

UTJECAJ IZBUŠENOG MATERIJALA NA MORE

PRELIMINARNI IZVJEŠTAJ
/kolovoz 2008./

1. Prostorni i vremenski utjecaj krutog materijala iz bušotine u moru

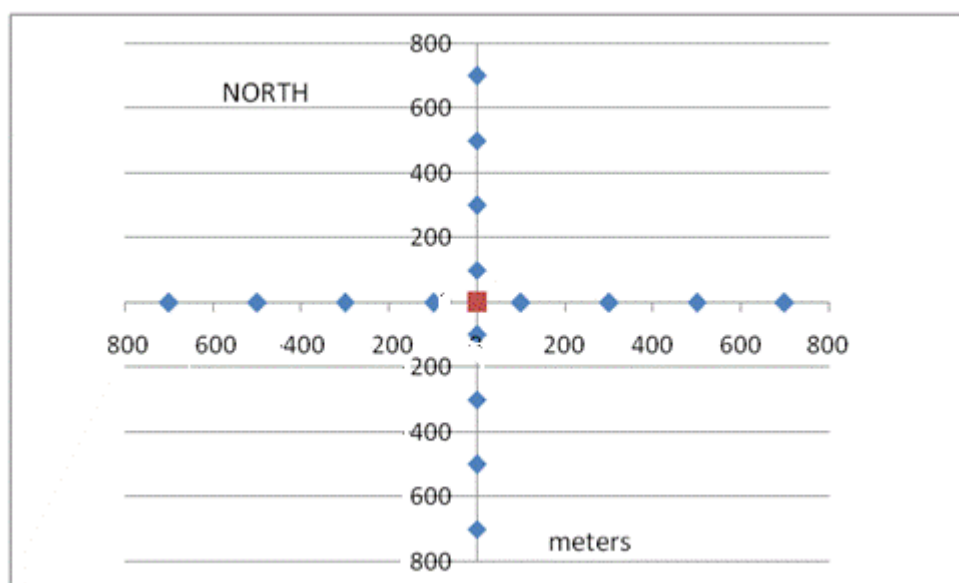
Istraživano područje i metode uzorkovanja

Da bi se ustanovio prostorni utjecaj krutog materijala iz bušotine, snimanje zone raspršenja sitnih čestica i uzorkovanje obavljeno je 05. travnja 2008. na 16 postaja u zoni plinskog polja IKASW (Slika 1) te 01. lipnja 2008. na 14 postaja u zoni plinskog polja ANA.

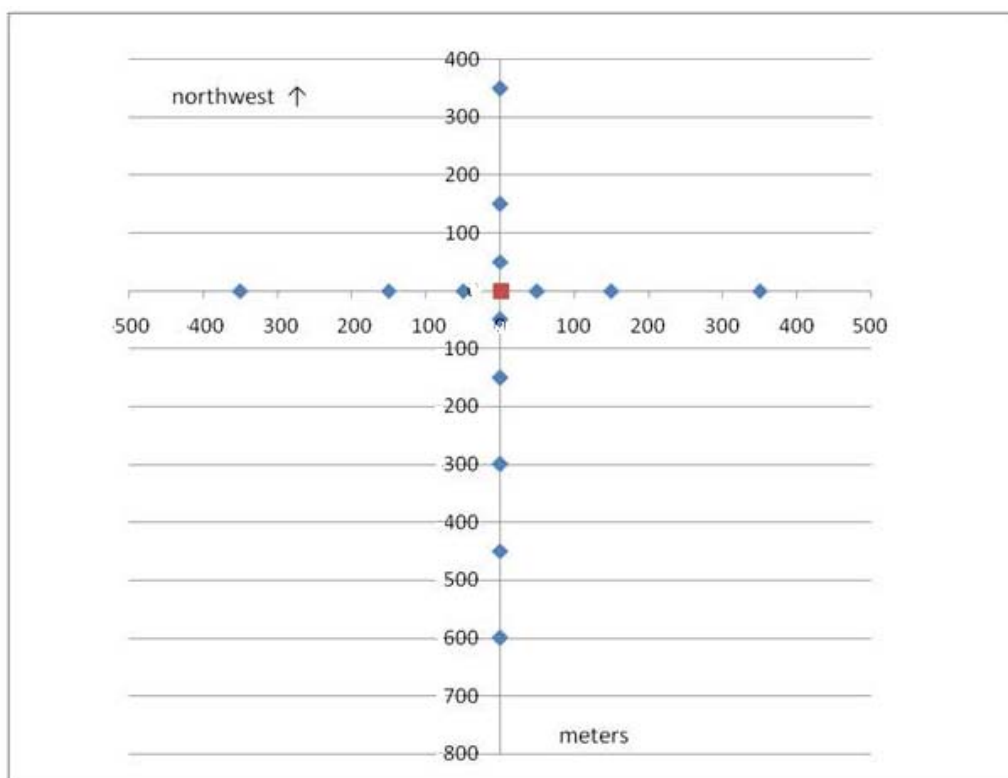
Postaje su u travnju bile pozicionirane u „križ“ (4x4) u krugu od 800 m oko plinske platforme IKA SW (Slika 2), a u lipnju u modificiranom „križu“ oko buduće plinske platforme ANA i to 3x3 jednako udaljenih postaja i 5 postaja na duljem kraku „križa“ u smjeru SSE (Slika 3). Postaje su odabrane dolaskom u zonu bušenja i to tako da je u smjeru kretanja zamućene vode postavljen dulji krak s 5 postaja. Budući da je prilikom mjerenja u travnju ustanovljeno da je zamućenje bitno smanjeno već na 500-600 m od zone bušenja, za snimanje zone raspršenja suspendiranih čestica u lipnju smanjen je radijus oko bušotine na oko 600 m, kao i udaljenost između postaja (Slika 3).



