



Geleneksel ve Modern Yöntemler ile Yüzer Tarım Uygulamaları

Büşra CESUR DURMAZ^{a*}, İbrahim ÜÇGÜL^b

^a İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE

^b Tekstil Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE

*Sorumlu yazar e-posta adres: busracesur.pm@gmail.com

ÖZET:

Dünyada, küresel ısınma ve iklim değişikliği etkileri sonucunda, ekilebilir araziler tahrip olmakta ve giderek azalmaktadır. Bundan dolayı da bazı kıyı ülkelerinde gıda temini noktasında ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunun gelecek yıllarda küresel bir boyut kazanması ise beklenen tehditler arasındadır. Bu nedenle gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerde farklı uygulama teknikleri ile yüzer tarım ilerleme göstermektedir. Çalışmada bu uygulama teknikleri geleneksel ve modern yüzer tarım olarak ifade edilmekte ve ülkelerin yüzer tarım örnekleri incelenmektedir. Bu bakımdan, özellikle tarımsal ve hayvansal üretimin birlikte yapıldığı ve kendi içerisinde döngüsel yapıya sahip olan akıllı yüzer çiftlikler, sürdürülebilir ve ekolojik üretim açısından önemlidir.

Ülkemizde de geleceğe dönük olan bu uygulamaların ilerlemesi ve çalışmaların artırılması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada farklı yüzer tarım uygulamalarından bahsedilerek gerekliliğine vurgu yapılmaktadır. İncelenen bu örnekler sonucunda ise açık ve kapalı mekan yüzer tarım kavramsal tanımlaması yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Yüzer Tarım, Akıllı Yüzer Çiftlik, Geleneksel ve Modern Yüzer Tarım, Açık ve Kapalı Yüzer Tarım

Floating Agricultural Practices with Traditional and Modern Methods

ABSTRACT:

In the world, as a result of the effects of global warming and climate change, arable land is being destroyed and is gradually decreasing. Because of this, there are serious problems with the food supply in some coastal countries. It is one of the expected threats that this problem will gain a global dimension in the coming years. For this reason, floating agriculture is making progress with different application techniques in developing and developed countries. In this study, these application techniques are expressed as traditional and modern floating agriculture and floating agriculture examples of countries are examined. In this respect, smart floating farms, where agricultural and animal production are carried out together and which have a cyclical structure within themselves, are important for sustainable and ecological production.

In our country, it is necessary to advance these future-oriented applications and to increase the studies. For this reason, in the study, different floating agriculture applications are mentioned and the necessity of it is emphasized. As a result of these examined examples, the conceptual definition of outdoor and indoor space floating agriculture is made.

Keywords: Climate Change, Floating Agriculture, Smart Floating Farm, Traditional and Modern Floating Agriculture, Outdoor and Indoor Floating Agriculture

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi sonrasında fosil kaynak tüketiminin hızlanması, nüfusun artması, kentleşmenin yoğunlaşması gibi etkenlere bağlı olarak küresel ısınma ve iklim değişikliği meydana gelmektedir. Bu bakımdan küresel ısınma, sanayi devrimi ile birlikte fosil yakıt kullanımına, ormansızlaşma ve endüstrileşme süreçlerine bağlı olarak atmosfere salınan sera gazı birikimi ve hızlı artışından dolayı gerçekleşen sıcaklık artışı olarak tanımlanmaktadır [1]. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi-NASA (2019)'da bu artış oranının sanayi devriminden beri 1°C günümüzde ise her 10 yılda 0.2°C arttığını belirtmektedir [2]. Sıcaklık artışının devam etmesi ise kıyı kentleri ve ülkelerinde genellikle deniz seviyesinin yükselmesine bağlı olarak kıyı arazilerinin azalmasına neden olmaktadır. Küresel iklim değişikliği etkisi ülkemiz için de geçerli olmakla birlikte daha çok kuraklık, çölleşme, su kaynaklarının azalması, ani sel baskınlarının yaşanması ve orman yangınlarının artması gibi görülmektedir. İklim değişikliğinden etkilenme olasılığı yüksek olan Arktik, Afrika ve Asya gibi kıtaların etkilenme durumlarını IPCC (2007) şöyle açıklamaktadır [3]:

- ❖ Afrika'da, su sıkıntısının yaşanması, tarımsal üretimin azalarak gıdaya erişimin tehlikeye girmesi, ekosistemlerin bozulması, insan sağlığını tehdit eden hastalıkların ortaya çıkması, deniz seviyesinin yükselmesiyle alçak kıyı bölgelerini etkilenmesi,
- ❖ Antarktika'da, buzulların ve buz tabakalarının azalması, flora ve fauna yaşam alanlarında baskıların artması, insan faaliyetlerini değiştirmesi (balıkçılık, buz yolu taşımacılığı),

- ❖ Asya'da, buzulların hızla erimesi, tatlı su kaynaklarının azalması, sel baskınlarının artarak yoğun nüfuslu delta bölgelerinin tehlike altına girmesi, mahsul veriminin değişmesi,
- ❖ Avrupa'da, buzulların erimesi, mevsimlerin uzaması, tür çeşitliliğinin değişmesi, tarım ve enerji gibi ekonomik sektörlerin zorluk yaşaması, yaz yağışlarının azalması, su sıkıntısının başlaması, orman verimliliğinin azalması,
- ❖ Amerika'da, Amazon tropik ormanlarının yerinin değişmeye başlaması, bazı bölgelerde kuraklığın artması, içme suyu kaynaklarının tuzlanması, hayvancılık için önemli olan bazı mahsullerin azalması, yangın riskinin artması, kıyı habitatlarının etkilenmesi,
- ❖ Avustralya ve Yeni Zelanda'da ise, su güvenliği sorunlarının yoğunlaşması, Büyük Bariyer Resifi ve Queensland'ın Islak Tropikleri de biyolojik çeşitlilik kaybının ortaya çıkması, deniz seviyesinin yükselmesi ve fırtına-kıyı taşkınlarının artması, tarım ve ormancılık üretiminde azalma beklenmektedir [3].

