

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Vodarstvo in
komunalno inženirstvo

Kandidat:

Jakob Saksida

Ocena vplivov valovanja morja na območju kopališča Portorož

Diplomska naloga št.: 125

Mentor:
prof. dr. Franc Steinman

Somentor:
asist. Nejc Pogačnik

Ljubljana, 7. 7. 2009

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **Jakob Saksida** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

» **Ocena vplivov valovanja morja na območju kopališča Portorož** »

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, _____2009

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	551.466:627.2(497.4)(043.2)
Avtor:	Jakob Saksida
Mentor:	prof. dr. Franci Steinman
Somentor:	asist. Nejc Pogačnik
Naslov:	Ocena vplivov valovanja morja na območju kopališča Portorož
Obseg in oprema:	113 str., 20 pregl., 47 sl., 52 en.
Ključne besede:	vpliv valovanja morja, pomorski objekti, Portoroško kopališče

Izvleček

Ugodna lega in zdravilni učinki podnebja slovenske obale že vrsto let privabljata turiste. Za zagotavljanje lažjega dostopa do morja ter varnosti kopalcev, se je gradnja pomorskih objektov zelo razširila in ponekod posegla v morski pas. Od takrat se pomorskim objektom ni posvečalo velike pozornosti in tudi vzdrževalna dela so bila zanemarjena ter odvečna, še posebej na javnih pomorskih objektih.

Slovenska pomorska gradnja, v primerjavi z ostalimi obmorskimi državami Evrope, ne nudi posebnega poudarka na vzdrževanju in sonaravnem urejanju morskega okolja. Za boljše razumevanje koncepta morja in morskega delovanja, so potrebne dolgoletne izkušnje in nenehno opazovanje dejavnikov, ki vplivajo na premikanje delcev v morju in morskih mas.

V diplomskem delu so predstavljena teoretična izhodišča delovanja morja na pomorske objekte in morsko dno. Odpornost takih objektov je odvisna predvsem od uporabljenega materiala, odpornosti konstrukcije ter od vzdrževalnih del. Teoretične osnove sem apliciral na konkreten primer Kopališča Portorož, ki vsebuje tri različne vrste pomorskih objektov za različne namene in sicer lesen pomol, betonska utrditev, betonske in lesene stopnice, ter zaledna mivkasta plaža.

BIBLIOGRAPHIC – DOKUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 551.466:627.2(497.4)(043.2)
Author: Jakob Saksida
Supervisor: prof. dr. Franci Steinman
Cosupervisor: assist. Nejc Pogačnik
Title: The Effect of sea waves on the area of the Portorož seaside resort
Notes: 108 p., 20 tab., 47 fig., 48 eq.
Key words: water wave mechanics, effect of waves, marine structures

Abstract

Good location and therapeutic effects of the Slovenian coast have been attracting tourists for many years. To ensure easy access to the sea and the safety of bathers, the construction of maritime facilities expanded, sometimes even reached the marine band. Since then, not much attention was given to maritime facilities; maintenance work was neglected and superfluous, especially in public marine facilities. Slovenian maritime construction, in comparison with other coastal countries of Europe, does not give special emphasis to the maintenance and natural regulation of the marine environment. For a better understanding of the concept of the sea and marine operations, years of experience and constant observation of the factors affecting the movement of marine particles and sea masses are required.

The diploma work presents a theoretical platform of marine operations on maritime facilities and the sea bottom. Resistance of such structures depends primarily on the material used, the resistance of the construction, and maintenance. I applied the theoretical base on the concrete example of the Portorož seaside resort, which contains three different types of marine facilities as wooden piers, concrete bulkhead wooden and concrete stairs.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in usmerjanje se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Franciju Steinmanu ter somentorju asist. Nejcju Pogačniku.

Zahvalil bi se rad tudi vsem ustanovam (Arso, Okolje Piran d.o.o, GLG projektiranje, Morska biološka postaja, Inštitut za vode, Fakulteta za pomorstvo in promet) in posameznikom, ki so mi pomagali pri iskanju gradiv in rešitev.

Posebno zahvalo bi rad podelil staršem, ki so me skozi študijsko obdobje bodrili in spodbujali do zaključka.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 TEORETIČNE OSNOVE	3
2.1 Okoljske sile, ki povzročajo nevarnost	3
2.1.1 Veter	3
Vetrne sile	6
2.2.2 Valovi	7
Valovi v bližini pristanišč	13
Lomeči valovi	14
Delovanje valov	14
Projektni val	15
Sila valovanja na ladje	17
2.1.3 Spekter valovanja	18
Spekter popolno razvitega morja	19
Spekter nepopolno razvitega morja	19
2.1.4 Tokovi	23
Sila toka	23
2.1.5 Mehanski erozijski procesi	24
Vpliv tokov na sedimente	24
Vpliv valov na sedimente	26
2.1.6 Vpliv morfologije obale na porazdelitev sedimentov	30
2.1.7 Plimovanje morja	32
2.2 Odpornost kot funkcija ranljivosti	33
2.2.1 Vpliv pomorskih gradenj na ranljivost morskega okolja	33
Fizikalni vplivi	33
Vpliv na fizikalno kvaliteto vode	34
Biološki vpliv	35
Kratkotrajni vplivi	35
Dolgotrajni vplivi	36

2.2.2 Ranljivost pomorskih objektov zaradi delovanja okolja	37
Ranljivost konstrukcijskih materialov	37
Stopnja korozije.....	47
Odpornost pomorskih objektov	48
3 PORTOROŠKI ZALIV / VHODNI PODATKI	53
3.1 Vetrovi	54
3.2 Valovi.....	57
3.3 Tokovi	59
3.4 Plimovanje in poplave	59
Plimovanje.....	59
Poplave.....	61
3.5 Topografija dna	62
3.6 Geologija.....	63
Velikostna distribucija zrna sedimenta	63
Območja površinskega sedimenta.....	64
3.7 Objekti na obravnavanem območju	65
Leseni pomol	65
Tehnični opis objekta:	66
Uporabljeni materiali pri rekonstrukciji:	67
Uporabljeni materiali pri starih pomolih:	67
Betonska utrditev obale	67
Tehnični opis	68
Uporabljeni materiali.....	68
4 IZRAČUNI IN PRESOJA	69
4.1 Valovi na leseni pomol.....	69
4.2 Valovi na betonskem zidu ob obali	71
4.3 Izračun obtežbe valov na leseni pomol	72
4.3.1 Betonski stebri	73
Odpornostni moment	73
Običajni primer obtežbe	74

Izjemni primer obtežbe	76
Ekstremni primer obtežbe.....	77
4.3.2 Leseni pod	79
Običajni primer obtežbe.....	81
Izjemni primer obtežbe	82
Ekstremni primer obtežbe.....	84
4.4 Odpornost betonske utrditve obale	86
Običajni primer obtežbe glej (Slika 25)	86
Izjemni primer obtežbe	88
Ekstremni primer obtežbe.....	90
Ekstremni primer ob upoštevanju nepropustne podlage in zaledne vode.....	92
4.5 Premikanje sedimentov zaradi delovanja tokov in valov.....	94
5 PRESOJA	95
6 ZAKLJUČEK.....	96
VIRI.....	97