Slika 1. Pokretna bušuća platforma na poziciji IKA SW.



Slika 2. Raspored mjernih postaja oko plinske platforme IKA SW



Slika 3. Raspored mjernih postaja oko plinske platforme ANA

POSTAJA	Φ	Λ	dubina (m)	Udaljenost/orijentacija u odnosu na centar bušotine
IKAS1	44° 16,176' N	13° 33,720' E	63,8	100m, S
IKAS2	44° 16,059' N	13° 33,687' E	63,8	300m, S
IKAS3	44° 15,944' N	13° 33,657' E	63,8	500m, S
IKAS4	44° 15,823' N	13° 33,620' E	63,8	700m, S
IKAE1	44° 16,214' N	13° 33,837' E	62,8	100m, E
IKAE2	44° 16,193' N	13° 33,997' E	63,7	300m, E
IKAE3	44° 16,169' N	13° 34,162' E	63,8	500m, E
IKAE4	44° 16,145' N	13° 34,321' E	63,9	700m, E
IKAW1	44° 16,242' N	13° 33,646' E	63,0	100m, W
IKAW2	44° 16,265' N	13° 33,475' E	63,0	300m, W
IKAW3	44° 16,289' N	13° 33,311' E	62,8	500m, W
IKAW4	44° 16,313' N	13° 33,143' E	62,8	700m, W
IKAN1	44° 16,353' N	13° 33,774' E	63,2	100m, N
IKAN2	44° 16,480' N	13° 33,811' E	63,2	300m, N
IKAN3	44° 16,599' N	13° 33,847' E	63,2	500m, N
IKAN4	44° 16,721' N	13° 33,880' E	63,2	700m, N

Tablica 1. Geografske koordinate i dubine postaja oko plinske platforme IKA SW

POSTAJA	Φ	Λ	dubina (m)	Udaljenost/orijentacija u odnosu na centar bušotine
ANA 01	44° 41,023 N	13° 16,172 E	43,8	100m, N
ANA 02	44° 40,949 N	13° 16,266 E	43,5	100m, E
ANA 03	44° 40,885 N	13° 16,125 E	43,9	100m, S
ANA 04	44° 40,972 N	13° 16,028 E	44,0	100m, W
ANA 11	44° 40,799 N	13° 16,228 E	43,5	300m, SW
ANA 12	44° 40,929 N	13° 15,955 E	43,5	300m, NW
ANA 13	44° 41,099 N	13° 16,166 E	43,5	300m, NE
ANA 14	44° 40,925 N	13° 16,406 E	43,2	300m, SE

Tablica 2. Geografske koordinate i dubine postaja oko plinske platforme ANA

Mjerenja i uzorkovanja provedena su oceanografskim instrumentima i metodama koje se najviše koriste u istraživanju mora. Raspršenje čestica iz bušotine u moru snimljeno je iz vertikalnih profila postotaka transmisije svjetla dobivenih CTD multiparametrijskom sondom "SEABIRD SBE 25" te iz određivanja koncentracije ukupne suspendirane tvari (seston). Prozirnost mora procijenjena je i pomoću Secchi ploče.

CTD sonda spuštana je uz pomoć hidrauličkog vitla na svakoj postaji od površine vodenog stupca do neposredne blizine morskog dna jednoličnom brzinom od 0.5 m/s pri čemu se

Institut Ruđer Bošković
Centar za istraživanje mora
52210 Rovinj

svakih 1/8 sekunde mjere osnovni oceanografski parametri (transmisija svjetla, salinitet, temperatura, volumni udio otopljenog kisika i koncentracija klorofila *a*).

Na postajama je određena i prozirnost morske vode uranjanjem bijelo obojene Secchi ploče promjera 30 cm.

Uzorci za suspendiranu tvar (seston) sakupljeni su Niskinovim crpcima na određenim dubinama vodenog stupca na najbližim i najudaljenijim postajama od bušotine. Iz Niskinovitih crpaca se uzorkovalo 2 l morske vode koja se filtrirala kroz staklene *GFC* filtre (Whatman) promjera 25 mm, prethodno spaljivane i izvagane. Nakon filtriranja ti su se filtri ispirali destiliranom vodom radi izbjegavanja taloženja soli iz morske vode, a onda sušili i ponovno vagali, pa se iz razlike poznate mase filtra prije prolaska uzorka morske vode i mase filtra nakon sušenja odredila ukupna količina suhe suspendirane tvari izražena u miligramima po litri. Na temelju ovih podataka ekstrapoliranih u prostoru, te na temelju transmisije svjetla, moći će se kvantitativno procijeniti količina ispuštenih čestica iz bušotine.

