

ZAVRŠNA RADIONICA PROJEKTA BEACHEX

Kako postići održivost gradnje i dohranjivanja plaža u Hrvatskoj?

PRIPREMILI:

Dalibor Carević, Tonko Bogovac

Radi jasnoga odgovora na pitanje kako postići održivost gradnje i dohranjivanja plaža u Hrvatskoj, u prostorijama Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu je 6. listopada 2022. održana završna radionica projekta Beachex pod naslovom "Održiva gradnja plaža – gradnja novih i povećanje kapaciteta postojećih plaža"

Završna radionica projekta Beachex

Na radionici je održano devet predavanja uglednih hrvatskih stručnjaka iz različitih područja koja se bave problemima plaža: građevinarstva, geologije, biologije, projektiranja i upravljanja plažama.

Treba istaknuti cijenjene goste radionice, prof. Suzanu Ilić zaposlenu na Sveučilištu Lancaster, koja je prikazala metode upravljanje plažama i općenito obalnim prostorom u Velikoj Britaniji, Petru Radić, načelnicu Općine Podgore, koja je prikazala iskustva upravljanja osjetljivim obalnim pojasom Općine Podgore, te Marka Sošića, koji je prikazao primjere arhitektonsko-krajobraznoga uređenja pojedinih plaža izvedenih u Istri.

U nastavku je dan pregled zaključaka radionice koji je ujedno rezime dosadašnjega rada na projektu.

Hrvatske plaže geološki su mlade tvorvine, starosti maksimalno 6500 godina, vremena tijekom kojeg je došlo do relativne stabilizacije razine svjetskoga

mora. Hrvatske su plaže veličinom zrna dominantno šljunčane, a manji je broj pješčanih, dok su po litološkome sastavu uglavnom karbonatne [1]. Materijal na plažama (žalo) postupno se prirodno troši i nestaje, dok se plaža istodobno obnavlja novim materijalom donesenim prirodnim ili umjetnim putem. Prirodni donos materijala na hrvatske plaže najčešći je paleotokovima i recentnim tokovima (slike 2.a i 2.b), ali postoje i one koje se sedimentnom opskrbljuju iz mora ili okolnih

stijena (slika 2.c). Ljudski čimbenik ima presudan utjecaj u nestajanju plaža zbog prekidanja prirodnoga donosa sedimenta (izgradnjom obalne infrastrukture i cesta, pregrađivanjem rijeka, urbanizacijom itd.) te ih je zbog toga neophodno umjetno dohranjivati. Određivanje optimalne količine, vrste i kvalitete materijala za dohranjivanje posao je znanstvenika i inženjera koji se temelji na praćenju (monitoringu) i inženjerskim proračunima.

U sklopu projekta provedena je anketa među zajednicama lokalne samouprave kako bi se utvrdile postojeće prakse i razmjeri dohranjivanja u Hrvatskoj. Prikupljeni su podaci o 1904 evidentirane plaže od kojih se redovito dohranjuje približno 350, najčešće svake ili svake druge godine [3, 4]. Prikupljenim podacima utvrđeno je to da se u Hrvatskoj



Slika 1. Predavači i dio sudionika radionice projekta Beachex



Slika 2. Primjeri plaža prema nastanku: a) plaža Dubna – otok Krk, b) plaža Duće – Omiš (Izvor: TZ Dugi Rat), c) plaža Sakarun – Dugi otok

Tablica 1. Usporedba prakse dohranjivanja u Hrvatskoj i zemljama EU-a i SAD-a

	Hrvatska	Francuska	Italija	Njemačka	Nizozemska	Španjolska	Danska	SAD
Prosječna godišnja količina dohranjivanja [$m^3/god.$]	56000	363636	405405	1041667	6020000	8461538	1291667	3130435
Dužina obale plaža koja se dohranjuje [km]	108	35	73	128	152	200	80	350
Ukupna dužina obale pod plažama - šljunak, pijesak, mulj [km]	619*	1960	3620	602	292	1760	500	61400
Prosječna godišnja količina dohranjivanja po m' plaže [m^3/m']	0,52	10,4	5,6	10	39,6	42,3	16	9

* Ukupna dužina hrvatske obale iznosi 6373 km.

