno je suočiti se s trenutnim izazovima kako bi se pretvorili u prilike i ostvarili svi razvojni potencijali.

Tehnološki izazovi povezani s gospodarskim uzgojem algi uključuju optimizaciju uvjeta rasta, kontrolu kontaminacije i razvijanje učinkovitih metoda žetve i obrade (Chisti, 2007). Uzgoj algi,

bilo mikro ili makro, postao je predmet intenzivnog istraživanja i komercijalnog interesa širom svijeta, uključujući i Hrvatsku. Međutim, poput svih biotehnoloških poduhvata, uzgoj algi nosi sa sobom određena tehnološka ograničenja. Poboljšanje tehnoloških sposobnosti kroz ulaganje u istraživanje može pomoći prevladavanju mnogih izazova povezanih s uzgojem algi.

**Niže navodimo značajnije segmente koje je potrebno poznavat kod uzgoja algi:**

### Tehnologija uzgoja

#### **Mikroalge**

Optimalni uvjeti rasta: mikroalge zahtijevaju specifične uvjete rasta kako bi se postigao optimalan prinos. Potrebno je osigurati kontrolu temperature, svjetla, pH vrijednosti i koncentracije hranjivih tvari kako bi se osigurao rast i razvoj.

Opseg proizvodnje: dok laboratorijski uzgoj mikroalgi može biti uspješan, prelazak na komercijalnu proizvodnju većeg obima može donijeti tehničke i ekonomske izazove zbog čega je potrebno izvršiti potrebne analize i donijeti plan proizvodnje.

Berba i ekstrakcija: ekstrakcija vrijednih spojeva iz mikroalgi može biti tehnološki izazovna i skupa, posebno kada je potrebna visoka čistoća proizvoda zbog čega je potrebno planirati potrebna financijska sredstva

#### **Makroalge:**

##### Prikladnost staništa

Iako Hrvatska ima obalu na Jadranskom moru, neka područja možda nisu prikladna za uzgoj određenih vrsta makroalgi zbog varijacija u salinitetu, temperaturi ili dostupnosti hranjivih tvari. Potrebno je odrediti vrste i područja pogodna za uzgoj prije početka proizvodnje.

##### Bolesti i štetnici

Kao i sve biljke, makroalge su osjetljive na bolesti i štetnike, što može utjecati na prinos. Važno je osigurati stručnjake iz područja zaštite i pripremiti potreban plan zaštite.

##### Tržišna prihvatljivost

Iako se alge tradicionalno konzumiraju u mnogim dijelovima svijeta, promocija algi kao prehrambenog proizvoda može naići na kulturne i tržišne barijere u Hrvatskoj. Važno je pripremiti podloge za promotivne aktivnosti i osmisliti promotivne kampanje radi informiranja javnosti o mogućnostima i prednostima konzumacije ovih proizvoda.

##### Održivost:

Intenzivni uzgoj makroalgi može utjecati na okoliš te je potrebno pripremiti potrebne studije o prihvatljivosti zahvata za morski okoliš i konzultirati nadležna tijela radi pribavljanja potrebnih dozvola prije početka proizvodnje.

### Ulaganja u istraživanje i razvoj

#### Fokus na lokalne vrste

Poseban naglasak treba biti na istraživanju lokalnih vrsta algi koje su prilagođene ekosustavu Jadranskog mora. Ovo može rezultirati visokim prinosima i boljom otpornošću prema lokalnim stresorima

#### Partnerstvo s akademskim institucijama

Suradnja s lokalnim sveučilištima i istraživačkim institutima može potaknuti inovacije i omogućiti pristup najnovijim znanstvenim spoznajama.

#### Povećanje kapaciteta

Gradnja i modernizacija laboratorija i istraživačkih postrojenja za uzgoj algi može biti ključna za razvoj industrije.

### Razvoj održivih metoda uzgoja

#### Integrirani multitrofički uzgoj

Korištenje metoda poput integriranog multitrofičkog uzgoja može omogućiti uzgoj algi uz smanjeni utjecaj na okoliš.

#### Recikliranje resursa

Razvoj tehnologija za recikliranje vode, hranjivih tvari i drugih resursa može smanjiti troškove i povećati održivost.