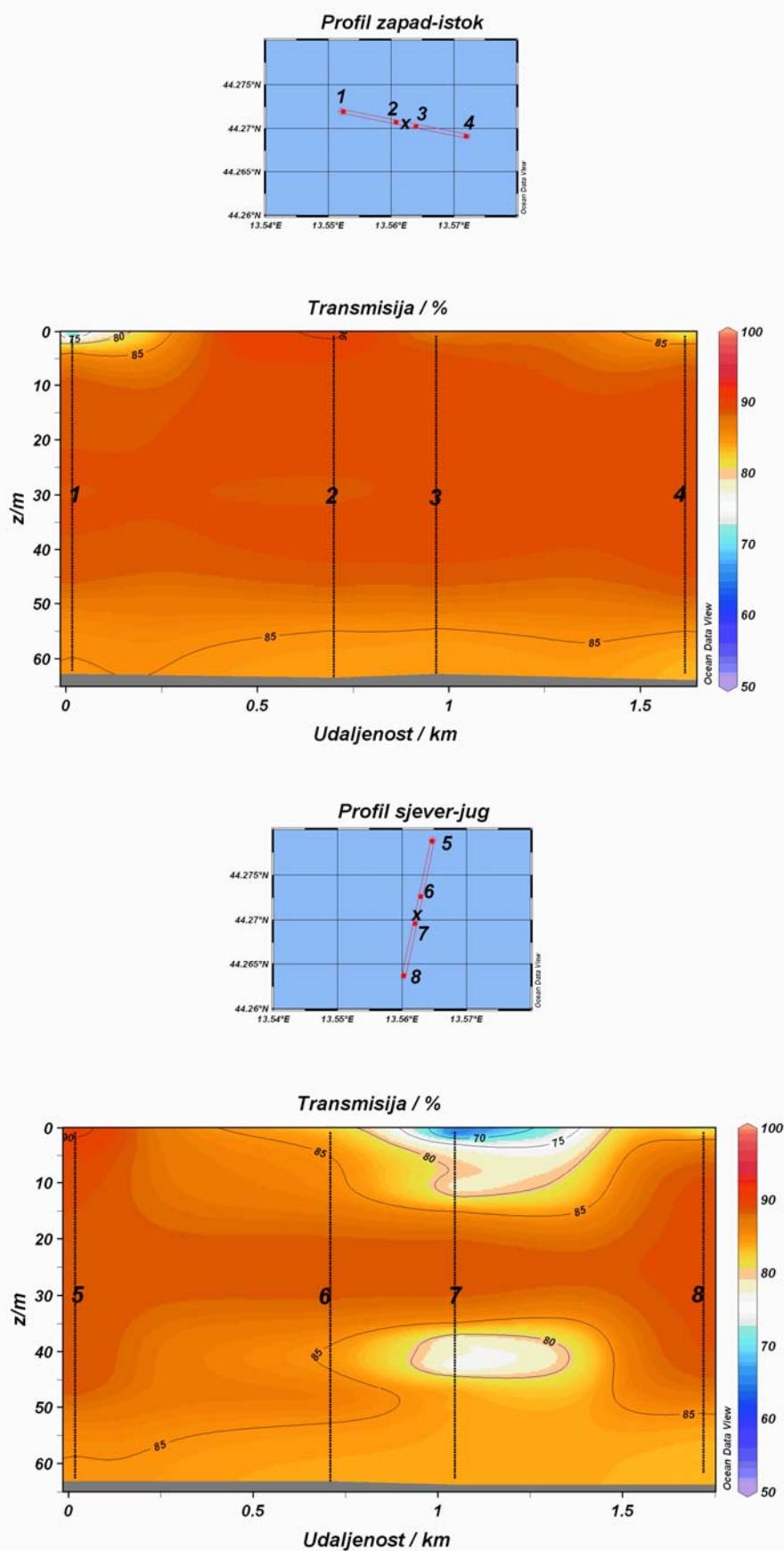
Rezultati

Prilikom svakog bušenja sedimenta poremeti se njegova površina zbog čega je stupac morske vode u neposrednoj zoni utjecaja izbušenog materijala privremeno zamućen. Stupanj, rasprostranjenost i vrijeme trajanja tog zamućenja ovisi uglavnom o hidrografskim uvjetima koji uključuju strujanje koje dominira na tom području (intenzivnije strujanje pogodovat će većem raspršenju suspendiranih čestica) i veličini čestica sedimenta o čemu ovisi i brzina njegovog ponovnog taloženja.