plaže dohranjuju prosječnom količinom od $0,52 m^3/m'$, dok se u EU-u bilježe prosjeci od $5,6 m^3/m'$ u Italiji do $42,3 m^3/m'$ u Španjolskoj. Statistika s primjerima nekih zemalja iz EU-a i SAD-a prikazana je u tablici 1. Brojke skreću pozornost na relativno male količine dohranjenoga materijala u Hrvatskoj u odnosu na zemlje EU-a, što se objašnjava velikom razvedenošću obale te brojnošću otoka koji štite obalu od erozivnoga djelovanja valova. Iako brojke upućuju na relativno male količine dohranjenoga materijala u Hrvatskoj, treba imati na umu to da je hrvatsko obalno podmorje specifičan i vrlo osjetljiv ekosustav nenaviknut na povećan unos sedimenta i količine riječnih nanosa kakve se bilježe u deltam velikih europskih rijeka i općenito u obalnome prostoru ostatka EU-a. Sve zemlje iz tablice 1. imaju uglavnom pješčane do muljevite plaže s velikim obujmom prirodno transportiranoga materijala te je ekosustav tih zemalja prilagođen takvim uvjetima. U Hrvatskoj, gdje prevladava stjenovita krška obala bez znatnije razvijene riječne mreže, povećani opseg transporta materijala koji se može inicirati ljudskim putem (dohranjivanjem) nije adekvatan za postojeći ekosustav.

Kroz izradu geoloških pregleda nekoliko karakterističnih plaža uočeno je to da se na nekim lokacijama dohranjivanje zlorabi radi povećanja plažnoga prostora bez provedbe postupka procjene utjecaja na okoliš i ishođenja građevinske dozvole. Takvi primjeri ugrožavaju prirodne i društvene vrijednosti pomorskoga dobra, zbog čega je količinu dohranjivanja potrebno ograničiti kroz zakonske akte.

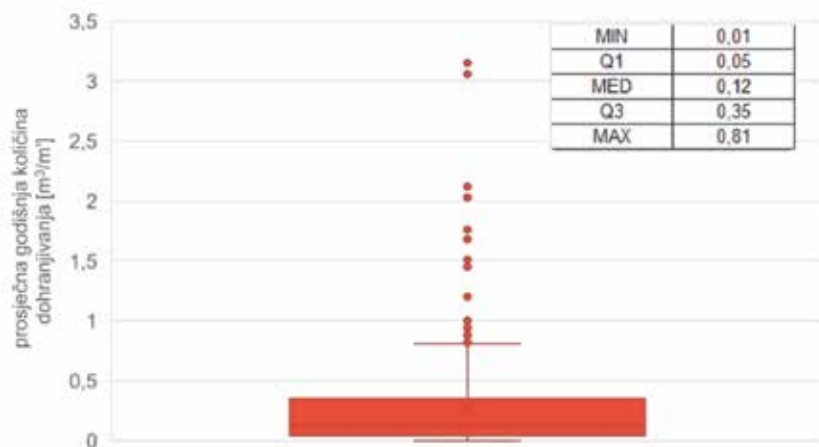
Prikazan je primjer plaže Mala Raduča u Primoštenu koja je izgrađena 2011. tako da je obavljeno mehaničko drobljenje prirodne obalne stijene te je dobiveni materijal iskorišten kao žalo. U prirodnome stanju na toj lokaciji djeluju valovi iz smjera jugozapada koji uzrokuju dužobalni transport žala te guraju materijal u smjeru istoka. U periodu od 2011. do 2020. uočen je pomak obalne linije (ispred hotela Zora) za dvadesetak metara prema moru, što pokazuje znatno nakupljanje materijala.

Zbog takvih primjera zlorabe dohranjivanja u nastavku je dana procjena prihvatljive količine dohranjivanja na bazi statističke analize prikupljenih podataka. Prikazan je *box-and-whisker* dijagram dohranjivanja svih plaža u Hrvatskoj. Iz statističke analize izbačeni su *outlieri* (crvene točke > $0,81 m^3/m'$) za koje se procjenjuje da pripadaju neregularnim mjerama dohranji-



Slika 3. Uočeno nagomilavanje materijala te pomicanje obalne linije zbog dužobalnoga transporta od djelovanja garbina na plaži Mala Raduča (Primošten)

vanja i u te plaže spadaju Raduča (Primošten), Stobreč-Kaval (Split), Ždrijac (Nin)*, Nikolina (Baška), Štikovica (Dubrovnik), Kraljičina plaža (Nin)*, Ruskamen (Omiš), Jadro (Vir), Stolarija (Bakar), Biskupljača



Slika 4. Prosječna godišnja količina dohranjivanja (m^3/m^2) svih dohranjivanih plaža u Hrvatskoj s izbačenim outlierima (crvene točke). * Plaže Ždrijac i Kraljičina plaža dohranjene su velikim količinama zbog velike poplave u gradu Ninu 2018.