Küresel iklim değişikliği etkilerine bakıldığında tarım ve orman alanlarında, biyolojik çeşitlikte, kıyı arazilerinde bozulmaların yaşanacağı görülmektedir. Küresel iklim değişikliğinin yanı sıra nüfus yoğunluğunda yaşanan artışta daha fazla enerji tüketimini, gıda tüketimini ortaya çıkarmakta ve doğal alanlar üzerindeki tahribatı artırmaktadır. Aynı zamanda nüfus yoğunluğu kentleşmeyi de hızlandırarak ihtiyaç duyulan tarım arazilerinin farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmasına sebep olmaktadır. Küresel iklim değişikliği ve nüfus artışından kaynaklı tüm bu nedenler ise tarım arazilerinin tahrip olmasına veya yok olmasına neden olmaktadır.

Bundan dolayı günümüzde en temel ihtiyaç olan su kaynakları ve sürdürülebilir tarım insan sağlığı ve devamlılığı açısından önemlidir. Teknolojik gelişmeler ve ihtiyaçlar ile enerji temini de bu noktada önemli ikincil ihtiyaç haline gelmektedir. İklim değişikliği etkilerinin yaşandığı ülkelerde gıda ihtiyacının teminini noktasında güçlükler yaşanabilmektedir. Bu noktada yenilenebilir enerji ile entegre edilen yüzer tarım uygulamaları ise hem gıda hem de enerjinin sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir. Bütünoğlu (2019)'da çalışmasında yanlış su kaynakları kullanımı, enerji ve gıda ihtiyacının artmasıyla doğal kaynaklar üzerinde ki baskının giderek artacağına vurgu yapmaktadır [4]. Yüzer adalara benzer tarım alanlarının oluşturulmasının ise sürdürülebilir tarım için önemli olduğuna değinmektedir [4].

Nitekim, Dünya'nın farklı bölgelerinde sularla mücadele etmek zorunda kalan toplumlar, toprak işlemek için yüzyıllar boyunca geliştirilen ustaca tekniklerden biri olan ve yaygın olarak kullanılan yüzer bahçe veya yüzer ekim alanları olarak bilinen teknikler geliştirmektedir [5]. Bu tekniklerin varlığı ise Babil'in Asma Bahçeleri'nde olduğu gibi eski zamanlara kadar ulaşmaktadır. Günümüzde ise yüzer tarım örneklerine Meksika, Myanmar, Kamboçya veya Bangladeş gibi ülkelerde [6-7-8-9] rastlamak mümkündür.

16. yüzyılın sonunda Meksika'da lagünün kıyısında avlanma ticareti ile uğraşılırken, lagünün kaya ve çamur setlerinin yüzer meyve bahçeleri veya Chinampa yapısına dönüştürülmesiyle mısır, kırmızı biber, fasulye ve kabak yetiştirildiği başlamıştır [6]. Ayrıca Myanmar, Shan Eyaletindeki Inle Gölü yüzer

ekim uygulamalarında bilinen en iyi örneklerden biridir. Burada yaşayan Intha topluluğu ise göl suları üzerinde yetiştirmek için özel bir teknik geliştirerek yerel ve doğal malzemelerin kullanımıyla yüzer adalar inşa etmektedir (Şekil 1). Zengin bir çevrede sürdürülebilir geleneksel tarım modeli olarak görülen yüzer adalarda domates ve diğer sebzeler yetiştirilmektedir [5].



Şekil 1. Intha topluluğu yüzer tarım adaları [10]

Gelişmekte olan Bangladeş gibi ülkeler ise sel anında hasadın sular altında kalmasını önlemek için yüzer tarım yapmaktadır [11]. Farklı sebepler ve ihtiyaçlara göre de yüzer tarım yöntemini uygulamak ve geliştirmek mümkündür. Örneğin, su ile bağlantısı bulunmayan ülkelerde deniz suyu tatlı suya dönüştürülerek bu suyun dikilen sebzelerin kökleri etrafında dolaşmasına izin verilmesiyle karada kapalı bir hidro-kültür yöntemi sağlanabilir. Deniz gibi tuzlu su alanlarında da rüzgar enerjisi ile tatlı su dönüşümü sağlanarak veya yağmur suyu geri dönüşümü yapılarak da yüzer gıda çiftlikleri tasarlanabilir [12].

Hindistan'ın kuzeydoğusundaki Assam eyaletinde bulunan Majuli'de, yaşanan muson yağmurları etkisi ile meydana gelen sel baskınlarına karşı bambudan yapılan salları üzerinde yüzer tarım yapılmaktadır. Aynı zamanda bazı bölgelerde yüzer tarım ile balık çiftlikleri aynı su kütesine kurularak bitkiler ve balık üretimi arasında geri dönüşüm desteklenmektedir.

Hükümet desteğinde sayesinde bu yüzer tarım üretimi ile yerel halkın refah düzeyi arttırılmaktadır [13].

Görüldüğü gibi yüzer tarım uygulamalarının çeşitli amaçlara yönelik kullanımı ve gelecekte de sürdürülebilir yüzer tarım ihtiyacı için gelişme göstereceğini söylemek mümkündür. Bu nedenle çalışmanın amacı, çeşitli nedenlerle tarım arazilerinin olumsuz etkilenmesi sonucu yaşanabilecek gıda temini sorunu için yüzer tarım uygulamalarının önemliliğine vurgu yapmaktır. Aynı zamanda bu ekim alanlarının yüzer enerji ile desteklenmesi gerektiğini de savunmaktadır.

Çalışma kapsamında yüzer bahçe, yüzer ada, yüzer tarıma yönelik tanımlar ve bu kavramların boyutları incelenerek, yüzer tarım uygulamalarına yön verecek ekim alanı (yüzer yatak) formları ve burada yetiştirilen ürünler araştırılmaktadır. Aynı zamanda geleneksel ve modern tekniklerle geliştirilen Dünya yüzer tarım uygulamaları incelenmektedir. Bu örneklere bakılarak yüzer tarımın avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmektedir. Sonuç olarak yüzer tarımın, uygulama alanı ve amacına yönelik olarak iki başlıkta (Açık ve Kapalı) incelenebileceği belirtilmektedir. Devamında ise yüzer enerji sistemlerine değinilerek yüzer tarım ile entegrasyonuna vurgu yapılmaktadır.