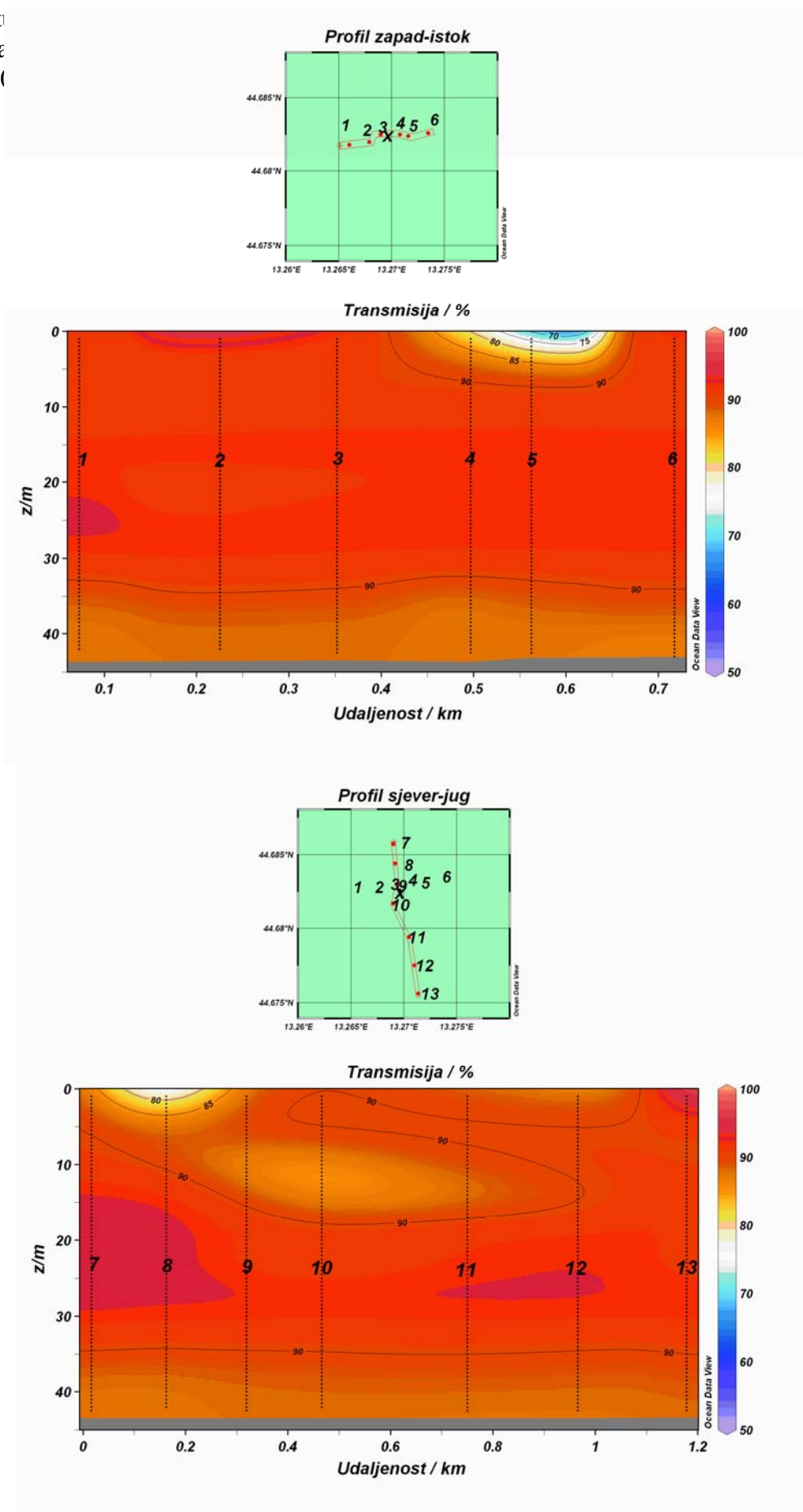
Istraživanjem mjerenjima utvrđeno je da je veća koncentracija suspendiranih čestica, odnosno manja prozirnost uočena u zonama neposrednog bušenja, a udaljavanjem se bitno smanjivala tako da već nakon manje od 400 m od zone bušenja nema tragova značajnijeg zamućenja vodenog stupca (Slike 4 i 5).

Može se preliminarno pretpostaviti da je gotovo jedini utjecaj krutog materijala iz bušotine privremena „vizualna“ degradacija ambijenta na mjestu zahvata, a da prirodna ravnoteža procesa sedimentacije nije narušena. Naime, najniže izmjenjenih vrijednosti transmisije svjetla bile su još uvijek u rasponu koji je uobičajen za sjeverni Jadran na područjima ušća ili u otvorenom moru prilikom intenzivnih planktonskih cvatova. Da bi se to potvrdilo potrebno je, međutim, snimanje zone raspršenja ponoviti više puta kako bi se dobila i dinamika taloženja čestica.

U travnju je procijenjeno da je prostorni utjecaj krutog materijala iz bušotine bio izraženiji prema jugu, dok je u lipnju dominirao smjer istok-jugoistok, što je vjerojatno ovisno o trenutnom strujanju na istraživanim područjima. Tu pretpostavku bit će moguće potvrditi dodatnim mjerenjima strujomjerima.

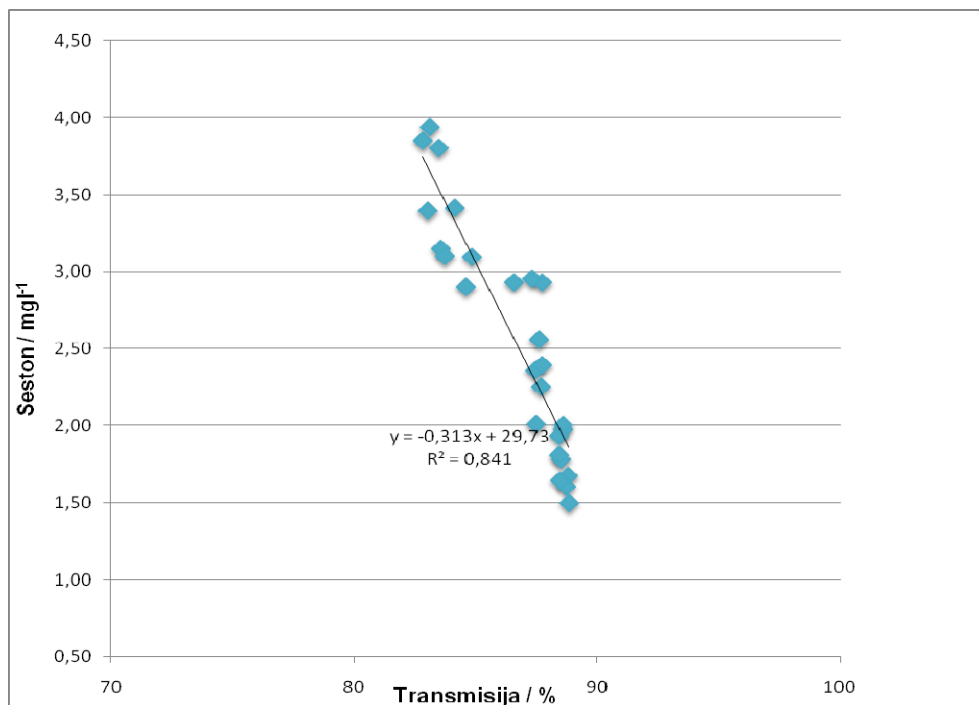


Slika 4. CTD transmisija svjetla na postajama istraživanih profila zapad-istok i sjever-jug oko platforme IKA SW.



Slika 5. CTD transmisija svjetla na postajama istraživanih profila zapad-istok i sjever-jug oko platforme ANA.