(Vir), Porat (Pakoštane), Čavića vala (Korčula) i Slatine (Split). Te je postupke potrebno preispitati kroz detaljnije analize prakse dohranjivanja, praćenje i izradu studije valova te predvidjeti eventualnu rekonstrukciju plaže radi smanjenja količine dohranjenoga sedimenta. Također je određena prihvatljiva mjera dohranjivanja koja se procjenjuje kao gornji kvartil iz dijagrama na slici 3. s vrijednošću od $0,35 m^3/m^2$. Dakle, sve plaže koje se dohranjuju količinama manjima od navedene smatraju se regularnima, a one s većim količinama trebaju preispitati svoju praksu dohranjivanja te eventualno provesti stručne analize radi smanjenja količina ispod definirane granice od $0,35 m^3/m^2$. U tu skupinu spada otprilike 85 plaža od ukupno 355 na kojima se provodi dohranjivanje.

U sklopu projekta procijenjeno je to da u Hrvatskoj postoji oko 25 posto umjetnih plaža, a trend gradnje novih je tijekom pretpandemijskih godina dosegnoo broju od pet do deset novih plaža na godinu. Te brojke upućuju na rast novoizrađenih plaža i novo nasipanje obalne linije, što je trenutačno potpuno nekontroliran proces. Među ostalim uočene su velike razlike među županijama pa tako Splitško-dalmatinska županija ima udio od 67 posto umjetnih plaža, dok se ostale županije kreću u rasponu od 15 do 30 posto [4]. U smislu upravljanja obalnim prostorom potrebno je izraditi detaljni-

je planove povećanja plažnoga prostora uzimajući u obzir postojeću izgrađenost, i to ne samo plaža, nego cjelokupnoga pomorskog dobra za svaku županiju. Planovi povećanja trebaju uzeti u obzir projekcije povećanja broja turista, postojeće regionalne programe uređenja i upravljanja morskim plažama [6-12], geološke i geomorfološke karakteristike obale pojedinih županija, naseljenost, urbanističke planove te valnu klimu svake specifične regije unutar pojedinih županija. Upravljanje obalnim prostorom uključuje praćenje i prikupljanje podataka te dono-

- [Scotland to the River Tyne SMP1](#)
Northumberland and North Tyneside
- [The Tyne to Flamborough Head SMP2](#)
North East
- [Flamborough Head to Gibraltar Point SMP3](#)
North Norfolk
- [Gibraltar Point to Hunstanton SMP4](#)
The Wash
- [Hunstanton to Kelling Hard SMP5](#)
North Norfolk
- [Kelling Hard to Lowestoft SMP6](#)
Kelling to Lowestoft
- [Lowestoft to Felixstowe SMP7](#)
Lowestoft Ness to Felixstowe Landward
- [Essex and South Suffolk SMP8](#)
Landward Point to Two Tree Island
- [River Medway and Swale Estuary SMP9](#)
- [Isle of Grain to South Foreland SMP10](#)
- [South Foreland to Beachy Head SMP11](#)