### Fokus na dodanoj vrijednosti proizvoda

#### Razvoj novih proizvoda

Istraživanje potencijalnih aplikacija algi u prehrambenoj, kozmetičkoj, farmaceutskoj i energetske industriji može pružiti nove tržišne prilike.

#### Povećanje kvalitete proizvoda

Ulaganje u metode prerade koje poboljšavaju kvalitetu i trajnost proizvoda može pomoći u penetraciji na globalna tržišta.

### Edukacija i osposobljavanje

#### Edukacijski programi

Pokretanje programa za edukaciju i osposobljavanje, kako bi se osigurala radna snaga s potrebnim vještinama i znanjem za industriju

#### Promocija proizvoda od algi

Organiziranje radionica, konferencija i drugih događanja kako bi se povećala svijest o potencijalima i prednostima industrije algi. Edukacija proizvođača o tehnologiji uzgoja i tržištu proizvoda algi.

### Stvaranje poticajnog regulatornog okruženja

#### Poticaji za istraživanje

Pružanje potpore na nacionalnoj razini za istraživanja i razvoj u industriji algi, kroz sustav poreznih rasterećenja i/ ili subvencija.

Moćnost korištenja EU potpora

Budući da je Hrvatska članica Europske unije, postoji prilika za pristup sredstvima EU namijenjenima istraživanju i inovacijama.

Administrativna prilagodba

Svaka nova proizvodnja vrsta koje se dosada nisu uzgajale zahtijeva administrativnu prilagodbu, ali i inicijativu. Tu se u obzir mogu uzeti sljedeće smjernice za inicijative

Slika 36 : Problemi, ciljevi i predložena područja djelovanja za inicijative EU-a vezane uz alge



Izvor: EUROPEAN COMMISSION-Brussels, 15.11.2022-COM(2022) 592 final  
 Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions **Towards a Strong and Sustainable EU Algae Sector**-{SWD(2022) 361 final}

Učinkovitost postupaka izdavanja dozvola i pružanje jasnih smjernica može značajno pomoći uzgajivačima u navigaciji regulatornim okvirom. Potrebno je pojednostaviti sve postupke izdavanja potrebnih dozvola za pokretanje proizvodnje.

Osigurati ekonomsku isplativost

Unatoč padu troškova uzgoja algi, to može i dalje biti ekonomski izazovno, posebno kada se natječu s tradicionalnim usjevima ili izvorima goriva (Rawat et al., 2013). Do današnjeg dana tržište algi bilo je u usponu zbog njihove široke primjene u različitim industrijama.

Donosimo nekoliko općih uvida o tržišnim trendovima algi:

**1. Mikroalge:**

- Spirulina i Chlorella: Ove dvije mikroalge bili su popularni dodaci prehrani zbog visokog sadržaja proteina, vitamina i minerala. Tržište je nastavilo rasti zbog rastuće svijesti o zdravstvenim koristima ovih algi. Globalno tržište spiruline procjenjivalo se na nekoliko stotina milijuna dolara, s očekivanjima da će nastaviti rasti zbog rastuće potražnje za zdravim prehrambenim dodacima.
- Astaxanthin: Mikroalga Haematococcus pluvialis je glavni izvor ovog snažnog antioksidansa koji ima primjenu u dodacima prehrani i kozmetici. Tržište astaxantina, pretežito dobivenog iz mikroalge Haematococcus pluvialis, bilo je u stalnom rastu s tržišnom vrijednošću procijenjenom na više od 1 milijarde dolara.
- Biogoriva: Iako su mikroalge istraživane kao potencijalni izvor za proizvodnju biogoriva, komercijalna proizvodnja na velikoj skali do 2022. nije bila ekonomski održiva.

## 2. Makroalge:

- Kelp i drugi smeđi algi: Tržišna potražnja je rasla zbog upotrebe u prehrambenoj industriji (npr. u azijskoj kuhinji) i kao izvor alginata, koji se koristi kao zgušnjivač u različitim industrijama.
- Karagenan: Crvene alge poput Chondrus crispus i Eucheuma su glavni izvori karagenana, koji se koristi kao zgušnjivač u prehrambenoj industriji. Globalno tržište karagenana, koji se dobiva iz crvenih algi, procjenjivalo se na više milijardi dolara.
- Agar: Izveden iz crvenih algi poput Gracilaria, koristi se kao želirajuće sredstvo u prehrambenoj i mikrobiološkoj industriji. Tržište agar-agar, koji potječe iz crvenih algi poput Gracilaria, bilo je vrijedno nekoliko stotina milijuna dolara.
- Biorafinerije i bioenergija: Dok je tržište biogoriva dobivenih iz algi još uvijek u ranoj fazi komercijalnog razvoja, postoji i dalje znatan interes i ulaganje u istraživanje i razvoj ove industrije.