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Osnovne povezave med nevarnostjo, ranljivostjo in tveganjem.....</i>	<i>2</i>
<i>Slika 2: Roža vetrov.....</i>	<i>4</i>
<i>Slika 3: Povezava med tlakom vetra in hitrostjo vetra na površino.....</i>	<i>6</i>
<i>Slika 4: Valovne karakteristike v globoki vodi.....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 5: Določitev privetrne razdalje oz. dosega vetra.....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 6: Privetrna razdalja v pravokotnih zalivih s konstantno širino.....</i>	<i>10</i>
<i>Slika 7: Določanje višine vala in periode vala na podlagi trajanja vetra za globoko vodo....</i>	<i>11</i>
<i>Slika 8: Določanje valovnih karakteristik z omejeno in neomejeno privetrno razdaljo.....</i>	<i>12</i>
<i>Slika 9: Značilna višina vala z neomejenim trajanjem vetra v nizki in prehodni globini.....</i>	<i>12</i>
<i>Slika 10: Groen – Dorrenstein metoda določanja višine in periode valov.....</i>	<i>13</i>
<i>Slika 11: Povratna doba vala in projektna življenjska doba objekta.....</i>	<i>16</i>
<i>Slika 12: JONSWAP spekter.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 13: Primer izračunanega spektra po JONSWAP-u.....</i>	<i>22</i>
<i>Slika 14: Sila toka glede na globino med ugrezom in dnom.....</i>	<i>24</i>
<i>Slika 15: Vpliv valovanja na pomorske brežine.....</i>	<i>30</i>
<i>Slika 16: Vpliv morfologije in delovanja valov.....</i>	<i>31</i>
<i>Slika 17: Erozijski proces zaradi odboja vala na vertikalnem zidu.....</i>	<i>31</i>
<i>Slika 18: Mesečni mareograf.....</i>	<i>32</i>
<i>Slika 19: Dnevni mareograf.....</i>	<i>33</i>
<i>Slika 20: Vplivi, ki povzročajo korozijo betona.....</i>	<i>38</i>
<i>Slika 21: Delovanje okolja na beton.....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 22: Stopnja korozije po pilotu.....</i>	<i>46</i>
<i>Slika 23: Galvanski člen korozijske zaščite.....</i>	<i>48</i>
<i>Slika 24: Delujoče zunanje sile na valobran.....</i>	<i>49</i>
<i>Slika 25: Delujoče zunanje sile in odpornostne sile na valobranu.....</i>	<i>51</i>
<i>Slika 26: Tržaški zaliv z rožo vetrov.....</i>	<i>53</i>
<i>Slika 27: Območje kopališča Portorož.....</i>	<i>54</i>
<i>Slika 28: Distribucija jakosti vetrov glede na smer.....</i>	<i>55</i>

<i>Slika 29: Distribucija maksimalne jakosti vetrov glede na smer.....</i>	<i>55</i>
<i>Slika 30: Lestvica najmočnejših tramontan.....</i>	<i>56</i>
<i>Slika 31: Pogostost in višina valov glede na smer.....</i>	<i>58</i>
<i>Slika 32: Distribucija jakosti vetra in velikosti valov.....</i>	<i>58</i>
<i>Slika 33: Povprečne jakosti in pogostost smeri toka.....</i>	<i>60</i>
<i>Slika 34: Poplava morja v Valdoltri 30.okt. 2008, višina morja 306 cm.....</i>	<i>62</i>
<i>Slika 35: Topografija dna piranskega zaliva.....</i>	<i>63</i>
<i>Slika 36: Porazdelitev zrn na površinskem sedimentu.....</i>	<i>63</i>
<i>Slika 37: Teksturna porazdelitev sedimenta.....</i>	<i>65</i>
<i>Slika 38: Obstoječi leseni pomol.....</i>	<i>66</i>
<i>Slika 39: Lokacije lesenih pomolov.....</i>	<i>66</i>
<i>Slika 40a: Obnovljeni leseni pomol. Slika 40b: Star leseni pomol.....</i>	<i>67</i>
<i>Slika 41: Betonska utrditev Portoroške plaže.....</i>	<i>68</i>
<i>Slika 42: Višina loma vala ob ničelni globini vode.....</i>	<i>69</i>
<i>Slika 43: Višina loma valov ob običajni poplavi 0.94 m.....</i>	<i>70</i>
<i>Slika 44: Višina loma valov ob stoletnih poplavi morja 1.79 m.....</i>	<i>70</i>
<i>Slika 45: Višina valov glede na oddaljenost od obale z gladino 0 na vertikalni zid.....</i>	<i>71</i>
<i>Slika 46: Višina vala glede na oddaljenost od vertikalnega zidu ob upoštevanju običajne poplave.....</i>	<i>71</i>
<i>Slika 47: Višina vala glede na oddaljenost od vertikalnega zidu, ob upoštevanju stoletne poplave morja.....</i>	<i>72</i>
<i>Slika 48: Obtežba na pilot.....</i>	<i>74</i>
<i>Slika 49: Sila vala na leseno desko poda.....</i>	<i>82</i>
<i>Slika 50: Maksimalna strižna sila in upogibni moment.....</i>	<i>83</i>
<i>Slika 51: Aktivne sile na težnostni zid.....</i>	<i>87</i>
<i>Slika 52: Betonska utrditev obale na muljnati podlagi.....</i>	<i>93</i>

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Beaufortova lestvica.....</i>	<i>4</i>
<i>Tabela 2: Faktor sunka vetra</i>	<i>5</i>
<i>Tabela 3: Faktor sunka vetra na urno s povprečno hitrostjo vetra</i>	<i>5</i>
<i>Tabela 4: Projektne višine valov</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 5: Premik sedimentov na podlagi hitrosti tokov.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 6: Projektna priporočila.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 7: Biotični in abiotični dejavniki propada lesa</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 8: Razredi ogroženosti glede na mesto uporabe</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 9: Razvrstitev pomembnejših lesnih vrst po naravni odpornosti.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 10: Pomembnejše trajnostne značilnosti nekaterih iglavcev.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 11: Pomembnejše trajnostne značilnosti nekaterih listavcev.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 12: Dovoljena projektna korozija.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 12: Primerjava metod po Godi in Sainflou, horizontalne in vertikalne sile</i>	<i>52</i>
<i>Tabela 13: Primerjava metod po Godi in Sainflou, momenti horizontalnih in vertikalnih sil.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabela 14: Distribucija povprečne jakosti vetrov</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 15: Distribucija maksimalne jakosti vetrov.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 16: Distribucija značilne višine Hs glede na smer.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 17: Distribucija maksimalne višine valov Hmax glede na smer</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 18: Izračun višin morja za dvig morske gladine za 50 cm</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 20: Presoja ogroženosti.....</i>	<i>95</i>

1 UVOD

Globalne klimatske spremembe povzročajo nevšečnosti po celem svetu. Njihov vpliv se odraža tudi na lokalnem nivoju v obliki spremenjenih naravnih pojavov ter njihovi pogostosti in obsežnosti. Na slovenski obali je odziv okolja izražen z zviševanjem morske gladine, povečano temperaturo morja posledično tudi evtrofikacijo, podaljšanim sušnim obdobjem ter pogostejšimi pojavi nevarnih vetrov. (Kolega, 2006; Bertalanič, 2007; Sušelj, 2006).

Piranski zaliv je zaščiten pred najpogostejšimi vetrovi severnega Jadrana (burja in jugo). Od leta 1905 so portoroško kopališče z njegovim zaledjem uporabljali kot turistično rehabilitacijsko središče. Do leta 1980 se je povečalo število prenočitev, ki ga je povzročil hiter razvoj in večanje kapacitet na kopališču in hotelirstvu. Obstoječi pomorski objekti so zavarovani pred najpogostejšimi vetrovi, vendar z večanjem pogostosti vetrov iz zahodne smeri (http://buoy.mbss.org/portal/index2.php?option=com_content&task, 5.6.2009) in z zviševanjem morske gladine (Pranjič, 2008) ter slabim vzdrževanjem, lahko taki objekti ogrožajo delovanje kopališča in obmorskih dejavnosti.

Glavni dejavniki spreminjanja obale in drugih procesov v Piranskem zalivu so vetrovi, ki prevladujejo pri kroženju vode ter premeščanje sedimentov. Vetrovi so poleg plime glavni vzrok za obtežbo na obstoječe pomorske objekte (Thoresen, 2003).