Slika 5. Planovi upravljanja obalnim pojasom u UK-u

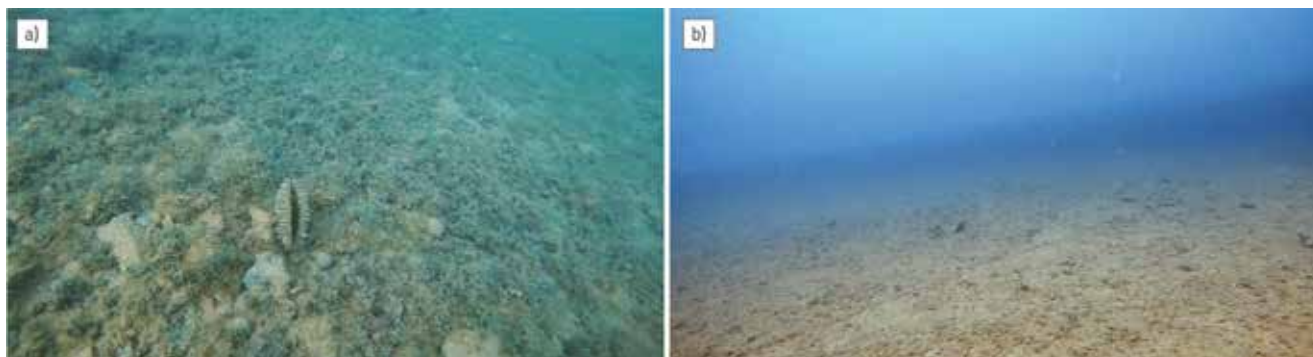
šenje i provođenje strategija s težištem na provođenju, što za sada zasigurno nedostaje u Republici Hrvatskoj.

Primjer cjelovitoga upravljanja plažama u Velikoj Britaniji temelji se na jasnoj hijerarhiji upravljanja koja se kreće od razine ministarstava (*Environment Agency – EA*) do lokalne razine (*Local Authorities – LA*). EA donosi strategije i planove upravljanja (*Shore Management Plans – SMP*) te prati njihovo provođenje tijekom vremena i provodi eventualne korekcije. EA izrađuje trogodišnje planove rada u suradnji s LA-om te dodjeljuje sredstva za provođenje na temelju prioriteta. SMP-ovi identificiraju održivi pristup za upravljanje rizikom od obalnih poplava i erozije tijekom kratkoga, srednjega i dugoročnoga razdoblja. Regionalna i lokalna tijela (LA) moraju uzimati u obzir SMP-ove prilikom formuliranja svojih razvojnih i urbanističkih planova. Treba istaknuti kvalitetno postavljen i proveden sustav praćenja koji uključuje mjerenje valova, videomonitoring plaža, geodetsko snimanje plaža i drugo.

U sklopu projekta organizirani su ronilački pregledi radi određivanja biološkoga stanja ispred pojedinih umjetnih plaža (Ploče, Srima, Žnjan, Raduča, Solaris, Osejava, Podgora i Brzet). Iz provedenih aktivnosti proizašli su zaključci o negativnim utjecajima dohranjivanja i gradnje plaža na bi-



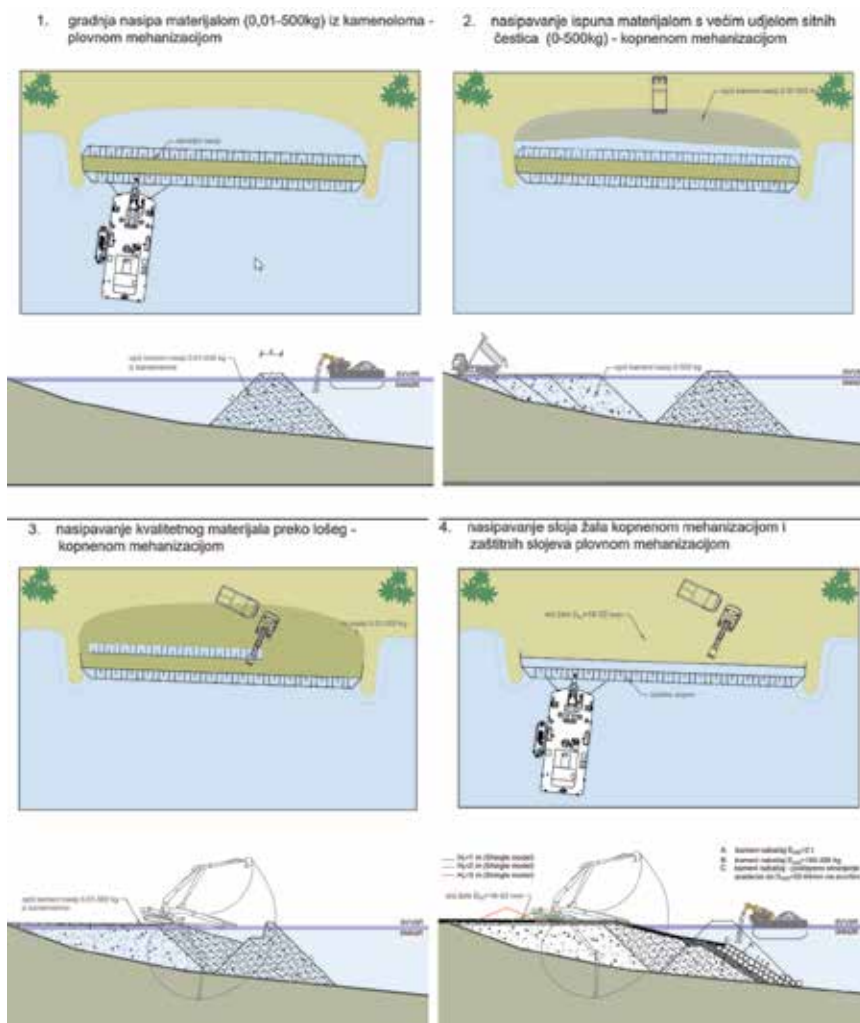
Izvor: Katie Eckford – NWNW Coastal Group