Tržišne vrijednosti algi i njihovih derivata mogu se značajno razlikovati ovisno o regiji, tehnologiji proizvodnje, kvaliteti proizvoda i mnogim drugim čimbenicima.

### Specifičnosti tržišta:

- Održivost: S obzirom na globalne klimatske promjene i potrebu za održivom proizvodnjom hrane i energije, alge su sve više prepoznate kao ekološki prihvatljivo rješenje.
- Inovacije: S obzirom na široku primjenu algi, istraživački sektor bio je aktivan u traženju novih i inovativnih načina za povećanje prinosa i kvaliteti algi.

### Podrška razvoju tržišta algi

#### Potpore iz EU fondova

Pružanje podrške uzgajivačima kroz financijsku potporu može poboljšati ekonomsku isplativost uzgoja algi.



Javna percepcija i prihvaćanje na tržištu

Prihvaćanje proizvoda na bazi algi od strane potrošača nije zajamčeno i ovisit će o čimbenicima poput okusa, izgleda, cijene i percipiranih zdravstvenih koristi (Brennan & Owende, 2010). Promocija proizvoda na bazi algi, edukacija potrošača i provođenje tržišnih istraživanja mogu poboljšati prihvaćanje na tržištu.

Suradnja i umrežavanje

Poticanje suradnje između uzgajivača, istraživača, donositelja politika i drugih zainteresiranih strana može pomoći u dijeljenju znanja, poboljšanju praksi i utjecanju na potporne politike.

***Uspješno uspostavljanje industrije algi u Hrvatskoj zahtijevat će zajednički trud svih zainteresiranih strana, uz strateško ulaganje, potporne politike i stalna istraživanja. Uz ovakav pristup, Hrvatska bi mogla iskoristiti svoj geografski položaj, bogatstvo prirodnih resursa i znanstveni potencijal kako bi postala ključni igrač u rastućoj industriji algi u Europi i šire.***

*Važno je redovito pratiti i informirati se o izmjenama propisa vezanih za uzgoj algi i stavljanje proizvoda na tržište i zakonskim obavezama. Informacije se mogu potražiti u Upravi ribarstva Ministarstva poljoprivrede.*

Izvor fotografija- naslovna strana – Industrial plankton inc., Jongerius ecoduna GmbH, Marinković Jelena



## Literatura

- Abdelaziz, A.E.M., Leite, G.B., Belhaj, M.A., & Hallenbeck, P.C. (2016). Screening microalgae native to Quebec for wastewater treatment and biodiesel production. *Bioresource Technology*, 214, 170-178.
- Abeliovich, A. (1992). The production of *Spirulina* - an edible microorganism. *Trends in Biotechnology*, 10(1), 15-20.
- Abirami, P., & Kowsalya, S. (2015). Potentiality of *Sargassum wightii* biofertilizer on the growth of *Vigna radiata* and *Zea mays*. *Journal of Applied Phycology*, 27(4), 1513-1523.
- Araújo, R., Vázquez Calderón, F., Sánchez López, J., Azevedo, I.C., Bruhn, A., Fluch, S., Garcia Tasende, M., Ghaderiardakani, F., Ilmjärv, T., Laurans, M. and Mac Monagail, M., 2021. Current status of the algae production industry in Europe: an emerging sector of the blue bioeconomy. *Frontiers in Marine Science*, 7, p.626389.
- Batista, A. P., Niccolai, A., Bursic, I., Sousa, I., Raymundo, A., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M. R. & Microphyt (2019). Microalgae as functional ingredients in savoury food products: application to wheat crackers. *Food & Function*, 10(11), 7318-7328.
- Becker, E.W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, 25(2), 207-210.
- Borowitzka, M.A. (1999). Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. *Journal of Biotechnology*, 70(1-3), 313-321.
- Brennan, L., & Owende, P. (2010). Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 557-577.
- Broch O.J., Ellingsen I.H., Forbord S., (2019). The Macroalgae Biorefinery (MAB3) with Focus on Cultivation, Bioethanol Production, Fish Feed and Acidity Regulator. In *Microalgae-Based Biofuels and Bioproducts*. Elsevier.
- Camia A., Robert N., Jonsson R., Pilli R., García-Condado S., López-Lozano R., van der Velde M., Ronzon T., Gurría P., M'Barek R., Tamosiunas S., Fiore G., Araujo R., Hoepffner N., Marelli L., Giuntoli J., Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment, EUR 28993 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-77237-5, doi:10.2760/539520, JRC109869
- Cesário, M. T., Raposo, R. S., de Almeida, M. C. M. D., van Keulen, F., Ferreira, B. S., & da Fonseca, M. M. R. (2014). Enhanced bioplastic production by *Spirulina subsalsa* grown on mixotrophic cultivation. *Bioresource Technology*, 167, 471-477.
- Chacón-Lee, T. L., & González-Mariño, G. E. (2010). Microalgae for “Healthy” Foods—Possibilities and Challenges. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(6), 655–675.
- Charrier B., Coates J.C., Stévant P., Morançais M., (2017). Development and Physiology of the Brown Alga *Ectocarpus*: The *Ectocarpus* Genome Sequence Consortium. *Advances in Botanical Research*, 78, 157-189.

- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, 25(3), 294-306.
- Chisti, Y. (2016). Large-Scale Production of Algae. In *Algae Biotechnology* (pp. 21-33). Springer, Cham.
- Ciferri, O. (1983). Spirulina, the edible microorganism. *Microbiological Reviews*, 47(4), 551-578.
- Christenson, L., & Sims, R. (2011). Production and harvesting of microalgae for wastewater treatment, biofuels, and bioproducts. *Biotechnology Advances*, 29(6), 686-702.
- Coppens, J., Lindeboom, R., Muys, M., Coessens, W., Alloul, A., Meerbergen, K., ... & Vervaeren, H. (2016). Nitrification and microalgae cultivation for two-stage biological nutrient valorization from source separated urine. *Bioresource technology*, 211, 41-50.
- Dierick, N.A., Obyn, A., & De Smet, S. (2009). Effect of feeding intact brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on some digestive parameters and on iodine content in edible tissues in pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(4), 584-594.
- Drobnjak, I. (2013). Morphology of macroalgae from the Adriatic Sea: Molecular aspects. PhD Thesis, University of Zagreb.
- European Commission (2013). Strategic Guidelines for the sustainable development of EU aquaculture.
- European Commission, (2017). Study on the EU market of fishery and aquaculture products. EU Publications.
- European Commission, (2021). Horizon Europe - the next research and innovation framework programme. EU Publications.
- European Commission (2012). Blue Growth: opportunities for marine and maritime sustainable growth. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- European Commission (2013). Strategic Guidelines for the sustainable development of EU aquaculture.
- European Commission (2019). The European Green Deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- European Commission (2020). Biodiversity Strategy for 2030. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- European Commission (2020). A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- European Commission (2021). Horizon Europe: The EU Framework Programme for Research and Innovation. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- EUROPEAN COMMISSION-Brussels, 15.11.2022-COM(2022) 592 final

Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions

**Towards a Strong and Sustainable EU Algae Sector**-{SWD(2022) 361 final}

FAO (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome.

FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

Fitton, J. H., Stringer, D. N., & Karpinić, S. S. (2015). Therapies from Fucoidan: An update. *Marine Drugs*, 13(9), 5920-5946.

Government of the Republic of Croatia, (2020). National Development Strategy 2030. Government of the Republic of Croatia.

Grand View Research (2022). Algae Products Market Size, Share & Trends Analysis Report By Culture Type, By Application, By Product Type, By Region And Segment Forecasts, 2022 - 2030.

Holman, B.W.B., & Malau-Aduli, A.E.O. (2013). Spirulina as a livestock supplement and animal feed. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(4), 615-623.

Kim, S-K., & Chojnacka, K. (Eds.). (2015). *Marine Algae Extracts: Processes, Products, and Applications*. Wiley-VCH.

Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., ... & Critchley, A.T. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4), 386-399.