2. YÜZER TARIM

Literatür araştırmalarında “Floating Farm” kavramının hayvansal gıda (süt, yumurta) üretim tesisi [14], balık yetiştiriciliği veya tarımsal ürün yetiştiriciliği [12] gibi çeşitli amaçlarda kullanıldığı görülmektedir. Bu nedenle “Floating Farm” kavramını, tarımsal ve hayvansal faaliyetlerin ayrı veya birlikte gerçekleştirildiği daha genel üretim şeklini ifade etmesinden

dolayı yüzer çiftlik olarak tanımlamak doğru olacaktır.

“Floating Garden” kavramı ise Muhammad ve Romel (2019)’in çalışmasında Bangladeş insanının tarımsal faaliyetlerini topraksız yürütebilmesi için geliştirdikleri yüzer bahçe uygulamaları olarak belirtilmektedir [15]. Yüzen Adalar olarak geçen “Floating Islands” kavramının da Japonya’da balıklar için bir yumurtalama alanı veya Tayvan’da bambudan yüzer çiftlikler oluşturarak çeltik tarlalarına dönüşen suda yüzen arazileri kapsadığı ifade edilmektedir [16].

Yüzer Ada kavramını daha detaylı olarak tanımlayan Bütünoğlu (2019) ise; Bitki köklerinin sıkıca sarılması sonucu örülen yapı üzerinde toprak oluşumu ile beraber suyun kaldırma kuvveti etkisi ile yüzer hale gelen kara/toprak parçası kütleleri olarak tanımlanmaktadır [4]. Bu bakımından yüzer ada kavramı tanımı ile yüzer tarım arasında da benzer bir yaklaşımın olduğu ortadadır. Çünkü, Yüzer Tarım “Floating Agriculture”, çoğunlukla nehirler ve taşkın yataklarının bulunduğu Bangladeş’te muson ayları da dahil olmak üzere fide ve sebze yetiştirmek için bitki materyalinden yapılan yüzer tarım arazilerini kastetmektedir [17]. Su yüzeyinde kendi kendine yenilenen bu yüzer tarım arazileri ise Bangladeş’in bazı bölgelerinde yaşayan çiftçiler için geçim kaynağı oluşturmaktadır. Yüzer tarım olarak bilinen bu teknik ile ekin ve sebzelerini yerel olarak mevcut malzemelerden (su sümbülü ve diğer yabancı otlar gibi) yapılan topraksız yüzer platformlarda (yataklarda) yetiştirmektedirler [18]. Bangladeş’te uygulanan bu tarım uygulamasının yüzer adalar tanımı ve hidroponik tarım uygulamaları ile benzerlikleri bulunmaktadır.

Hidroponik tanımı, besin çözeltisi içerisinde desteksiz olarak bitki yetiştiriciliği veya besin çözeltisi kullanarak katı ortamda bitki yetiştirme anlamında kullanılmaktadır [19]. Mala vd., (2019)'nın çalışmasına göre 5 uygulama tekniği bulunmaktadır [20]:

- Fitol Sistemi: Basit ve hareketli bir parçası bulunmayan sistemde bitkinin altına sarılı olan kauçuk kumaş malzemenin, besin çözeltisini yetiştirme ortamına doğru çekmesi ve bitki köklerinin sürekli nemli kalmasıyla uygulanmaktadır.
- Damla Sistemi: Bu sistem besin çözeltisinin bitki kök bölgesine yavaş damlalar halinde verilerek kök yapısının sürekli nemli kalması ile sağlanmakta ve fazla besin maddesinin ise rezervuarda toplanarak tekrar döngüye dahil edilmesiyle çalışmaktadır.
- EBB Akış Sistemi: Bitkilerin geçici olarak besin maddesi ile sulanması daha sonra besin maddesinin rezervuara geri pompalanmasıyla gerçekleşmekte ve bitki kökleri bu döngü ile hem suya doymun hem de kuru ortam koşulları yaşamaktadır.
- Derin Su Kültürü: Bitkilere maksimum besin kaynağı sağlayan yöntem, bitki köklerinin oksijenli besin çözeltisinde yetiştirilmesi ile uygulanmaktadır.
- Besleyici Film Tekniği: Bitki besin maddesinin sadece bitki kök uçlarına degecek şekilde verilmesiyle gerçekleşmektedir [20].

Çeşitli uygulama şekillerinin bulunduğu hidroponik üretim bu sayede, yüzer tarım alanları içinde geliştirilebilir hale gelmektedir. Ancak geleneksel yüzer tarım uygulamalarında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır [18]:

- Sık gelgit etkisinin yaşandığı kıyı alanlarında yüzer yatağın fiziksel yapısının güçlü dalgalarda zarar görebileceği ve tohum veya fidelerin bu durumdan etkilenebileceği düşünülmelidir.
- Şiddetli yağışlar da yatakta aşırı su tutunmasına neden olarak bitkilerin çürümmesine neden olabilmektedir.
- Yüzer yatakta drenaj sisteminin bulunmamasından dolayı durgun su etkisi de bitkilere zarar verebilmektedir [18].

3. YÜZER TARIM UYGULAMALARINDA KULLANILAN TOPRAK MALZEMESİ VE BİTKİ YETİŞTİRİCİLİĞİ

Yüzer tarım uygulamalarında toprak malzemesi seçilirken hammadde bakımından fazla bulunan yerel malzemeler ve kültürel farklılıklar etkili olmaktadır. Örneğin Bangladeş'te yüzer tarım yatakları inşa edilirken çoğu bölgede rastlanan su sümbülü (*Eichhornia crassipes*) yüzer platformun yapımında ana bileşen olarak kullanılmaktadır. Su sümbülü ile beraber sucul yabancı otlar, çeltik samanı ve Hindistan cevizi lifi de tek başına ya da kombinasyon halinde de kullanılan malzemelerdir [18]. Bu tarım yataklarından elde edilen ve bölgenin geçimini sağlayan ürünler ise Muson ve Kış Bitkileri olarak gruplandırılmaktadır. Muson bitkileri arasında; salatalık, çeşitli kabak türleri, bamya, patlıcan, Hint ıspanağı, zerdeçal, kış bitkileri arasında; domates, patates, soğan, sarımsak, fasulye, karnabahar, lahana, turp, havuç, zencefil gibi ürünler yer almaktadır [21]. Bu ürünlerin seçimi ise kişisel tercihle beraber yerel koşullara ve tohum-fide mevcudiyetine bağlıdır [18].