Slika 6. Izgled dna mora prije (a) i nakon (b) izgradnje plaže Grabrova (Jadranovo), pri čemu je korišten materijal s povećanim sadržajem zemlje i sitnih čestica

ološku raznolikost i ugrožene vrste (npr. perisku *Pinna nobilis* i oceanski porost *Posidonia oceanica*). Neispravan način dohranjivanja i gradnje, pri kojemu se koristi materijal s većim udjelom organskih čestica (npr. tlo), obogaćuje more hranjivim solima, što uzrokuje cvjetanje mora te hipoksiju i anoksiju, čime se izravno ugrožavaju biljne i životinjske zajednice. Također, prevelik udio sitnih čestica (< 0,063 mm) u količini većoj od pet posto uzrokuje zamučanje vodnoga stupca, prekrivanje velikih površina dna sedimentom te “gušenje” biljnih i životinjskih zajednica koje žive na dnu (slika 6.). Istaknuti su negativni primjeri uočeni na plažama Grabrova (Jadranovo) i Osejava (Makarska) te na plažama u Podgori [13].

Definirani su građevinski postupci gradnje plaža s mogućnošću korištenja materijala s većim udjelom zemlje ili sitnijih čestica (opći kameni nasip 0 – 500 kg na slici 7.). Takav je materijal obično višak iskopa u blizini plaže koji je preostao nakon gradnje hotela, cesta ili druge infrastrukture. Princip je temeljen na izgradnji zatvorenih čelija od čistoga materijala (0,01 – 500 kg) koji se nabavlja u kamenolomu i u pravilu je skuplji od nasipa 0 – 500kg. Na taj se način sprječavaju sedimentacija na širem području i ugroza biljnih i životinjskih zajednica. S obzirom na to da takva tehnologija ne nudi potpunu zaštitu od širenja suspendiranoga sedimenta u vodenome stupcu, potrebno je primjenjivati i druge mjere kao što je odabir dana prikladnih za gradnju bez vjetera, velikih valova i brzina morske struje. Također je gradnju potrebno



Slika 7. Tehnologija gradnje plaže s mogućnošću korištenja materijala s povećanom količinom zemlje i sitnijih čestica

pratiti uz pomoć bespilotne letjelice (tri puta na dan) radi detektiranja veličine mrlje suspendiranoga sedimenta te po potrebi privremeno obustaviti gradnju ili korekciju zaštitnoga nasipa.

Prezentirani su primjeri projekata plaža u Istri kod kojih je korišten cjelovit pristup oblikovanju prostora, pri kojemu se uzimaju u obzir različite potrebe – okolišne, društvene i gospodarske (slika 7.).