Diplomsko delo je sestavljeno iz teoretičnega in računskega dela. V teoretičnem delu bomo predstavili vpliv okoljskih dejavnikov (veter, plimni tokovi, vetrni tokovi, gostotni tokovi, valovanje)(Thoresen, 2003), na pomorske objekte in morsko dno. Prikazane so nevarnosti, ki predstavljajo hidrodinamični vpliv na pomorske objekte (Pršič, 2008). V računskem delu diplomske naloge bomo teoretična izhodišča aplicirali na kopališče Portorož, ter izračun višine vala, ki ga povzročajo zahodni vetrovi.

Namen diplomske naloge je predstaviti hidrodinamične in hidrostatične vplive na pomorske objekte z aplikacijo oz. prenosom vplivov na kopališče Portorož. Rezultat omenjenih vplivov bo splošna ocena posledic s podanimi smernicami za nadaljne raziskave.

Cilj diplomske naloge je v predstavitvi vplivov ter njihov obseg na obstoječe objekte s predstavitvijo posledic, ki jih taki vplivi povzročijo na objektu in morskem dnu.



Slika 1: Osnovne povezave med nevarnostjo, ranljivostjo in tveganjem (Kozelj et. al., 2008).

Slika 1 predstavlja rdečo nit diplomske naloge. V prvem poglavju so povzete teoretične osnove nevarnosti, ki vplivajo na obalo. V drugem pa so predstavljene ranljivosti obalnih območij in posledično odpornost takih območij. Osredotočili se bomo na kopališče Portorož, kjer bomo določili ogroženost tega področja. S sintezo pridobljenih spoznanj in izračunov bomo ocenili ogroženost objektov, kar služi za oceno tveganja.

2 TEORETIČNE OSNOVE

Poglavje teoretičnih osnov smo razdelili na dva sklopa in sicer na vir nevarnosti, kjer so povzete teorije vplivov okoljskih sil na morje in posledično na morsko dno. V drugem sklopu teoretičnih osnov pa je predstavljena odpornost materialov v morskem okolju in odpornost pomorskih objektov.

2.1 Okoljske sile, ki povzročajo nevarnost

Zunanje sile okolja moramo upoštevati v fazi gradnje ter med življenjsko dobo objekta. Objekt mora prenašati spreminjajoče se ter nepredvidljive okoljske sile, ki delujejo na objekt. Gradnja pomorskih objektov se je začela zaradi preprečevanja erozije ob delovanju morja na zavarovane dele obale pred neurji, kot so pristanišča, kopališča, plaže.

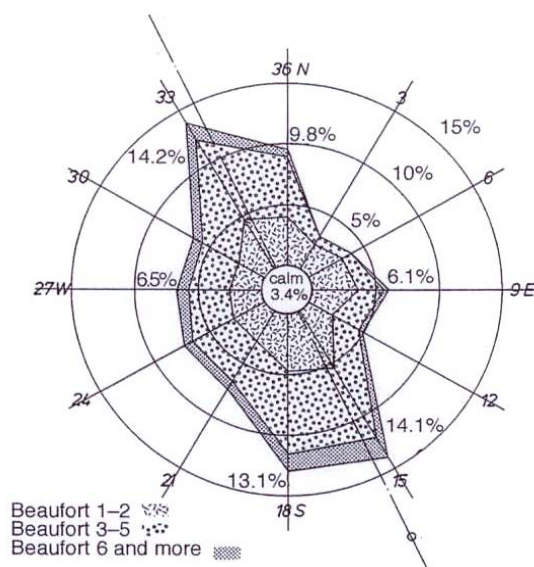
Osnovni dejavniki, ki povzročajo erozijske procese zaradi vetra in vode so: (Steinman, 2009)

- podnebje: padavine, temperatura zraka in zemljišča, gibanje zračnih tokov (veter),
- zemljišča: mehanska sestava zemljišča, hrapavost površine, pokritost površine, vlažnost zemljišča,
- vegetacija,
- relief,
- geološka podlaga,
- antropogeni in drugi dejavniki.

Glavni okoljski dejavnik, ki vpliva na pomorske objekte je posredno veter, ki povzroča morske valove in vetrne tokove. Neposredne vplive imajo valovi, plimni in vetrni tokovi, osončenost, kemijske lastnosti vode. V naslednjem poglavju so povzete okoljske sile, ki jih upoštevamo pri določitvi naravnih obtežb. (Thoresen, 2003).

2.1.1 Veter

Na sliki 2 je primer diagrama rože vetrov, ki prikazuje letno porazdelitev smeri vetra v stopinjah in silo v odstotkih trajanja. Prevladujoče smeri vetra so v tem primeru severozahod in jugovzhod.



Slika 2: Roža vetrov (Thoresen, 2003).

Moči vetra so klasificirane z Beaufortovo lestvico z razponom od 1 do 12 in so prikazane v Tabeli 1. Povprečna hitrost vetra in smer vetra naj bi bila izmerjena 10 m nad gladino morja, izmere naj bi temeljile na 10-min povprečne hitrosti in smeri vetra.

Stopnja	Oznaka vetra	Učinek na morju	Hitrost vetra		
			m/s	km/h	vozli
0	Tišina	Gladko morje	0-1	0-1	0-1
1	Rahla sapica	Drobno nakodrano	2	2-5	2-3
2	Sapica	Zmerni veliki valčki (1 dm)	3-4	6-11	4-6
3	Šibak veter	Posamezne bele grive	5-6	12-19	7-10
4	Zmeren veter	Daljšanje valov, večje bele grive	7-8	20-28	11-15
5	Zmerno močan veter	Bele grive vsepovsod, posamezne pene	9-11	29-38	19-21
6	Močan veter	Nastajanje velikih valov, večje penaste površine	12-14	39-49	22-27
7	Zelo močan veter	Razgibano morje, morje se prične kaditi	15-17	50-61	28-33
8	Viharni veter	Zmerno visoki valovi, pršec, pena v progah	18-21	62-74	34-40
9	Vihar	Visoki valovi, pena, vidljivost zmanjšana zaradi pršca	22-24	75-88	41-47
10	Hud vihar	Zelo visoki valovi se lomijo, morje se peni, pršec zmanjšuje vidljivost	25-28	89-102	48-55
11	Orkanski veter	Izredno visoki valovi, vidljivost komaj kaj	29-32	103-117	56-63
12	orkan	V zraku pena in pršec, belo morje, vidljivost na minimumu	33 ->	118->	63->

Tabela 1: Beaufortova lestvica (JK-Optimist, 2009).

Norwegian Petroleum Directorate navaja, da je maksimalna povprečna hitrost vetra kratkih časovnih period lahko dosežena s povečavo aktualnega 10-min povprečja hitrosti vetra s faktorjem sunka, ki je prikazan v Tabeli 2.

Trajanje vetra	Faktor sunka vetra
3 sekunde	1.35
10 sekund	1.3
15 sekund	1.27
30 sekund	1.21
1 minuta	1.15
10 minut	1.0

Tabela 2: Faktor sunka vetra (Thoresen, 2003).

V kolikor nimamo podatkov o razmerju med sunkom in hitrostjo vetra, lahko razmerje prenesemo iz kratkih periodičnih hitrosti vetra na povprečno hitrost vetra na določenem območju. Tabela 3 prikazuje povezavo med enourno povprečno hitrostjo in združeno maksimalno hitrost v razponu kratkega povprečnega trajanja vetra. Faktor sunka vetra je odvisen od topografije okoli mandrača in pristanišča. Tabela 3 se uporablja za meritve vetra brez napak. Pri obravnavi vplivov vetra s trajanjem manj kot eno minuto, se ta vpliv upošteva kot sekundaren, vendar pri terminalih za kapljevine. Sunki s trajanjem 20-30 sekund lahko povzročijo velik vpliv in jih moramo upoštevati.