Çin ve Hindistan gibi tropikal iklimin yaşandığı ülkelerde, tatlı su bataklıkları ile göletlerde bulunan su ıspanağı (*Ipomoea aquatica* Forsskal) ise yüzer çamur yataklarında yaygın olarak rastlanan yenilebilir bir otsu asma türüdür.

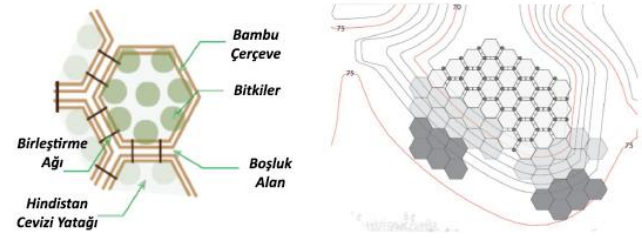
Bu bitki Zhang vd. (2014)'nin çalışmasında drenaj akış miktarını sağlaması ve yüksek hidrolik yükleme oranı nedeniyle ekolojik tarım bölgesinde su kalitesini iyileştirmek için pilot ölçekli deney ürünü olarak seçilmiştir [22]. Uygulamada yüzer yatak inşa edilirken kullanılan malzeme bambudur. Bambu salın uzunluğu 3-3.5 m ve genişliği 1-1.2 m'dir. Küçük 32-40 mm ölçülerinde PVC tüpün 20 cm aralıklarla bambu sal üzerine, bitki köklerinin suya doğru uzayabileceği deliklerden ipele asılarak yüzer yatak dikim alanı oluşturulmuştur. Daha sonra bu tüplere su ıspanağı bitkisi dikilerek nehirdeki kirlilikte önemli ölçüde iyileşme elde edilmiştir [22].

Kara bitkileri kullanılarak su yüzeylerinde de ürün yetiştiriciliğinin verimli ve sürdürülebilir faydalar sağlayacağını düşünen Radulovich (2015) çalışmasında fasulye, mısır ve pirinci su üzerinde saksılarda yetiştirmiştir. Saksı dikim alanlarının bulunduğu yatak, kafese benzer şekilde ahşap veya bambu direklerin birbiri ile sabitlenmesinden oluşmaktadır [23]. 10 cm suya batırılmış ve birkaç delik açılmış ağzı kapalı şişeler içerisinde toprağın havalandırmasını sağlamak için kumla karıştırılmış toprak kullanılmıştır. Üründe önemli bir verim elde edilmesi sonucunda ise iklim değişikliğinden dolayı tarım alanlarının bozulması ve artan nüfus talebine karşı tatlı su ve geniş göl yüzeylerinde yüzer tarımın sürdürülebilirliğine vurgu yapılmaktadır [23].

Kuzey Amerika'nın birçok bölgesinde taşıyıcı ve perlit kullanılarak sera sebzelerinin üretiminin yapılabildiğinden bahseden Hochmuth ve Hochmuth (2019), bu malzemeler ile oluşturulan bitki yataklarında, suyun yüksek derecede kılcal hareket sağlayabildiğini ve hava boşluğu

oluşturabildiğini belirtmektedir [24].

Bütünoğlu (2019)'da yüzer ada sistemleri çalışmasında, polistiren köpük, PVC boru, strafor, plastik ağ veya geri dönüşümlü malzemeler kullanılarak kurulan yüzer sulak alan sistemlerinde bitki yetiştiriciliği yapılabileceğini belirtmektedir [4]. Bu tarım yataklarında toprak, hindistan cevizi lifi, pomza, perlit, bambu kömürü, kum, pirinç samanı ve kompost gibi malzemelerin kullanılabileceğini anlatmaktadır. Ayrıca modüler uygulamalar ile bu bitki yataklarının birbirine eklenerek geniş yüzeylerde dikim yapma veya yer değiştirme avantajlarına da sahip olduğunu söylemektedir (Şekil 2) [4].



Şekil 2. Modüler bitki dikim tarım yatakları [4]

Muhammad ve Romel (2019) çalışmasında beş farklı model kurarak akıllı yüzer bahçe sistemi geliştirmiştir [15]. Yerel fizibiliteye uygun olarak tasarlanan bu yüzer bahçe sistemlerinde ilk üç modelde pet şişe, bambu ve mantar örtüsü yüksek oranda bulunmaktadır. Diğer iki modelde ise normal inşaat malzemeleri kullanılmaktadır. Bitki verimliliğini tespit etmek için kullanılan ürünler ise ıspanak ve biberdir. Çalışma sonucunda inşaat malzemelerinin kullanıldığı modelin daha dayanıklı olduğu, yük taşıma kapasitesinin daha fazla olduğu ve daha fazla ürün elde edildiği sonucuna ulaşılmaktadır [15].

Yapılan çalışmalar ile yerel ürünler kullanılarak su yüzeyinde veya karada hidroponik üretimin mümkün olduğu anlaşılmaktadır.

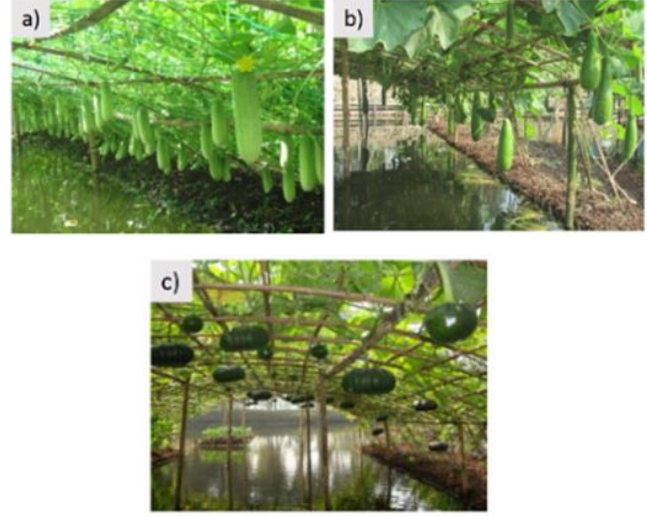
4. YÜZER TARIM UYGULAMA ALANLARI

Dünyanın en büyük nehir deltasında yer alan ve iklim değişikliği etkilerinin en fazla yaşandığı Bangladeş'te, muson mevsimi zamanında ülke yüzölçümünün % 75'i sular altında kalmaktadır [25]. Ancak Bangladeş insanının geliştirdiği geleneksel tarım yöntemi sayesinde yaşanan sel basını gibi sorunlara adapte olunarak sürdürülebilir tarımsal faaliyetler devam etmektedir. Bangladeş halkının geliştirdiği bu ekim yönteminden ise farklı birçok çalışmada bahsedilmektedir.