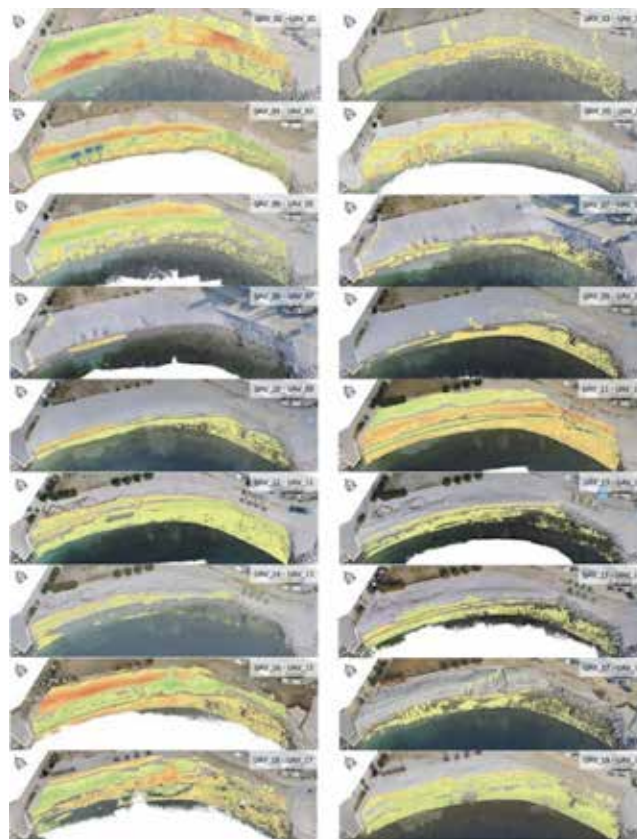
Slika 8. Primjeri krajobrazno-arhitektonskoga oblikovanja plaža u Istri: a) Hidrobaza – Pula, b) Val de Lesso – Rovinj, c) Canova – Umag (Studio Kappo d.o.o.)

S gledišta arhitektonskoga oblikovanja područje plaže dijeli se na primarnu plažu, sekundarnu plažu i zaštitne građevinske konstrukcije te uređenje dna mora. Svakome od tih dijelova potrebno je posvetiti posebnu pozornost i projektirati ga u skladu s pravilima struke. Standard uređenja plaže ponajprije ovisi o tipologiji plaže (uređena, poluuređena ili prirodna), potrebne kapacitetu plaže (bruto 7,6 – 12,5 m²/ležaljci) te razini opremljenosti (tuševi, kabine za presvlačenje, rampe za osobe smanjene pokretljivosti, ugostiteljski objekti, sanitarni objekti, uređaji za zbrinjavanje otpada, spasilačka platforma, sidrišta za jahte, molovi za vezanje čamaca, pedalina, kajaka i sl.). Plaže se oblikuju tako da tijekom cijele godine služe kao parkovi, dječja igrališta i mjesta okupljanja ljudi. Integralan pristup projektiranju plaža uključuje projektiranje pješačkoga te biciklističkoga pristupa plaži odnosno pristup automobilima i parkirališta. Istaknuta je važnost diversifikacije turista uzduž obale gradnjom pješačkih i biciklističkih staza, čime se manje opterećuje prostor osnovne plaže. Prezentirane su podloge neophodne za bolje razumijevanje prirodnih procesa na plažama, a time i za bolje upravljanje. U Hrvatskoj postoji kroničan problem nedostatka kontinuiranoga oceanografskog praćenja (mjerjenje valova, morskih struja, saliniteta itd.) koji je razvijen u ostalim EU-ovim zemljama. Da bi se razumjeli erozijski procesi, količina erodiranoga materijala te smjer kretanja žala na plaži, potrebno je raspolagati podlogama o vremenskim serijama valova, što je temeljna podloga za sve gradnje na pomorskomu dobru. U tu svrhu trenutačno se pribjegava raznim posrednim metodama kao što je korištenje empirijskih jednadžbi te numeričkih mo-



Slika 9. Metode rekonstrukcije vremenskih serija valova

dela, dok je sve više u upotrebi i strojno učenje (slika 9.). Dodatne podloge kojima se može poboljšati upravljanje plažama jesu monitoring bespilotnim letjelicama (dronovima) ili fiksnim videokamerama. Na slici 10. prikazani su rezultati monitorin- ga provedenoga u sklopu projekta na plaži Ploče (Rijeka). U sklopu projekta prvi put dokumentirani su procesi erozije na jednoj umjetnoj plaži u Hrvatskoj te je objavljen znanstveni članak u međunarodnome časopisu [13]. Time je provedena kalibracija metode fotogrametrije (SfM)



Slika 10. Praćenje plaže Ploče (Rijeka) pomoću bespilotne letjelice u periodu od siječnja 2020. do veljače 2021.

za primjenu na hrvatskim plažama, što omogućuje brzo i učinkovito detektiranje smjera i volumena transporta žala pomoću bespilotne letjelice. Fiksiranim se kamerama kontinuirano prate pomak obalne linije i površina plaže te drugi procesi na plaži nevezani uz eroziju kao što su broj turista te stanje sigurnosti i čistoće.