Trajanje vetra	Faktor sunka vetra
3 sekunde	1.56
10 sekund	1.48
1 minuta	1.28
10 minut	1.12
30 minut	1.05
1 ura	1.00

Tabela 3: Faktor sunka vetra na enourno s povprečno hitrostjo vetra (Thoresen, 2003).

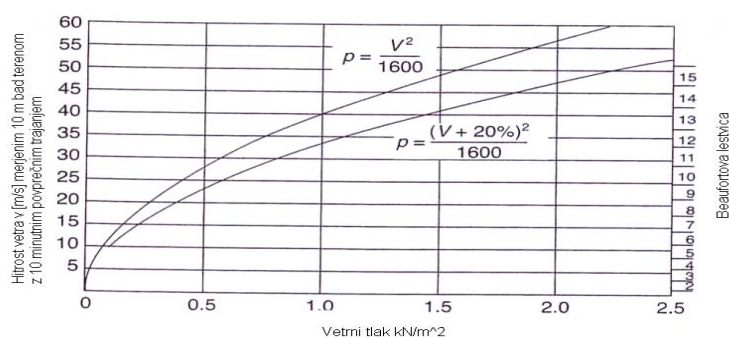
Avtorja (Berriolo, 1980) v svoji knjigi opisujeta le rožo vetrov ter pogostost vetrov in Beaufortovo lestvico jakosti vetrov. Ne omenjata pa vpliv vetra na ladje in posledično na pomorske objekte. Sorensen v svoji knjigi ne opisuje postopkov pridobitve vetrnih podatkov.

Vetrne sile

Vetrne sile vplivajo na pomorske objekte posredno in neposredno. Neposreden vpliv vetrnih sil se odraža na pomorskih objektih večjih površin ter kopališki infrastrukturi. Avtor Thoresen opisuje vetrne sile kot posredni vpliv na priveze, kot reakcijo sil preko bitev na pomorske objekte.

Določitev projektne hitrosti vetra iz merjenih hitrosti vetra se spreminja z reliefom območja, ki jo je potrebno na posameznih območjih oceniti. Projektna hitrost vetra mora ustrezati tudi maksimalni hitrosti sunka vetra, ki bo deloval na ladjo. Pri uporabi enačb za projektiranje privezov ali sider, je priporočena 30-sec povprečna hitrost vetra. Hitrosti sunka vetra so lahko 20 % večje od povprečne hitrosti. V primeru zasidrane/zavezane ladje, mora biti trajanje sunka upoštevano po celotni dolžini priveza, prav tako moramo upoštevati vztrajnost ladje, kar lahko vodi v zmanjšanje projektne hitrosti vetra. V zakup je potrebno vzeti še dejstvo, da porazdelitev vetra ni simetrična vzdolž ladje, kar povzroča rotacijski moment ladje.

Slika 3 prikazuje povezavo med vetrnim tlakom in hitrostjo vetra z 10-min periodo, kjer je potrebno izbrati krivuljo, ki vključuje faktor sunka vetra V+20%. Vetrov s hitrostjo manjšo od 30 m/s in faktorjem sunka 1.2 ne upoštevamo za projektiranje sidrskih konstrukcij, saj bo tlak na površino le 0.81 kN/m². Če hitrost vetra naraste nad 30 m/s, bo ladja lahko zapustila sidrišče ali pa napolnila balast, da zmanjša vetrno površino, saj je vetrna sila sorazmerna s kvadratom vetrne hitrosti.



Slika 3: Povezava med tlakom vetra in hitrostjo vetra na površino (Thoresen, 2003).

2.2.2 Valovi

Valovi so zaradi tradicionalnih in praktičnih razlogov razvrščeni v naslednje tipe (Thoresen, 2003):

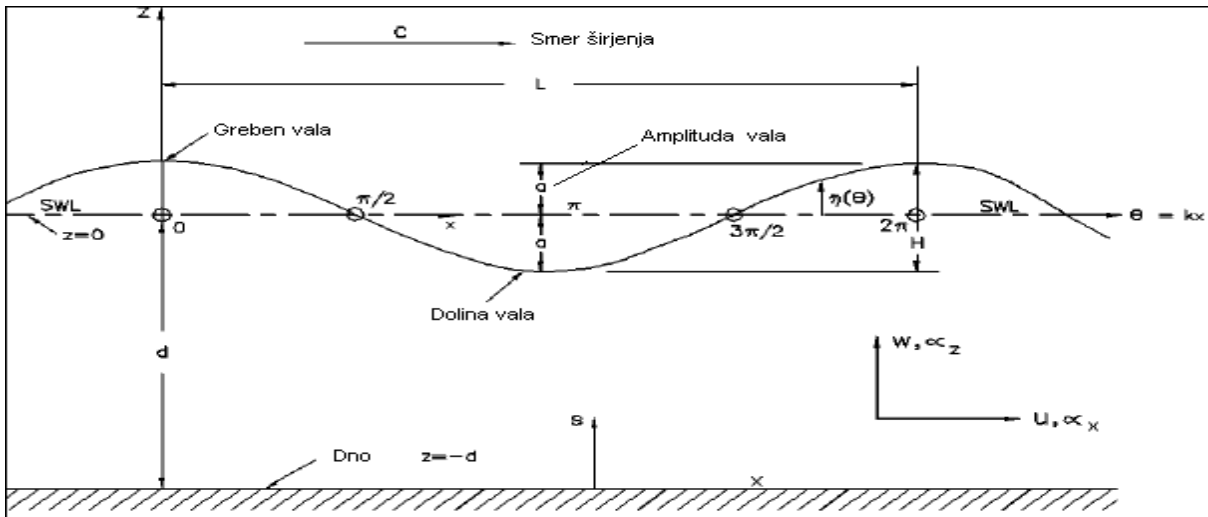
- a) Vetrni valovi ali lokalni valovi: povzročajo jih vetrovi, ki delujejo na morsko površino, ki meji s pristaniščem.
- b) Nabrekli ali oceanski valovi: so vetrni valovi, ki so se izoblikovali v globokem oceanu na oddaljenem območju od pristanišča. Nastajajo zaradi vetra, vendar ko takšni valovi prispejo do obale, je veter na tistem območju lahko prenehal pihati ali pa je spremenil smer.
- c) Dolgi valovi: imajo zelo dolgo periodo od 30 sekund vse do plimnih period 12 ur in 24 minut. Zasledimo jih v zaprtih in pol zaprtih zalivih.
- d) Ladijski valovi: so valovi, ki jih povzroči premikajoča se ladja. Taki valovi povzročajo težave v pristaniščih, ker se pojavijo na območjih, kjer niso bili pričakovani. Ladijski valovi so lahko zelo kompleksni.
- e) Cunami: je val na morski gladini ali skupina takšnih valov, ki nastanejo zaradi potresa, zdrsra zemeljskih tal, ognjeniškega delovanja ali padca meteorita v morje ali blizu obale.

Kategorije valov:

- a) Valovi v globoki vodi: razmerje med globino vode in valovno dolžino je večje od 0.5.
- b) Valovi v prehodni globini: je razmerje med globino vode in valovno dolžino, ki je med 0.5 in 0.04.
- c) Valovi v nizki vodi: so valovi, ki imajo razmerje med vodno globino in periodo manjšo od 0.04.
- d) Lomeči valovi: se pojavijo, ko zgornji del vala prehití spodnjega. V globoki vodi se to zgodi, ko je dolžina vala manjša od sedemkratne višine vala. V nizki vodi pa pri približni globini 1.25 višine vala. Globina lomljenja je definirana kot globina pri mirni vodi, kjer se začnejo valovi lomiti.

Valovi, ki jih povzroči veter, so definirani z njihovo višino, dolžino in periodo. Odvisni so od kontaktne površine med vetrom in vodo, hitrostjo vetra ter trajanjem in smerjo vetra. Valovne

karakteristike za globoko vodo so prikazane na Sliki 4. Perioda je čas, ki jo porabi greben vala do naslednjega grebena vala. Strmina vala je definirana kot valovna višina deljena z dolžino. Val potuje zaradi njegove forme in dela energije, ki ga potiska naprej.