Yoğun ve değişken Muson yağmurlarından dolayı Bangladeş'te yaklaşık 300 yıldır yüzer tarım uygulamaları devam etmektedir [25]. Burada tarımsal faaliyetlerle geçimini sağlayan yöre insanı, gıda üretiminin güvenliği için Bangladeş hükümeti tarafından destek almaktadır. Bangladeş'in Gopalganj, Pirojpur ve Barisal bölgeleri bu sayede geleneksel olarak tarıma devam etmektedir. Bangladeş Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BARI, 2017) tarafından açıklanan ve batık ekosistemler için yerel bir yenilikçi mahsul üretim teknolojisi olan bu yüzer tarım uygulaması Vasoman/Dhap olarak bilinmektedir [26]. Dhap sal yapısı Haziran-Eylül arası yaşan muson mevsiminde inşa edilerek içlerine fide topları ekilmeden bir süre önce çürümeye bırakılmaktadır [25].

Yüzer yataklar inşa edilirken genellikle su sümbülü, su mercimeği, çeltik samanı veya pirinç hasadı sonrası kalan anız gibi birkaç kompakt bitki kullanılmaktadır [27]. Bangladeş insanının geliştirdiği bu geleneksel yüzer yataklar, yeterince geniş olmadığı için (1m-1.3m) kabakgiller veya farklı sarmaşık türü sebze yetiştiriciliği için uygun değildir.

Ancak FTB sistemi ile alternatif yüzer yatak ve kafeslerde bu ürünlerin üretimi mümkün hale gelmektedir [26] (Şekil 3). Yüzer yatakta ise patates, lahana, karnabahar, brokoli, havuç, karpuz [26] ve pirinç, buğday, zerdeçal, çilek ekimi yapılmaktadır [28].



Şekil 3. Kafes altında yetiştirilen salatalık (a), su kabağı (b), balkabağı(c) [26]

Dünya nüfusunun hızla artması ile tarım arazilerinin azalması veya iklim değişikliğiyle beraber 2050 yılına kadar 22 milyon km² ekilebilir arazinin olumsuz etkilenecek olması gıda temini güvenliğini de gündeme taşımaktadır. Bu nedenle su yüzeylerinin fırsat oluşturabileceğini düşünen Wageningen Üniversitesi Araştırma Merkezi ile Stichting Drijvende Eilanden vakfı tarafından polistirenden (EPS - airpop) yapılan iki küçük ölçekli test adası tasarlanmıştır [29] (Şekil 4).



Şekil 4. Yüzer platform tasarımı [29]

Rotterdam Merwehaven limanında bulunan yüzer çiftlik ise; tüketici ile yakın gıda üretimi sağlamak için sebze üretimi ve inek yetiştiriciliği alanlarına sahiptir [30]. Bu yüzer çiftlikte sürdürülebilirliği sağlamak için inekler ve bitkiler döngüsel sürece dahil edilmiştir. İneklerin atıkları bitki yetiştiriciliğinde gübre olarak kullanılırken çimlerde otlaya hayvanlardan 750lt süt üretimi sağlanmaktadır [30].

Floransa Üniversitesi Profesörü Stefano Mancuso ile İtalya'da bir tasarım ofisinin birlikte tasarladığı Jellyfish Barge yüzer sera, tarım arazinin çok az bulunduğu bölgelerde gıda güvenliğini artırmak amacıyla inşa edilmiştir. Yüzen sera, 70 m²'lik ahşap tabanın 96 adet geri dönüştürülmüş plastik bidon ile yüzdürülmesi ve cam sera ile kapatılmasıyla kurulmuştur. Ayrıca yüzer sera, şebekeden bağımsız olarak çalışmakta ve yerleşik güneş damıtma sistemi sayesinde kendi temiz su kaynağını elde etmektedir. Bu güneş damıtma sistemi ise nehir suyu, tuzlu su veya kirli suyu damıtarak kullanılabilir hale getirmektedir. Bu sayede Jellyfish Barge, hidroponik sisteme kıyasla % 70'e kadar su tasarrufu sağlayan bir hidrofönik sisteme sahiptir (Şekil 5) [31].



Şekil 5. Jellyfish Barge yüzer sera [31]

Gıda güvenliği açısından yüzer sera uygulamalarının, su döngüsü sağlaması ve yenilenebilir enerji kullanımları ile entegre edilebilmesi ise, geleceğin açık deniz

kullanımları, yüzer şehir projeleri için daha uygun ekim yöntemini oluşturmaktadır. Bakker vd. (2004)'da çalışmasında yüzer sera avantajlarından bahsederek, farklı alan kullanımıyla geliştirilerek açık denizlere uygun halde tasarlanabilen yüzer sera sistemlerinin çevre dostu ve sürdürülebilir fırsatlar sunduğunu anlatmaktadır [32]. Modern yöntemlerle geliştirilen yüzer çiftlik sistemleri de bu doğrultuda hem tarımsal hem hayvansal üretim açısından geliştirilen örneklerdendir.

Singh (2016)'de çalışmasında zemin ve iki kattan oluşan balık çiftliği ve tarımsal üretimin aynı anda yapılabildiği tasarımından bahsetmektedir [33]. Zemin seviyesinde; açık deniz balıkçılığı, kullukhane ve depo odası, Birinci katta; sera ve hidroponik sistem, İkinci katta; yağmur suyu toplayıcıları, fotovoltaik panel, güneş açıklığı, küçük rüzgar türbini ve dalga enerjisi dönüştürücü sistemi tasarlamıştır. Geleneksel arazi ekim yöntemine kıyasla yüzer ekimin daha verimli olduğunu vurgulayan Singh (2016), yüzer çiftlik sistemi sayesinde elde edilebilecek avantajları da anlatmaktadır [33].