Na temelju mjerenja suspendirane tvari (sestona) u čitavom vodenom stupcu određena je njihova koncentracija u rasponu od 1.5 do 3.85 mg/l, a obrnuto je proporcionalna vrijednostima transmisije svjetlosti dobivena CTD-sondom (Slika 6).



Slika 6. Prikaz koncentracije sestona u odnosu na CTD transmisiju svjetla

Na mjestima s većom koncentracijom sestona došlo je do smanjenja prozirnosti vodenog stupca, ali te vrijednosti nisu bile ispod minimalnih vrijednosti koje se mjere u sjevernom Jadranu.

2. PREGLED BENTOSA NA PODRUČJIMA PREDVIĐENIM ZA BUŠOTINE

Istraživano područje i metode uzorkovanja

Uzorci sedimenta za analizu bentosa uzeti su u travnju i lipnju 2008. godine na osam postaja unutar plinskog polja ANA, u krugu 300 m od mjesta na kojem će biti postavljena plinska platforma ANA1 (Slika 7, Tablica 3). Postaje su raspoređene u formaciji zvijezde, na udaljenosti 100 m od središta buduće platforme u pravcu N (ANA 1), E (ANA 2), S (ANA 3) i W (ANA 4), te na udaljenosti 300 m od središta platforme u pravcu SW (ANA 11), NW (ANA 12), NE (ANA 13) i SE (ANA 14).



SLIKA 7. Područje uzorkovanja prije postavljanja platforme.

TABLICA 3. Geografske koordinate postaja

POSTAJA	Φ	Λ	dubina (m)	Udaljenost/orijentacija u odnosu na centar bušotine
ANA 01	44° 41,023 N	13° 16,172 E	43,8	100m , N
ANA 02	44° 40,949 N	13° 16,266 E	43,5	100m , E
ANA 03	44° 40,885 N	13° 16,125 E	43,9	100m , S
ANA 04	44° 40,972 N	13° 16,028 E	44,0	100m , W
ANA 11	44° 40,799 N	13° 16,228 E	43,5	300m , SW
ANA 12	44° 40,929 N	13° 15,955 E	43,5	300m , NW
ANA 13	44° 41,099 N	13° 16,166 E	43,5	300m , NE
ANA 14	44° 40,925 N	13° 16,406 E	43,2	300m , SE

Uzorci sedimenta su uzimani grabilom Van Veen, zahvatne površine 0.1 m². Na svakoj postaji uzeto je ukupno pet grabila: jedno grabilo za analizu abiotskih parametara (poroznost,

udio organske tvari i granulometrijski sastav sedimenta) te po četiri grabila za kvalitativnu i kvantitativnu analizu faune bentoskih beskralješnjaka. Abiotskih parametri su analizirani u površinskom sloju sedimenta (do dubine od 10 cm) dok je makrobentos analiziran u ukupnom sadržaju sedimenta zahvaćenom grabilima. Za određivanje poroznosti i sadržaja organske tvari u sedimentu na svakoj postaji su analizirana po tri uzorka, a za obradu faune bentoskih beskralješnjaka na svakoj su postaji analizirana po četiri uzorka.

Poroznost i udio organske tvari u sedimentu

Sadržaj intersticijske vode (poroznost) i ukupni sadržaj organske tvari u sedimentu određeni su primjenom standardnih metoda (Giere i sur., 1988). Poroznost sedimenta je određena na temelju razlike između mokre i suhe težine sedimenta nakon sušenja u sušioniku na 105°C tijekom 24 sata. Ukupni sadržaj organske tvari određen je na temelju razlike između suhe težine sedimenta i težine pepela nakon postupka žarenja u mufolnoj peći na 450°C tijekom 4 sata.

Granulometrijski sastav sedimenta

Sediment za analizu granulometrijskog sastava suspendiran je u vodi, osušen na zraku i izvagan, a zatim je ispiran kroz granično sito (veličina oka 63µm) kojim se odjeljuju sitne (silt i glina) od krupnih frakcija sedimenta (šljunak i pijesak). Šljunkovito-pjeskovita frakcija je i osušena u sušioniku na temperaturi od 100 °C. Udio silta i gline (mulj) određen je metodom mokrog sijanja, a iskazan je razlikom između ukupne suhe težine sedimenta i suhe težine šljunkovito-pjeskovite frakcije koja je ostala na graničnom situ. Tijekom daljnjeg postupka, šljunkovito-pjeskoviti ostatak je analiziran metodom suhog sijanja na automatskoj tresilici (Tyler Rx2a) upotrebom serije sita s veličinom oka 4 mm, 2mm, 1mm, 500 µm, 250 µm i 125 µm (A.S.T.M.E. standard). Frakcije odijeljene sijanjem su izvagane i određen je granulometrijski sastav sedimenta. Iz postotnog udjela pojedinih frakcija izrađene su krivulje granulometrijske raspodjele čestica, a na temelju tih krivulja izračunate su vrijednosti: srednje veličine zrna (Mz), medijan (Md) te stupanj sortiranosti sedimenta (So). Stupanj sortiranosti sedimenta pokazuje jednoličnost distribucije zrna i izračunat je prema formuli:

$$So = (\Phi 84 - \Phi 16) / 4 + (\Phi 95 - \Phi 5) / 6,6$$

Za svaku postaju je provedena klasifikacija sedimenta prema stupnju sortiranosti te određen tip sedimenta primjenom Wentworthove skale i Shepardove klasifikacije (Giere i sur., 1988). Shepardova klasifikacija se zasniva na međusobnom udjelu pojedinih veličinskih kategorija zrna, a tip sedimenta se utvrđuje na temelju prostorne raspodjele točaka koje predstavljaju sjecište pravaca glavnih frakcija (siltozno-glinovita frakcija vs pijesak) na Shepardovom dijagramu.