Slika 4: Valovne karakteristike v globoki vodi (Water wave mechanics, 2002).

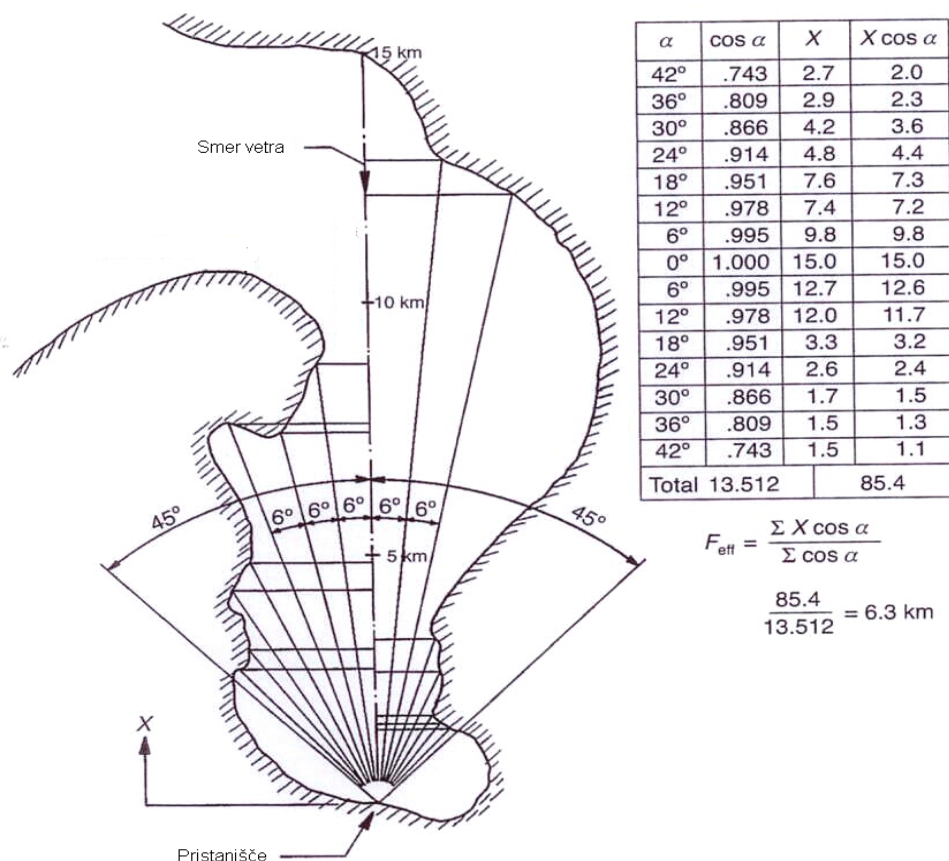
Višina vala je definirana kot:

- H_m – aritmetična povprečna višina vseh posnetih višin vala med periodo opazovanja $0.6 H_s$.
- H_s – je pomembna višina vala, ki je sestavljena iz ene tretjine največjih valov navedenega intervala opazovanja.
- $H_{1/n}$ – je povprečna vrednost od $1/n$ največjih valov v seriji, po navadi dolžine 15-20 minut. Uporablja se vrednost za opredeljeno višino valov n : 3, 10, 100.
- $H_{1/10}$ – je aritmetična srednja vrednost višine valov od najvišjih 10 % valov, $H_{1/10} = 1.27 H_s$.
- $H_{1/100}$ – je aritmetična srednja vrednost višine valov od najvišjih 1 % valov, $H_{1/100} = 1.67 H_s$.
- H_{max} – maksimalna valovna višina. $H_{max} = 1.87H_s$ ali zaokroženo $2H_s$. Maksimalno višino vala se uporabi za projektiranje nepredvidljivih nevarnosti.

Spremenljivke, ki nastopajo v enačbah za vetrne valove:

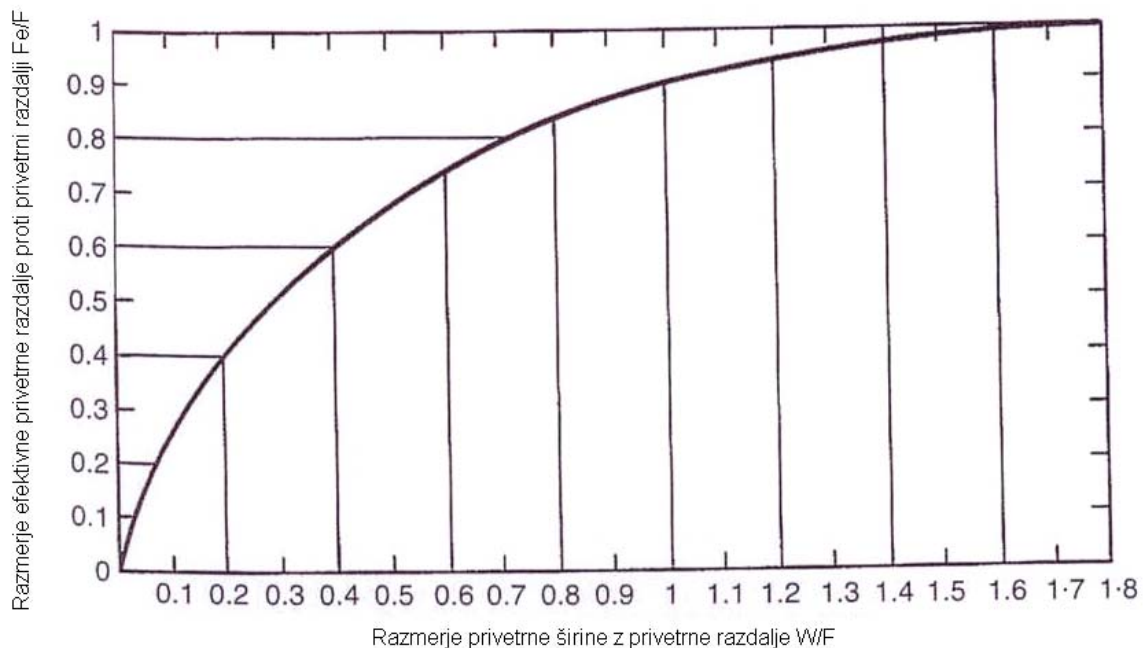
- V_{10} = hitrost vetra merjeno 10m nad morskó gladino z 10 minutno povprečno vrednostjo, ki je reprezentativna za celoten doseg vetra.
- F = dolžina dosega vetra oz. privetrna razdalja.
- t = trajanje vetra.

Na tem področju avtorja (Berriolo, 1980) ne opisujeta do potankosti določanja privetrne razdalje. Omenjata le odvisnost valov od hitrosti vetra in privetrne razdalje ter podajata grafe za določitev višine vala v globoki vodi, kjer so grafi do 1000 km privetrne razdalje. Med tem ko Thoresen podaja grafe le do 40 km, kar nakazuje na projektiranje na zaprtih območjih oz. zalivih, Sorensen ne omenja postopkov pridobitve višin valov iz privetrnih razdalj, temveč privzame merjene podatke vetrov in valov hkrati, kar zahteva merjenje z oceanografsko bojo.



Slika 5: Določitev privetrne razdalje oz. dosega vetra (Thoresen, 2003).

Pravilni izračuni višine vala na koncu privetrne razdalje zahtevajo podrobno poznavanje razdalje in vetrnega območja. Postopek določanja efektivne privetrne razdalje je prikazan na Sliki 5. Ta je sestavljen s kompozicijo 15-ih radialnih črt od sidrišča, v intervalih po 6° , omejen s kotom 45° na obeh straneh s smeri vetra. Radialne črte se raztezajo od sidrnega objekta pa do meje z obalo, kot prikazuje Slika 5. Dolžinska komponenta vsake radialne črte v smeri vzporedno na smer vetra se izmeri in pomnoži s kosinusom kota. Vrednosti rezultata vsake radialne črte so seštete skupaj in deljene z vsoto kosinusovega zmnožka vsakega posameznega kota. Kjer je območje pravokotno z relativno enotno širino, se lahko s Slike 6 določi efektivno dolžino dosega vetra. Privetrna razdalja obdana z obalo, ima občutno manjši vpliv na valove, kot pa veter, ki piha preko odprtega morja.