Barselona merkezli bir şirketin tasarladığı akıllı yüzer çiftlik projesi de tarımsal ve hayvansal üretimin birlikte tasarlandığı örnekler arasındadır (Şekil 6) (Prototype Engin eer, 2015).



Şekil 6. Akıllı yüzer çiftlik [34]

Bu akıllı yüzer çiftlikte dış çevrede dalga kıran yapıları, alt seviyede balık çiftlikleri, su erişim noktaları, depolama, mezbaha, tuzlu suyu tatlı suya

dönüştürme ve paketleme tesisi bulunmaktadır.

Üst katta, otomatik hidroponik ve mahsul ekimi için mikro iklim kontrolü olan bir sera tasarlanmıştır. Çatı katında ise, bitkilere doğal ışık sağlamak için fotovoltaik enerji santrali aynı zamanda çatı penceresi olarak düşünülmüştür (Şekil 7) [35].



Şekil 7. Akıllı yüzer çiftlik tasarımı [35]

Alt seviyede bulunan balık çiftliği, toplam 10.800 m3 hacme sahip ve çeşitli balast suyu tanklarının bulunduğu 3 m yüksekliğindeki dubanın tamamen su altında kalan bölümünü oluşturmaktadır. Hydoponik üretimin yapıldığı 1. Seviyede; yetiştirme ortamından dolayı düşük elektrik talebi olan mantar üretimi ve 2. Seviyede; yumurta üreten kümes hayvanları için entegre kapalı kafes yumurta üretim tesisi tasarlanmıştır. 3. Seviyede; yapraklı yeşil (marul gibi) hidroponik üretim için dikey tarım modeli geliştirilmiştir. 4. Seviyede; yapay ışıklar ve kafes telleri olan geleneksel bir kapalı yüksek tel sistemi asma ve domates gibi ürünlerin yetiştirilmesi ve 5. Seviye; şeffaf bir çatı ile sera olarak daha fazla güneş ışığı isteyen ürünlerin yetiştirilmesi için tasarlanmıştır [36].

Çalışmalara bakıldığında özellikle tatlı ve durgun su alanlarında geleneksel yöntem ile inşa edilen yüzer tarım yataklarının kıyıya yakın yerleşim yerlerinde daha uygun kullanıma sahip olduğu görülmektedir.

Ancak dalga hareketliliğinin bulunduğu nehir yataklarında veya tuzlu su alanlarında ise sera tipi kapalı ve su yüzeyinden yüksek tarım tekniği (hidroponik) daha verimli hale gelmektedir. Açık deniz yüzer tarım uygulamalarında ise kapalı ve farklı fonksiyonlarında (tarımsal ve hayvansal üretim) dahil edildiği üretim çiftlikleri daha opsiyonel çözümler sağlamaktadır.

5. Yüzer Tarım Uygulamalarının Avantaj ve Dezavantajları

Geleneksel ve modern yöntemlerle yapılan yüzer tarım sistemlerinin bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (Tablo 1), (Tablo 2), (Tablo 3), (Tablo 4).

Tablo 1. Geleneksel yüzer tarım uygulamalarında avantajlar

Avantajlar

Geleneksel

- Tarımsal faaliyetler için arazi kıtlığı yaşanan yerleşim yerlerinde sürdürülebilir üretimi mümkün kılmaktadır [21],
- Nadasa bırakılan sulak alanlar ekilebilir hale getirilerek toplam ekilebilir arazi miktarında artış sağlamaktadır [21-33],
- Sel nedeniyle yaşanan arazi kayıpları engellenmektedir [21],
- Ekimden sonra üretilen biyokütle, tarlada organik gübre olarak kullanılabilir [21-33],
- Karasal tarım tekniklerine göre 10 kat daha verimli olmasıyla ilave gübre ihtiyacı oluşmamaktadır [20],
- Bir dönem ömrünü tamamlayan yüzer tarım yatakları gelecek dönemlerde gübre olarak kullanılabilir [20],
- Sulak alanlarda yaşanan buharlaşmanın önüne geçilmektedir,
- Bataklıklar iyileştirildiği için sivrisinek üremesi engellenmektedir [21-33],
- Kara yetiştiriciliğinde karşılaşılan toprak hastalıkları riski azalmaktadır [27],
- Çevre dostudur [21-33],
- Tarımsal üretimle geçinen toplumlar için yoksulluğun azaltılmasını sağlamaktadır [21],

Tablo 2. Geleneksel yüzer tarım uygulamalarında dezavantajlar

Dezavantajlar

Geleneksel	<ul style="list-style-type: none">➤ Ülkemizde yeterince geleneksel ve modern yüzer tarım yöntemine yönelik çalışmalar bulunmamaktadır,➤ Durgun su, göl, gölet, kanallar için uygundur [27] bu nedenle yüzer tarım için uygulanabilir alan kısıtlayıcılığı meydana getirmektedir,➤ Dalgalar geleneksel yüzer tarım yataklarını tahrip etmektedir [21],➤ Böcek ve kemirgen istilası ile ördek ve diğer hayvanlar tarafından yüzer tarım yatakları tahrip edilmektedir [21],➤ Ülkemizde yerel yöneticiler ve sektörler tarafından desteklenmemektedir,➤ Kamu projelerinin yaygın olamaması ve kamu bilgilendirmelerinin yapılmaması farkındalığı azaltmaktadır.
-------------------	---

Tablo 3. Modern yüzer tarım uygulamalarında avantajlar

Avantajlar

Modern	<ul style="list-style-type: none">➤ Yüzer şehir ve yerleşim yeri projeleri için gerekli üretim alanları açık denizlerde de sağlanabilecektir,➤ Akıllı yüzer çiftlik tasarımlarıyla tarımsal ve hayvansal üretim birlikte yapılabilecektir [20],➤ Akıllı yüzer çiftlik kendi içerisinde döngüsel üretim yöntemini benimsediği için ek gübre temini gerektirmemektedir [33]➤ Akıllı yüzer çiftlik projelerinde yenilenebilir enerji sistemlerinin kolaylıkla uygulanabilmesi sayesinde yüzer çiftlik için ihtiyaç duyulan enerji karşılanabilmektedir,➤ Balık üretim tesisi ile kombinlenen yüzer çiftlikte hem mahsul hem de balık üretimi sağlanabilmektedir,➤ Modüler tasarımlar için uygundur [4],
---------------	---