Kvalitativna i kvantitativna analiza faune bentoskih beskralješnjaka (makrobentos)

Uzorci sedimenta za analizu makrobentosa prikupljeni su grabilom Van Veen. Na svakoj postaji uzeta su četiri replikata. Na terenu je izvršena preliminarna separacija organizama iz sedimenta: sediment je prosijavan na graničnom situ (veličina oka 1 mm), a krupniji predstavnici makrobentosa su izdvojeni i fiksirani u 4% otopini formaldehida u morskoj vodi. Ostatak materijala sa površine sita (krupnije čestice sedimenta, ljuštorni materijal, sitniji predstavnici makrofaune) je također fiksiran i pohranjen do daljnjega. U laboratoriju je obavljen detaljni pregled materijala sa sita i izdvojeni svi preostali organizmi. Preliminarna taksonomska analiza provedena je metodom totalnog cenzusa i sortiranja organizama na temelju pripadnosti višim taksonomskim kategorijama ranga koljena, razreda i/ili reda. Predstavnici dominantnih skupina (Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda) analizirani su do razine

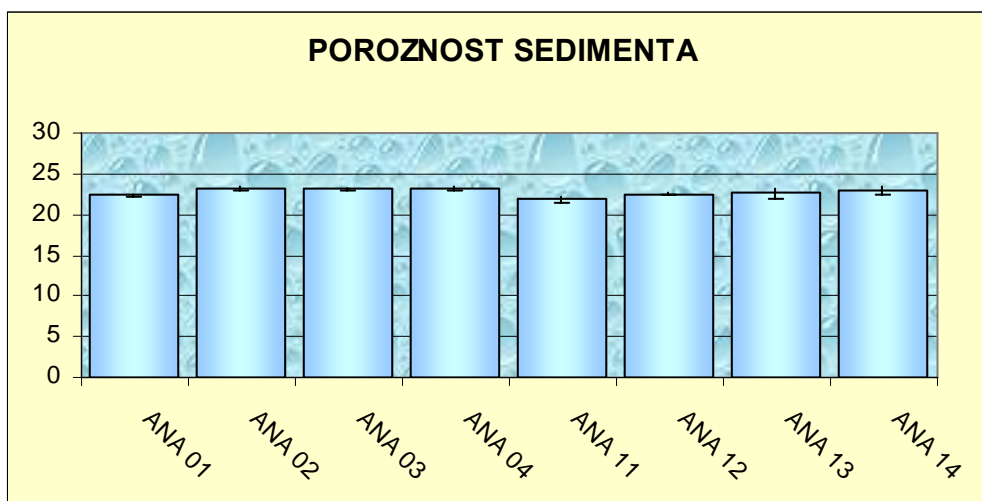
vrste. Na svakoj postaji određen je taksonomski sastav makrofaune te brojnost i dominantnost prisutnih taksona.

Statistička obrada podataka

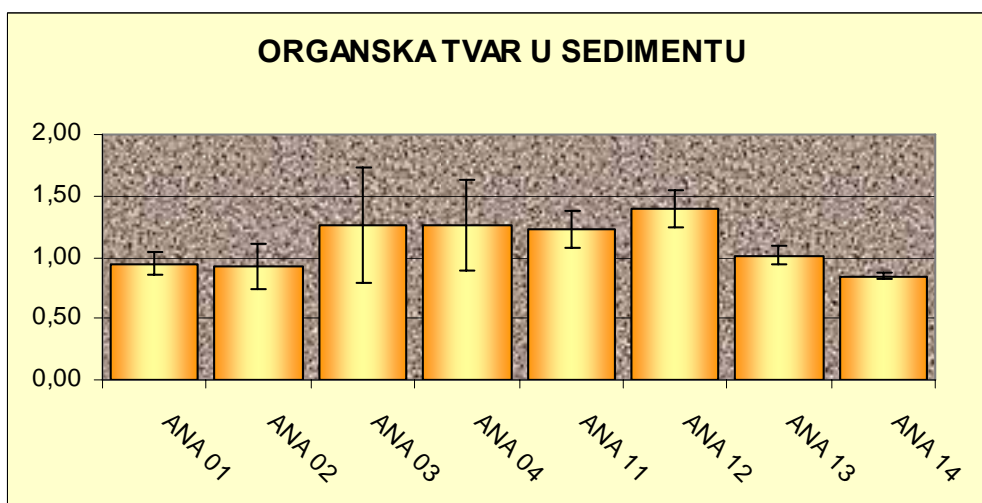
Kao preduvjet za statističku obradu rezultata svi uzorci su analizirani u tri (sediment za analizu abiotičkih čimbenika) ili četiri replikata (sediment za analizu makrofaune). Za sve parametre napravljena je sumarna statistika (maksimumi i minimumi, srednje vrijednosti, standardna devijacija). Sličnost među uzorcima određivana je univarijatnim (ANOVA, Schefféov test) i multivarijatni metodama (MDS).

Rezultati

Prosječne vrijednosti udjela intersticijske vode i ukupne organske tvari u sedimentu su prikazane na **slikama 8 i 9**. Poroznost sedimenta se kretala se od 21,87 % do 31,16 % , a ukupni udio organske tvari od 0,85% do 1,40%. Vrijednosti obaju parametara su bile slične na cijelom istraživanom području. Među postajama obuhvaćenim istraživanjem nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p < 0,05$ ANOVA) u poroznosti sedimenta niti u sadržaju organske tvari.