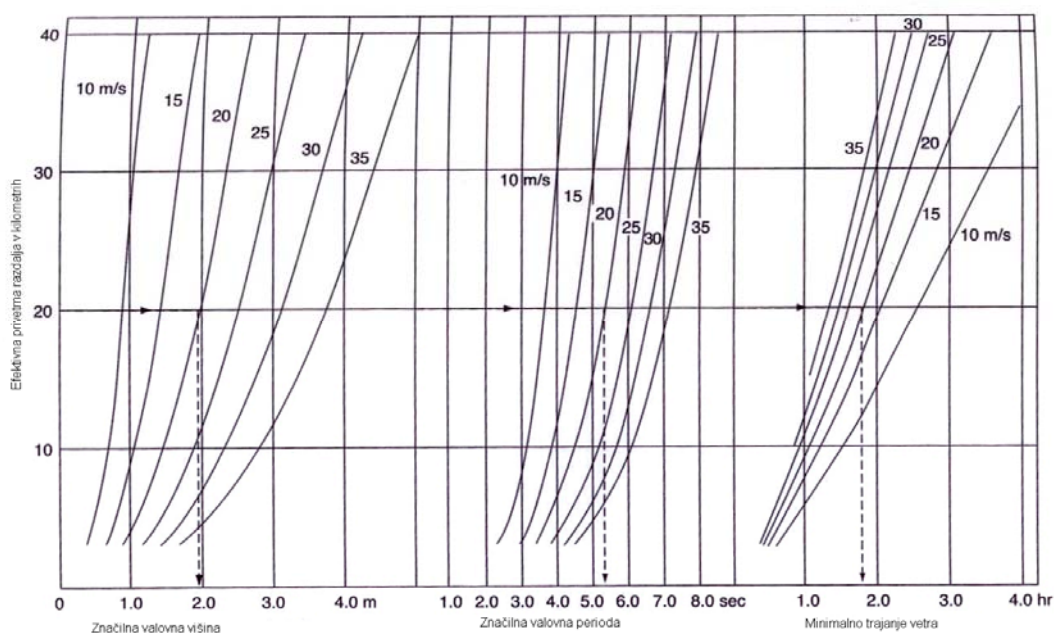
Slika 6: Privetrna razdalja v pravokotnih zalivih s konstantno širino (Thoresen, 2003).

Na splošno se valovi oblikujejo s prenosom energije med premikanjem zraka prek morske površine v različnih oblikah:

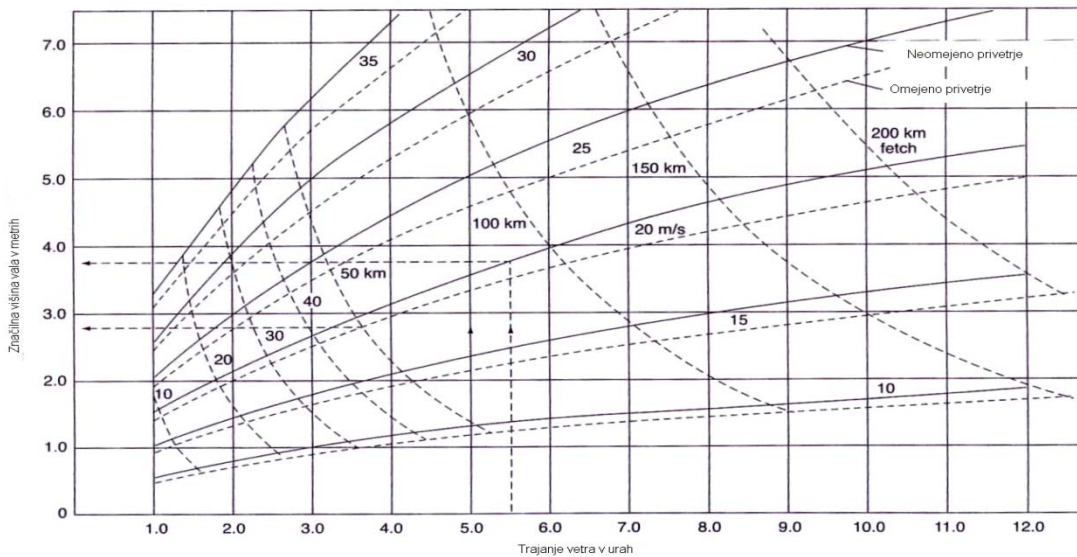
- Prva sprememba se zgodi zaradi majhne razlike v tlaku s premikanjem zraka. Razlike v pritisku narastejo zaradi premikanja vetra pred in za valom.
- Tangencialni tlak med vodo in zrakom, ki potuje z različno hitrostjo.

Razvidno je, da so lastnosti vala povezane s hitrostjo vetra, saj je razlika v tlaku in tangencialnem tlaku odvisna od vetra. Valovi ustvarjeni z vetrom, bodo dosegli tipične lastnosti za določeno hitrost in trajanje vetra. Valovi se na začetku hitro večajo do meje, ko dosežejo določene lastnosti, ki jih povzroča veter.

Na Sliki 7 je značilna valovna višina, perioda in minimalno trajanje vetra za konstantno hitrost vetra, ki je prikazan kot funkcija dosega vetra v globoki vodi. Določimo jo na podlagi privetrne razdalje v kilometrih, ter hitrostjo vetra v metrih na sekundo. Na Sliki 8 pa je prikazana značilna višina vala kot funkcija trajanja vetra konstantne hitrosti z omejenim in neomejenim privetriščem za globoko vodo. Na slikah je značilna višina vala izražena v metrih, valovna perioda v sekundah, hitrost vetra v metrih na sekundo, doseg oziroma domet v metrih in trajanje vetra v sekundah ali urah. Za praktično valovno napovedovanje lahko hitrost vetra vzamemo kot konstanto, če sunki vetra ne presegajo variacije 2.5 m/s oziroma (5 vozlov) glede na povprečje.

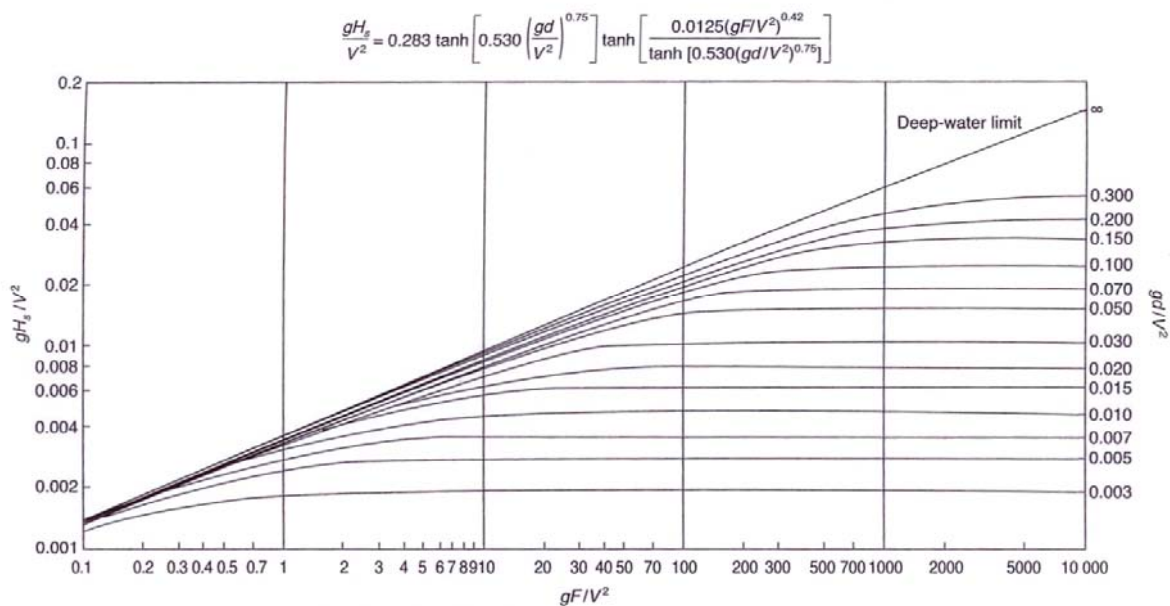


Slika 7: Določanje višine vala in periode vala na podlagi trajanja vetra za globoko vodo (Thoresen, 2003).