Tablo 4. Modern yüzer tarım uygulamalarında dezavantajlar

Dezavantajlar

Modern	<ul style="list-style-type: none">➤ Tesis kurulum masrafı çok yüksektir [34],➤ Multi-disipliner ve kapsamlı bir çalışma gerektirmektedir,➤ Sürdürülebilir ve kendi içerisinde döngüsel devamlılık hedeflerinin uzun vadede karşılanması planlanmalıdır.
---------------	---

SONUÇ

Küresel ısınma sonucunda yaşadığımız doğal afetler (ani yağış ile gerçekleşen seller, orman yangınları, kuraklık) ülkemizde verimli ve yeterli olan tarım arazilerinin azalmasına neden olmaktadır. Dünya genelinde ise suların yükselmesine bağlı olarak kıyı ülkelerinde ekilebilir tarım arazileri azalmaktadır. Bundan dolayı küresel bir sorun haline gelecek olan gıda üretimine çözüm olarak geleneksel ve modern yüzer tarım teknikleri geliştirilmektedir.

Yüzer tarım ile ilgili örnekler incelendiğinde, gelişmekte olan ülkelerde yüzer tarımın yerel ürünler ile oluşturulan yüzer yataklarda yapıldığı, gelişmiş ülkelerde ise sera veya akıllı yüzer çiftlik olarak adlandırılan kendi döngüsel sistemine sahip mekanlarda gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu nedenle aslında yüzer tarımı, uygulama alanına göre; açık ve kapalı olarak sınıflandırmak mümkündür.

Açık mekan yüzer tarım; Yerel veya inşaat malzemeleri kullanılarak oluşturulan yataklarda, hafif toprak karışımının serilmesi ile üretimin yapıldığı ve dış tehditlerin (böcek istilası, haşere oluşumu, balıkçık kuşların ve ördeklerin gelmesi) etkisinin daha fazla görüldüğü tarımsal ekim yöntemidir. Bu yöntemi ülkemiz için durgun su varlığının bulunduğu tatlı su ve kanallarda kullanmak mümkündür.

Kapalı mekan yüzer tarım; Üretim miktarı ve kullanıcı yoğunluğunda ki amaca uygun olarak belirlenen büyüklükteki kapalı mekanlarda hidroponik veya topraklı tarımın yapılmasıdır. Ülkemiz kıyılarında bu yöntemin, dalga kıran yapılarıyla oluşturulacak korunaklı bölgelerde geliştirilmesi mümkündür. Aynı zamanda modüler tasarım ile su yüzeyi alan kullanımı optimum şekilde sağlanarak, güneş, rüzgar, dalga enerjisinin bu yapılara entegrasyonu ve yağmur suyunun toplanması

veya tuzlu suyun damıtılması ile kıyıda temin edilecek ihtiyaçlar giderilecektir.

Bu nedenle Dünyada farklı sebeplerle ihtiyaç haline gelecek olan yüzer tarım ile ilgili çalışmaların arttırılması ve ülkemiz ihtiyaçlarına yönelik projelerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma ile de literatüre katkı sağlayacak açık ve kapalı kullanıma yönelik yüzer tarım uygulama teknikleri incelenmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Çevre Online, (2019). "Küresel Isınma" Erişim Adresi: <https://cevreonline.com/kuresel-isinma/>. Son Erişim Tarihi: 28.06.2022

[2] NASA-Global Climate Change, (2019). "Overview: Weather, Global Warming and Climate Change" Erişim Adresi: <https://climate.nasa.gov/resources/global-warming-vs-climate-change/>. Son Erişim Tarihi: 28.06.2022

[3] IPCC-The Intergovernmental Panel on Climate Change, (2007). "Impacts, Adaptation and Vulnerability" Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanso (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976.

[4] Bütünoğlu, A., (2019). "Su Kaynaklarında Yüzer Sulak Alan Ve Sucul Bitkiler İle Nutrient Giderimi". T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Slayt. Erişim Adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Su%20Kalitesi%20H%C4%B0E%20Haber%202019/Su%20Kaynaklar%C4%B1nda%20Y%C3%BCzer%20Sulak%20Alan%20ve%20Sucul%20Bitkiler%20C4%B0le%20N%C3%BCtrient%20Giderimi.pdf> Son Erişim Tarihi: 26.05.2022

[5] Oo, M. T., Aung, Z. W., Puzzo, C., (2022). "The floating garden agricultural system of the Inle lake (Myanmar) as an example of equilibrium between food production and biodiversity maintenance", Biodiversity and Conservation, 18. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02347-9>

[6] Onofre, S. A., (2005). "The floating gardens in México Xochimilco, world heritage risk site", City Time, 1(5).

[7] Keskinen, M., (2006). "The Lake with floating villages: socio-economic analysis of the Tonle Sap Lake", International Journal of Water Resources Development, 22(3), 463-480.

[8] Irfanullah, H. M., Azad, M. A. K., Kamruzzaman, M., Wahed, M. A., (2011). "Floating gardening in Bangladesh: A means to rebuild lives after devastating flood", Indian Journal of Traditional Knowledge, 10(1), 31-38.

[9] Bala, H., Ghosh, A. K., Kazal, M. M. H., Rahman, M. S., Sultana, M., Sujan, M. H. K., (2020). "Floating gardening in Bangladesh: a sustainable income generating activity in wetland areas", International Journal of Agricultural Research Innovation and Technology, 10(1), 87-93.