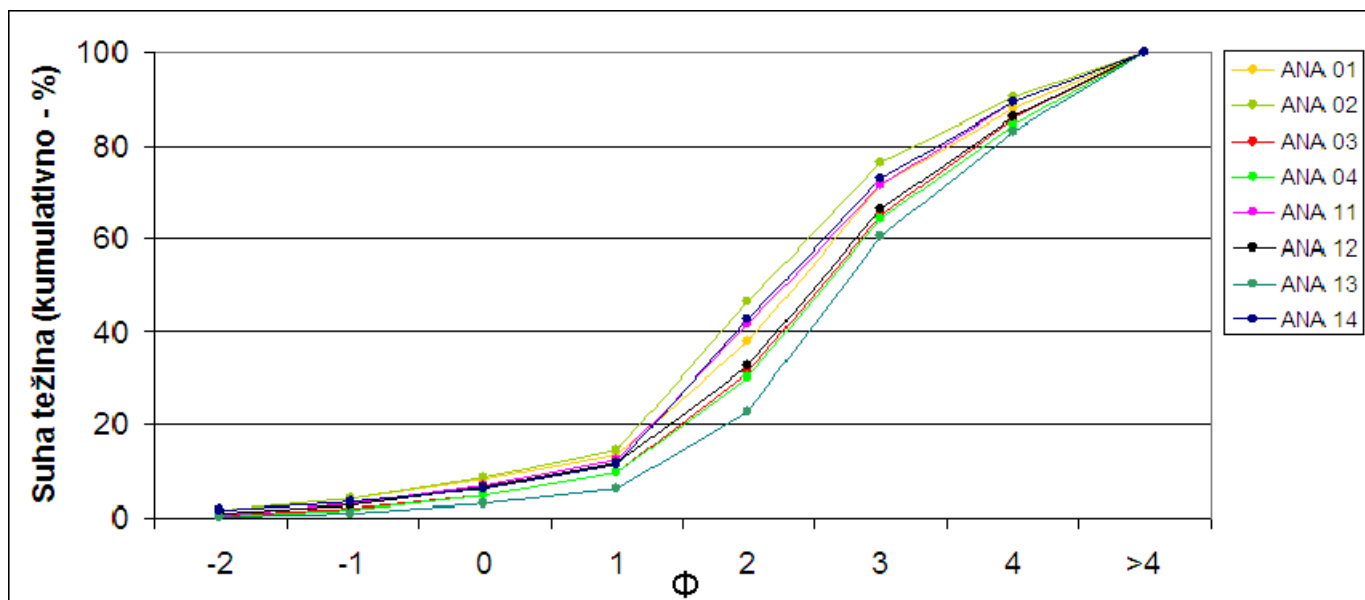


Slika 8. Udio intersticijske vode (poroznost) u sedimentu na istraživanim postajama u travnju i lipnju 2008. godine. N=3; slika prikazuje srednje vrijednosti s pripadajućom standardnom devijacijom.



Slika 9. Udio ukupne organske tvari u sedimentu na istraživanim postajama u travnju i lipnju 2008. godine. N=3; slika prikazuje srednje vrijednosti s pripadajućom standardnom devijacijom.

Na temelju rezultata granulometrijske analize sedimenta konstruirane su kumulativne granulometrijske krivulje (**slika 4**) iz kojih su izračunati osnovni granulometrijski parametri.



Slika 4. Kumulativne granulometrijske krivulje sedimenta na istraživanim postajama.

U **tablici 4** su prikazane osnovne granulometrijske karakteristike sedimenta na istraživanim postajama: udjeli osnovnih frakcija sedimenta - šljunka, pijeska, silta i gline (mulj); prosječne i srednje vrijednosti veličine zrna te koeficijent sortiranja sedimenta. Uz numeričke pokazatelje prikazani su i rezultati klasifikacije sedimenta na temelju granulometrijskog sastava i distribucije zrna u uzorku.

Tablica 4. Granulometrijske karakteristike sedimenta na istraživanim postajama: udio osnovnih frakcija sedimenta Md- medijan, srednja vrijednost zrna; Mz – prosječna veličina zrna; So – koeficijent sortiranja.

POSTAJE	ANA 1	ANA 2	ANA 3	ANA 4	ANA 11	ANA 12	ANA 13	ANA 14
šljunak (%)	4,27	4,33	2,14	1,79	3,23	2,84	1,13	3,40
pijesak (%)	83,62	86,07	83,49	82,49	86,04	83,43	81,74	85,71
mulj (%)	12,11	9,61	14,37	15,72	10,73	13,73	17,13	10,88
Md (Φ 50)	2,20	2,10	2,75	2,25	2,20	2,50	3,20	2,65
Mz	2,40	2,22	2,65	2,65	2,43	2,57	3,30	2,92
	2,74	2,82	3,06	3,06	2,92	2,99	4,04	3,49

So								
sortiranost	vrlo loša	vrlo loša	vrlo loša	vrlo loša	vrlo loša	vrlo loša	vrlo loša	vrlo loša
tip sedimenta	pijesak	pijesak	pijesak	pijesak	pijesak	pijesak	pijesak	pijesak

Na svim postajama veličinska frakcija „šljunka“ je bila zastupljena isključivo detritusom tj. biogenim materijalom nastalim raspadanjem kalcificiranih djelova bentoskih organizama (krhotine kućica puževa, ljuštura školjkaša, tokova mnogočetinaša, skeleta mahovnjaka, bodlji ježinaca i sl.). Udio detritusa u ukupnoj suhoj težini sedimenta je iznosio od 1,13% do 4,33%. U ukupnom sastavu sedimenta izrazito je prevladavala pjeskovita frakcija (81,74-86,07 %), a u sklopu te frakcije srednji, sitni i vrlo sitni pijesak. Na svim postajama ove tri frakcije su sačinjavale 74-78% sedimenta, a na većini postaja težinski je dominirala je sitnozrnata frakcija.