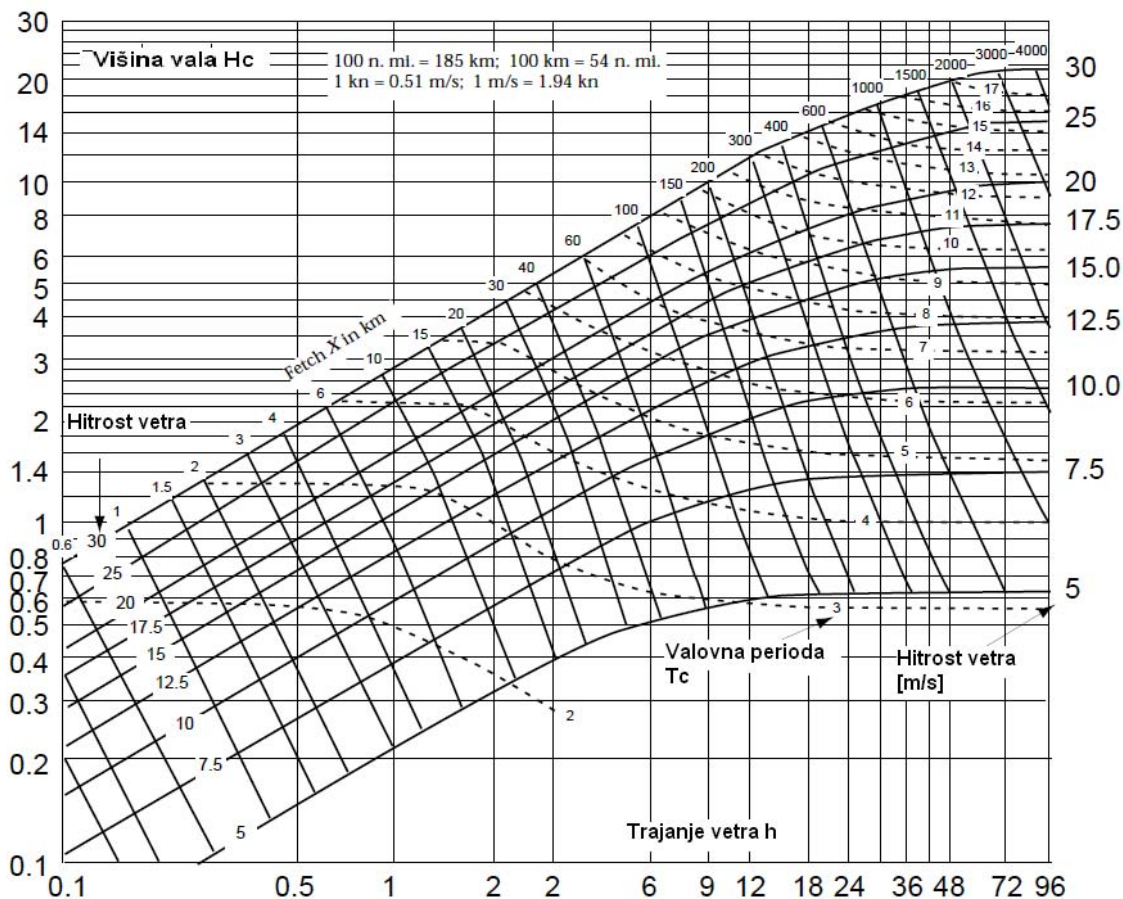
Slika 8: Določanje valovnih karakteristik z omejeno in neomejeno privetrno razdaljo (Thoresen, 2003).

Globina vode je ključnega pomena pri nastajanju valov. Za dano hitrost vetra in doseg bo valovna višina manjša in valovna perioda krajša v nizki in prehodni globini, medtem ko bodo v globoki vodi ti parametri večji. Na Sliki 9 je prikazana značilna višina vala kot funkcija dosega in hitrosti vetra z neomejenim trajanjem vetra v nizki in prehodni globini s faktorjem trenja ob dnu 0.01.



Slika 9: Značilna višina vala z neomejenim trajanjem vetra v nizki in prehodni globini (Thoresen, 2003).

Za napovedovanje značilne višine in periode vala uporabljamo metodo Groen – Dorrenstein, ki jo priporočajo WMO (World Meteorological Organization), (Pršič, 2008). Graf se uporablja tako, da se iz leve na desno spremlja konstantno hitrost vetra, nato poišče njeno presečišče s privetrno razdaljo, ali trajanjem vetra. Na Sliki 10 je prikazana Groen – Dorrenstein metoda določanja višine in periode valov.



Slika 10: Groen – Dorrenstein metoda določanja višine in periode valov (Pršič, 2008).

Valovi v bližini pristanišč

Napravo, ki meri valovanje, je potrebno namestiti na obravnavano območje tako, da so zbrani podatki za daljše obdobje. Najkrajše obdobje za pridobitev zanesljivih in reprezentativnih podatkov je eno leto.

V večini primerov so valovi, ki sestavljajo projektni val v pristanišču, kombinacija oceanskih valov in lokalnih vetrnih valov. V pristaniščih lociranih v zaščitenih vodah, kot so zalivi in

fjordi, obravnavamo oceanske in vetrne valove posebej. Na odprtih območjih sta ta dva tipa valov neločljiva, zato jih obravnavamo kot oceanske valove. Lokalni vetrni in oceanski valovi so združeni s seštevkom energijskih komponent obeh.

$$H_{S,I} = \sqrt{H_{S,W}^2 + H_{S,O}^2} \quad (1)$$

Kjer je:

$H_{S,I}$ – višina združenih valov

$H_{S,W}$ – višina vetrnih valov

$H_{S,O}$ – višina oceanskih valov

Lomeči valovi

Do loma vala pride, ko zgornji del vala prehití spodnjega. Z vidika projektiranja pristanišč je lom vala povezan z omejeno globino vode. Prvi približek višine loma vala lahko dobimo iz splošnega izraza:

$$d_b = 1.28H_b \quad (2)$$

Kjer je:

d_b – globina lomljenja,

H_b – individualna višina vala pri lomu.

Delovanje valov

Večina sidrnih objektov je zaščitenih pred večjimi vplivi valovanja. Statični izračuni takih objektov ne temeljijo na silah in reakcijah, ki jih povzročijo valovi, temveč od sile, ki jih povzroči udar ladje v objekt ob nesrečah, sile na priveze. Pri valobranih in podobnih konstrukcijah, ki so izpostavljene valovom, pa je potrebno preiskati vse možne vplive in jih tudi upoštevati. Karakteristike in vpliv vala v pristanišču so diktirane od naslednjih faktorjev:

- a) batimetrije, topografije dna v bližini konstrukcij,
- b) val, ki se lahko odbija od strme obale,

- c) val se lomi okoli vogala pomola v nizki vodi,
- d) ko val naleti na nižjo vodo, se dvigne njegova višina, kar vpliva na projektno višino vala.