[10] Burma Travel, (2022). "Şekil 1" Erişim Adresi: <https://burmatravel.com/the-beautiful-and-interesting-inle-lake-myanmar/> Son Erişim Tarihi: 20.05.2022

[11] IPCC, (2007). "Climate Change 2007: Synthesis Report" Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104

[12] Knittel, S., (2022). "Floating Food Farm, Produce Healthy Food For All, Create Work", Climate Action Challenge, Erişim Adresi: <https://challenge.whatdesigncando.com/projects/produce-healthy-food-on-water-reduce-emissions-of-food-production-create-new-spaces-and-experiences-floating-food-farm/> Son Erişim Tarihi: 26.05.2022

[13] Singh, G., (2021). "Floating Farms Boost Flood Resilience on River Island in Assam" Preventionweb, Erişim Adresi: <https://www.preventionweb.net/news/floating-farms-boost-flood-resilience-river-island-assam#:~:text=%E2%80%9CThe%20method%20encourages%20no%20tillage,and%20do%20not%20need%20pesticides.> Son Erişim Tarihi: 28.06.2022

[14] Fry, S., (2018). "The world's first floating farm making waves in Rotterdam", 16 August 2018. [Online]. Erişim Adresi: <https://www.bbc.com/news/business-45130010> Son Erişim Tarihi: 26.05.2022

- [15] Muhammad, R. A., Romel, A., (2019). "Devising a smart floating garden for the haor areas of Sylhet Region in Bangladesh", International Seminar on Disaster Management and Community Resilience Using technological Interventions, University of Dhaka, 19.
- [16] Chang, Y. H., Zhuang, T. J., Chuang, T. F., Wu, B. Y., Lu, H. L., Chen, P. Y., (2017). "Using Green Water Farm to Improve Ecological Restoration", Sustainability, 9(10), 1896.
- [17] Nature-based Solutions (NBS), 2022. "Bangladesh", Erişim Adresi: https://www.nbsbangladesh.info/case_study/float-ing-gardens/#:~:text=Floating%20agriculture%20is%20a%20traditional,grow%20vegetables%20in%20monsoon%20months Son Erişim Tarihi: 26.05.2022
- [18] Chowdhury, R. B., Moore, G. A., (2017). "Floating agriculture: a potential cleaner production technique for climate change adaptation and sustainable community development in Bangladesh", Journal of Cleaner Production, 150, 371-389.
- [19] Megep, 2008. "T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), Bahçecilik, Hidroponik Sistemler", Ankara.
- [20] Mala Govda, B. M., Shreyas, K. S., Nandini, S., (2019). "Smart Floating Farming:-The Future is Here", International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (www.jetir.org), ISSN:2349-5162, 6(6), 970-976, June-2019, <http://www.jetir.org/papers/JETIR1906434.pdf>
- [21] Saha, S. K., (2010). "Soilless cultivation for landless people: An alternative livelihood practice through indigenous hydroponic agriculture in flood-prone Bangladesh", Ritsumeikan Asia Pacific University, Beppu, Japan.
- [22] Zhang, Q., Achal, V., Xu, Y., Xiang, W. N., (2014). "Aquaculture wastewater quality improvement by water spinach (Ipomoea aquatica Forsskal) floating bed and ecological benefit assessment in ecological agriculture district", Aquacultural Engineering, 60, 48-55. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.04.002>
- [23] Radulovich, R., Umanzor, S., Mata, R., Elizondo, D., (2015). "AQUATIC AGRICULTURE: Cultivating Floating Crops on Lakes", World Aquaculture, 63.
- [24] Hochmuth, G., Hochmuth, R., (2019). "Design Suggestions and Greenhouse Management for Vegetable Production in Perlite and Rockwool Media in Florida", IFAS Extension Universty of Florida, Erişim Adresi: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/CV195> Son Erişim Tarihi: 25.05.2022
- [25] Sales, J., (2019). "These farmers in Bangladesh are floating their crops to adapt to climate change", Global Center on Adaptation, Erişim Adresi: <https://gca.org/these-farmers-in-bangladesh-are-floating-their-crops-to-adapt-to-climate-change/> Son Erişim Tarihi: 23.05.2022
- [26] Bangladeş Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BARI), (2017). "Yüzer Tarım Örnekleri", Erişim Adresi: <https://teca.apps.fao.org/teca/pt/technologies/8868> Son Erişim Tarihi: 20.05.2022
- [27] Sunder, K., (2020). "In the lowlands of Bangladesh, people are turning to a centuries-old form of hydroponics to keep afloat", BBC Future Planet, Erişim Adresi: <https://www.bbc.com/future/article/20200910-the-remarkable-floating-gardens-of-bangladesh> Son Erişim Tarihi: 22.05.2022
- [28] Hossain, M.S., (2017). "Floating farms and food security", NEXTBLUE, Erişim Adresi: <https://next.blue/articles/floating-farms-and-food-security> Son Erişim Tarihi: 23.05.2022
- [29] Wageningen Universty Research, (2017). "Can food be produced on floating islands?", Erişim Adresi: <https://www.wur.nl/en/news-wur/Show/Can-food-be-produced-on-floating-islands.htm> Son Erişim Tarihi: 24.05.2022
- [30] SATAKSIG, (2020). "Floating farms", Erişim Adresi: <https://earthbuddies.net/floating-farm/> Son Erişim Tarihi: 25.05.2022
- [31] Interesting Engineering, (2014). "The Jellyfish Barge floating greenhouse grows enough for two families" Erişim Adresi: <https://interestingengineering.com/the-jellyfish-barge-floating-greenhouse-grows-enough-for-two-families> Son Erişim Tarihi: 25.05.2022

[32] Bakker, J. C., Boer, S. B., Meijer, J. P. R., Leppers, R. F. R., Ruiters, M. J., & Zevenbergen, C., (2004). "Floating greenhouses: an expert system for integral design", In International Conference on Sustainable Greenhouse Systems-Greensys, 691 (pp. 541-548).

[33] Singh, S. K., (2016). "Floating Farm - Innovative Approach For Agricultural Sustainability", GeoSmart India Conference, https://www.researchgate.net/publication/313315097_Floating_Farm_-_Innovative_Approach_For_Agriculture_Sustainability, Son Erişim Tarihi: 25.05.2022

[34] Prototype Engingeer, (2015). "Smart Floating Farms: 20,000 Leagues Of Fish, Food, And Solar Energy", Erişim Adresi: <http://www.prototypingengineer.com/smart-solar-floating-farm-combines-aquaculture-and-hydroponics/> Son Erişim Tarihi: 25.05.2022

[35] Smart Floating Farms, (2022). "Why, How, What" Erişim Adresi: <https://smartfloatingfarms.com/> Son Erişim Tarihi: 25.05.2022

[36] Asgarov, R., MacLaren, D., Hannan, M. A., & Khandelwal, P. (2021). A Sustainable, Integrated Multi-Level Floating Farm Concept: Singapore Perspective. DOI: 10.20944/preprints202011.0181.v1 (4 Kasım 2020).