Prikazani su problemi erozije u Općini Podgori, gdje je kombinacija visoke plime i velikih valova uzrokovala eroziju i nestajanje dijela plaža. Prethodna vlast Općine je u razdoblju od 2016. do 2021. ne stručnim pristupom rješavanju problema uzrokovala još veću devastaciju obalnoga prostora te nije samo izazvala katastrofalne posljedice za okoliš, već je nanijela i društvene i ekonomske štete Općini. Prikazan je moderan pristup vođenja zajednice kroz edukaciju i uključivanje stanovništva primjenom društvenih mre-



Slika 11. Plaža u Općini Podgori danas (Izvor: Uzorita Podgora)

ža, akcijama čišćenja i uređenja okoliša, kroz angažman stručnjaka u rješavanju problema te korištenjem dostupnih nacionalnih i EU-ovih fondova. Projekt Beachex financiran je iz programa "Znan-

stvena suradnja" Hrvatske zaklade za znanost, koji je financirala Europska unija iz Europskoga socijalnog fonda u sklopu Operativnog programa "Učinkoviti ljudski potencijali 2014. – 2020."

LITERATURA

- [1] Pikelj, K., Juračić, M.: Eastern Adriatic Coast (EAC): Geomorphology and Coastal Vulnerability of a Karstic Coast, *Journal of Coastal Research*, 29 (2013) 4, pp. 944-957
- [2] Hanson, H., Alan, B., Michele, C., Hand, H.D., Luc, H., Christian, L., Antonio, L., Ruud, S.: Beach nourishment projects, practices, and objectives – a European overview, *Coastal engineering*, 47 (2002) 2, pp. 81-111
- [3] Bogovac, T., Carević, D., Bujak, D., Ilić, S., Vukovac, M.: Održivost dohranjivanja plaža u Hrvatskoj, 8. Sabor hrvatskih graditelja, 4.-5. listopada 2021., Vodice
- [4] Carević, D.: Analiza stanja dohranjivanja i nasipavanja plaža u Hrvatskoj, *Građevinar* 74 (2022) 1, pp. 71-76
- [5] Carević, D.: Održiva gradnja nasutih plaža Beachex 2019-2023, *Građevinar* 72 (2020) 12, pp. 1173-1179
- [6] Trames Consultants: Regionalni program uređenja i upravljanja morskim plažama na području Dubrovačko-neretvanske županije, Trames Consultants, Dubrovnik, 2015.
- [7] SAFEGE: Regionalni program uređenja i upravljanja morskim plažama na području Splitsko-dalmatinske županije, SAFEGE, Zagreb, 2015.
- [8] IGH Urbanizam, Horwath & Horwath Consulting: Regionalni program uređenja i upravljanja morskim plažama Zadarske županije, IGH Urbanizam i Horwath & Horwath Consulting, Zagreb, 2015.
- [9] Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Opatija: Regionalni program uređenja i upravljanja morskim plažama na području Šibensko-kninske županije, Opatija, 2014.
- [10] LIRA: Regionalni program uređenja i upravljanja morskim plažama na području Ličko-senjske županije, Razvojna agencija Ličko-senjske županije – LIRA, Gospić, 2017.
- [11] Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Opatija: Regionalni program uređenja i upravljanja morskim plažama na području Primorsko-goranske županije, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Opatija, Opatija, 2015.
- [12] Institut za turizam: Regionalni program uređenja i upravljanja morskim plažama u Istarskoj županiji, Institut za turizam, Zagreb, 2015.
- [13] Kružić, P., Pikelj, K., Bezik, D., Ankon, P., Carević, D.: Procjena utjecaja nadohrane plaža na morski okoliš, 14. Hrvatski biološki kongres, 12.-16. listopada 2022., Pula
- [14] Tadić, A., Ružić, I., Kravica, N., Ilić, S.: Post-Nourishment Changes of an Artificial Gravel Pocket Beach Using UAV Imagery, *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (2022).