Prosječna veličina zrna ($M_z = 2,22-3,30 \Phi$) i srednja veličina zrna ($M_d = 2,10-3,20 \Phi$) na svim postajama su odgovarale frakciji sitnog i/ili vrlo sitnog pijeska. Udio siltno-glinovite frakcije je općenito bio nizak i kretao se između 9,61 i 17,13 %. Primjenom Shepardove klasifikacije sediment na svim postajama je okarakterizirati kao čisti pijesak .

Obrada uzoraka makrobentosa je u tijeku.

3. ISTRAŽIVANJA TOKSIČNIH/GENOTOKSIČNIH SVOJSTAVA MORSKE VODE, SEDIMENTA I ISPLAKE

Materijali i metode

Biološki monitoring genotoksičnih/toksičnih spojeva u isplakama, morskoj vodi i sedimentu, izvršen je korištenjem: **(i)** dvaju bioloških testova (toksičnosti **Tox** i genotoksičnosti **GTox**), **(ii)** analiza utjecaja ekstrakata tih spojeva na integritet DNA (biomarker učinka) dagnji „*in vivo*“, te **(iii)** analiza integriteta DNA prirodnih populacija dagnji u obraštaju platformi **DNax**. Preliminarni izvještaj sadržava rezultate analiza vode, sedimenta i isplake na prisustvo toksičnih i genotoksičnih spojeva. Analize utjecaja materijala bušotine na integritet DNA dagnji je u tijeku (biti će uključen u završni izvještaj).

Istraživano područje i metode uzorkovanja i analiza

Istraživano područje obuhvaćalo je područje platforme IKASW i ANA, prema prethodno priloženim tablicama (Tablica 1 i Tablica 2).

Uzorci vode i sedimenta za analize uzeti su u veljači, travnju i lipnju, te kolovozu 2008. godine standardnim oceanografskim tehnikama; uzorci sedimenta Van Veen-ovim grabilom a vode Niskinovim crpcima. Uzorci vode ekstrahirani su na XAD-7 kolonama odmah po dolasku u laboratorij, a uzorci sedimenta su zamrznuti odmah po uzorkovanju i pohranjeni na na –20oC. Isplaka je dobivena sa bušotine i ekstrahirana odmah po dolasku u laboratorij. Time se smanjila mogućnost biodegradacije organske tvari u uzorcima na najmanje moguću mjeru.

Ekstrakcija isplake i sedimenta izvršena je standardiziranom procedurom u smjesi diklorometana/metanola. Ekstrakti uzoraka otopljeni su u dimetilsulfoksidu, ampulirani i pohranjeni na –20oC za daljnje analize. Ukupno je pripremljeno 9 ekstrakata vode, 8 ekstrakata sedimenata i 3 ekstrakta isplake.

Analize toksičnosti uzoraka izvršene su Microtox-testom na luminescentnim bakterijama po protokolu proizvođača (DIN EN ISO 11348-3), a genotoksičnosti SOS/umu-testom po protokolu (ISO/DIS 13829, 2000).

Rezultati su izraženi u ekvivalentnim ml vode ili gramima sedimenta/isplake za koje je utvrđen pozitivan ili negativan nalaz.

Rezultati analiza postaja oko bušotina/platformi i same isplake uspoređeni su sa rezultatima analiza tipičnih sedimenata i voda otvorenog mora i priobalja sjevernog dijela Jadrana.

Tablica 5. Prikaz testiranih uzoraka s nalazima toksičnosti/genotoksičnosti. (na granici detekcije = zanemariv ili vrlo slab pozitivan nalaz).

POSTAJE UZORKOVANJA VODE	Toksičnost	Genotoksičnost
ANA 01	neg	neg
ANA 03	neg	neg
ANA 11	neg	neg
ANA 13	neg	neg
IKA S1	neg	neg
IKA E1	neg	neg
IKA W1	neg	neg
IKA N1	neg	neg
Zag	neg	neg
Zag	neg	neg

POSTAJE UZORKOVANJA SEDIMENTA	Toksičnost	Genotoksičnost
ANA 01	neg	neg
ANA 02	neg	neg
ANA 03	neg	neg
ANA 04	neg	neg
ANA 11	neg	neg
ANA 12	neg	neg
ANA 13	neg	neg
ANA 14	neg	neg

ISPLAKA	Toksičnost	Genotoksičnost
Isplaka A1(organski ekstrakt)	neg	neg
Isplaka A2 (organski ekstrakt)	neg	na granici detekcije
Isplaka A3 (metanolni ekstrakt)	neg	neg

Rezultati

Analize vode i sedimenata oko platformi/bušotina nisu ukazale na povećanu opterećenost uzoraka potencijalno opasnim toksičnim/genotoksičnim spojevima. Rasponi izmjerenih vrijednosti ne odstupaju od uobičajenih nalaza za sjeverni Jadran, bilo da se radi o otvorenom moru ili priobalnim vodama.

Organski ekstrakt isplake (A2) u malom je rasponu koncentracija bio slabo pozitivan na genotoksične spojeve, tek na granici detekcije. Obzirom na veliko raspršenje čestica i time veliko razrjeđivanje suspendiranog materijala u moru taj se nalaz može zanemariti. Tome u prilog govore i negativni nalazi u ostalim uzorcima sedimenata i voda.

Analiza utjecaja tog izbušenog materijala/isplake na genetski materijal (DNA) dagnje kao modelnog organizma je u tijeku; na temelju dosadašnjeg iskustva možemo pretpostaviti da on neće bitno promijeniti naše preliminarne zaključke.