Kovalenko, G. A., Rinaudo, M., Desbrières, J., Tolstoguzov, V. L., & Mikhailov, S. N. (2017). Effect of the cultivation conditions of *Laminaria saccharina* on the composition and the chemical structure of the alginate. *Food Hydrocolloids*, 64, 148-156.

Kumar, P., Ray, S., & Kalia, V. C. (2020). Production of co-polymers of polyhydroxyalkanoates by regulating the hydrolysis of biowastes. *Bioresource Technology*, 295, 122253.

MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Republic of Croatia) (2021). Annual Report on Fisheries 2021.

Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2016). Seaweeds for livestock diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 212, 1-17.

Maric, D., Kraus, R., Peharda, M., Žužul, I., Nerlović, V., & Mravinac, B. (2016). The Role of the Shell in Mussel Aquaculture: *Ostrea edulis*, *Mytilus galloprovincialis* and *Ruditapes philippinarum*. *Aquaculture Europe*, 41(3), 36-40.

Milledge, J.J., Nielsen, B.V., & Bailey, D. (2019). High-value products from macroalgae: the potential uses of the invasive brown seaweed, *Sargassum muticum*. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 15(1), 67-88.

Ministry of Agriculture (2019). Strategy for Aquaculture Development in the Republic of Croatia for 2020-2023.

Norsker, N.H., Barbosa, M.J., Vermuë, M.H., & Wijffels, R.H. (2011). Microalgal production—a close look at the economics. *Biotechnology Advances*, 29(1), 24-27.

- Panahi, Y., Darvishi, B., Jowzi, N., Beiraghdar, F., & Sahebkar, A. (2016). *Chlorella vulgaris*: a multifunctional dietary supplement with diverse medicinal properties. *Current pharmaceutical design*, 22(2), 164-173.
- Rawat, I., Ranjith Kumar, R., Mutanda, T., & Bux, F. (2013). Dual role of microalgae: Phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production. *Applied Energy*, 88(10), 3411-3424.
- Rydahl-Hansen, S. (2005). Cultivation of *Ulva lactuca* L. in Danish land-based flow-through systems. *Aquaculture International*, 13(4), 307-317.
- Schenk, P.M., Thomas-Hall, S.R., Stephens, E., Marx, U.C., Mussgnug, J.H., Posten, C., Kruse, O., & Hankamer, B. (2008). Second Generation Biofuels: High-Efficiency Microalgae for Biodiesel Production. *BioEnergy Research*, 1(1), 20-43.
- Scottish Association for Marine Science (SAMS), (2021). Algal Research and Innovation Centre (ARIC). Retrieved from SAMS website.
- Smetana, S., Mathys, A., Knoch, A., & Heinz, V. (2015). Microalgae and terrestrial biomaterials as sources for protein-rich ingredients. *Current Opinion in Biotechnology*, 32, 25-33.
- Stirk, W.A., Tarkowská, D., Turečová, V., Strnad, M., & Van Staden, J. (2014). Abscisic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak®, a commercial seaweed extract made from *Ecklonia maxima*. *Journal of Applied Phycology*, 26(2), 561-567.
- Strategy for Aquaculture Development, Republic of Croatia (2020). Ministry of Agriculture
- Šegota, V., Rengel, Z., Romic, D., & Romic, M. (2017). Potential for sustainable irrigation by reclaimed waters in semi-arid and semi-humid Mediterranean Croatia. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(1), 5.
- Šupraha, L., Bosak, S., Ljubešić, Z., Mihanović, H., Olujić, G., & Kušpilić, G. (2017). Rapid growth and high biomass yield of new, non-toxic indigenous microalgae strains. *Journal of Applied Phycology*, 29(3), 1337-1347.
- Park, J. I., Lee, Y., Lee, J., & Lee, S. Y. (2013). Metabolic engineering of microorganisms for the production of higher alcohols. *MBio*, 4(5), e00280-13.
- Porse, H., & Rudolph, B. (2017). The seaweed hydrocolloid industry: 2016 updates, requirements, and outlook. *Journal of Applied Phycology*, 29(5), 2187-2200.
- Posten, C. (2009). Design principles of photo-bioreactors for cultivation of microalgae. *Engineering in Life Sciences*, 9(3), 165-177.
- Renuka, N., Guldhe, A., Prasanna, R., Singh, P., & Bux, F. (2015). Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. *Biotechnology Advances*, 33(1), 68-89.
- Tibbetts, S.M., Milley, J.E., & Lall, S.P. (2015). Nutritional quality of some wild and cultivated seaweeds: Nutrient composition, total phenolic content and in vitro digestibility. *Journal of Applied Phycology*, 27(6), 2107-2118.
- Torres M.D., Kraan S., Domínguez H., (2019). Seaweeds for Food and Industrial Applications. In *Food Industry*. IntechOpen.



Tseng, C.K. (2001). Algal biotechnology industries and research activities in China. *Journal of Applied Phycology*, 13(4), 375-380.

Vazquez Calderon, F., Sanchez Lopez, J., An overview of the algae industry in Europe. Producers, production systems, species, biomass uses, other steps in the value chain and socio-economic data, Guillen, J., Avraamides, M. editors, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/813113, JRC130107

Vazquez Calderon, Fatima; Guillén Garcia, Jordi; Araujo, Rita; Sanchez Lopez, Javier (2022): Algae producing industry. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/fa59f544-bf77-4812-8869-f34d9b096638>

Yamanashi, T., Hayashi, M., & Kuda, T. (2016). Evaluation of the in vitro prebiotic activity of partially digested storage glucans from laminaria japonica (kombu) and their in vivo assessment using a rat model. *Food & Function*, 7(8), 3462-3470.

Zhou, G., Sun, Y. P., Xin, H., Zhang, Y., Li, Z., & Xu, Z. (2004). In vivo antitumor and immunomodulation activities of different molecular weight lambda-carrageenans from *Chondrus ocellatus*. *Pharmacological research*, 50(1), 47-53.

## Korisne poveznice

Pravilnik o odobrenju za obavljanje djelatnosti akvakulture **na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu**, NN [15/2019](#)

Zakon o akvakulturi, NN [130/2017](#), [111/2018](#); [144/2020](#), [30/2023](#)

Pravilnik o Registru plovila u akvakulturi, NN [61/2023](#)

Pravilnik o odobrenju za obavljanje djelatnosti akvakulture na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu, NN [15/2019](#)

Pravilnik o prikupljanju statističkih podataka o akvakulturi, NN [137/2021](#), [87/2022](#)

Pravilnik o uvjetima i postupku za stjecanje prava na korištenje kopnenih voda radi obavljanja djelatnosti akvakulture, NN [8/2019](#)

Pravilnik o kriterijima za utvrđivanje područja za akvakulturu na pomorskom dobru, NN [106/2018](#)

Pravilnik o načinu vođenja registra ribnjaka u vlasništvu Republike Hrvatske, NN [94/2018](#)

Pravilnik o dozvoli za akvakulturu, NN [17/2018](#)

Pravilnik o Registru dozvola za korištenje stranih i lokalno neprisutnih vrsta u akvakulturi, Registru unosa i prijenosa i Popisu zatvorenih objekata akvakulture, NN [10/2018](#)

Pravilnik o stručnom osposobljavanju za obavljanje djelatnosti akvakulture, NN [56/2018](#)

**Program za ribarstvo i akvakulturu Republike Hrvatske za programsko razdoblje 2021.-2027.** (Ministarstvo poljoprivrede, 2022.)

Program za ribarstvo i akvakulturu prepoznaje konkurentnu i ekološki održivu akvakulturu. Uključuje mjere za podršku inovacijama, razvoju infrastrukture, učinkovitosti resursa i promociji proizvoda visoke kvalitete u sektoru akvakulture i prerade, što može potaknuti razvoj uzgoja algi.

**Zakon o morskome ribarstvu (NN 62/17, 130/17, 14/19 i 30/23)**

**Zakon o akvakulturi (NN 130/17, 111/18, 144/20 i 30/23)**

**Zakon o zaštiti okoliša (80/13., 153/13. – Zakon o gradnji, 78/15, 12/18 i 118/18)**

[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_02\\_13\\_230.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_02_13_230.html)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:32021R1165>

[https://www.opb.org/article/2022/12/18/swelling-school-of-seaweed-farmers-looking-to-anchor-in-somewhat-choppy-northwest-waters/Applicant Mike K](https://www.opb.org/article/2022/12/18/swelling-school-of-seaweed-farmers-looking-to-anchor-in-somewhat-choppy-northwest-waters/Applicant%20Mike%20K)



---