Objekti so lahko dimenzionirani na višino vala manjšo od H_{max} , kjer lahko prihranimo strošek za material in izvedbo, vendar s tem povečamo nevarnost udara poplavnih voda. Projektne dimenzije lahko zmanjšamo do te mere, da je objekt varen za ljudi.

Projektni val

Izbira projektnega vala s povratno dobo R_p , je definirana kot povprečni čas, časovne dobe med dvema zaporednima dogodkoma, kjer je višina vala enaka ali večja od dane projektne valovne višine. Ta metoda je uporabna za enostavne pomorske objekte kot so: pomoli, mandrački, valobrani (Thoresen, 2003). Projektna povratna doba naj bi bila med 50 in 100 leti za enostavne tehnične objekte. Pri uporabi povratne dobe moramo paziti na posledice naleta prekomernega vala od projektirane višine vala. Povratne dobe krajše od 25 let se uporablja za objekte, kjer prekomerni valovi nimajo škodljivega vpliva ali pa povzročena škoda ne predstavlja velikega vložka oz. je le-ta minimalna. Na območjih, kjer pomorski objekt varuje zdravje in človeško življenje, je minimalna projektna doba 100 let. Specifikacija priporočene življenjske dobe objekta ni nujno enako dolga, kot povratna doba. Če je življenjska doba ali projektna delovna doba N let določenega objekta, je potrebno zagotoviti, da v N letih tak objekt ne bo utrpel projektne obtežbe, kar projektanti ne morejo zagotoviti, zato se izračuna verjetnost P dogodka med življenjsko dobo.

$$T = \frac{1}{1 - \sqrt[n]{1 - \frac{P}{100}}} \quad (3)$$

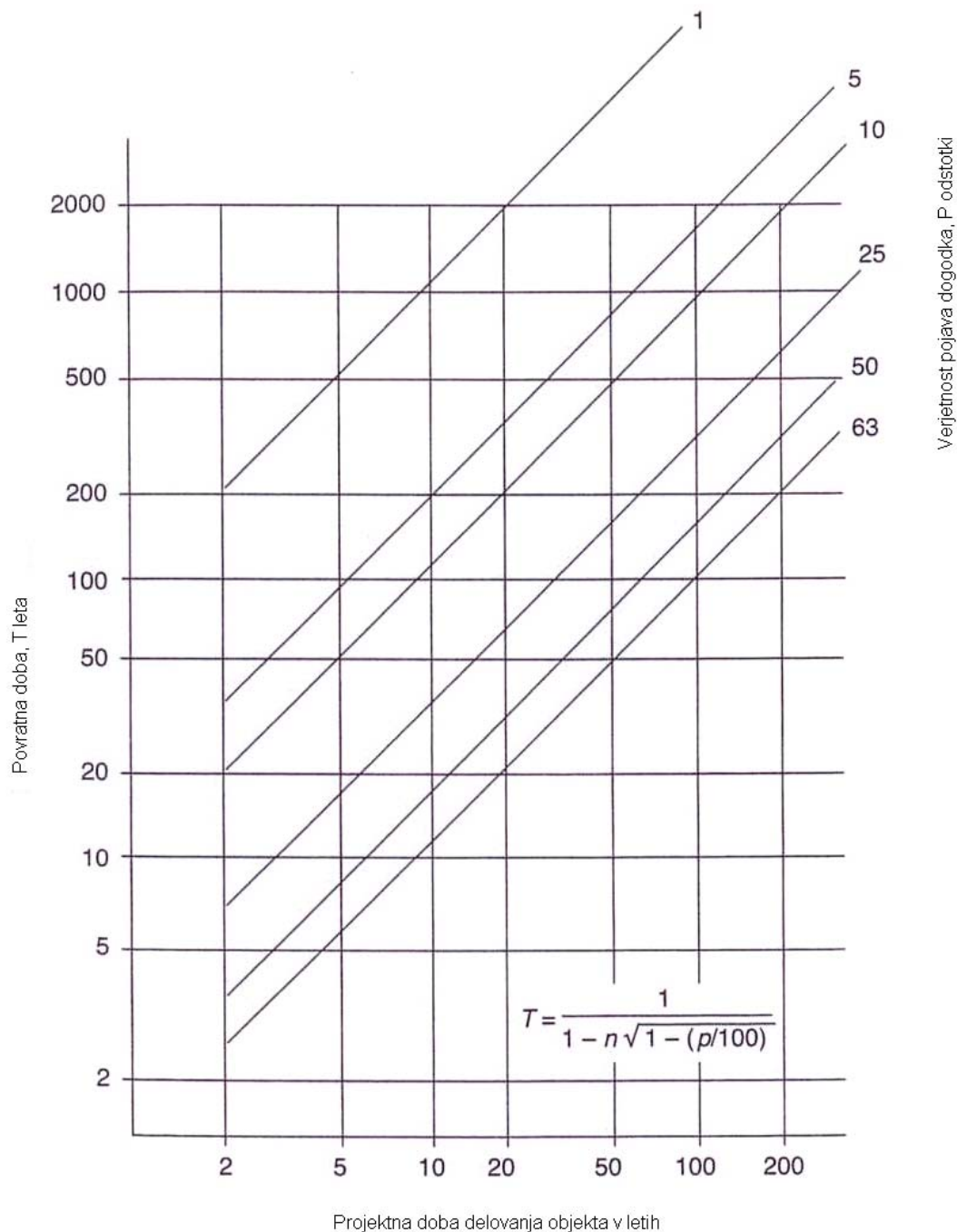
Kjer je:

T – projektna povratna doba,

n – projektna življenjska doba,

P – verjetnost (%) naleta značilne višine vala (večjo od projektne) med življenjsko dobo.

Na Sliki 11 je prikazana zveza med projektno življenjsko dobo, povratno dobo in verjetnostjo presežka normalne povprečne valovne višine.



Slika 11: Povratna doba vala in projektna življenjska doba objekta (Thoresen, 2003).

Sila valovanja na ladje

Sila vala, ki deluje na ladjo po španskem standardu (Spanish Standard ROM 0.2-90), priporoča izračun sile vala po postopku:

Tabela 4 prikazuje projektne višine valov za različne objekte.

Tip objekta	H_{des}/H_s
Erozijska zaščita	1.0 – 1.4
Valobran iz lomljenca	1.0 – 1.5
Betonski valobran	1.6 – 1.8
Sidrni objekt	1.8 – 2.0
Objekt z zahtevano visoko varnostjo	2.0

Tabela 4: Projektne višine valov (Thoresen, 2003).

Vpliv valov na ladje nima neposrednega vpliva na pomorske objekte, vendar posledično vpliva na muringe/priveze katerih sila se prenese preko bitev na pomol.

Prečna ali bočna sila valov v kN:

$$F_{Twave} = C_{fw} * C_{dw} * \gamma_w * H_s^2 * D' * \sin^2 \alpha * 10 \quad (4)$$

Vzdolžna sila valov v kN:

$$F_{Twave} = C_{fw} * C_{dw} * \gamma_w * H_s^2 * D' * \cos \alpha * 10 \quad (5)$$

Kjer je:

$$D' = L_{bp} * \sin \alpha + B * \cos \alpha$$

Kjer je:

C_{fw} – vodno površinski koeficient odvisen od dolžine vala L_w na lokaciji ladijskega ugreza D . Če je $(2\pi / L_w) * D$ večje od 1.4, vzamemo $C_{fw} = 0.064$, in če je $(2\pi / L_w) * D$ manjši od 0.2, vzamemo $C_{fw} = 0.0$.

C_{dw} – globinski koeficient odvisen od dolžine vala L_w in globine vode na določeni lokaciji. Če je $(4\pi / L_w) * h$ več kot 6.0, vzamemo $C_{dw} = 1.0$, če je $(4\pi / L_w) * h$ enak 0.0, vzamemo $C_{dw} = 2.0$,

γ_w – specifična gostota vode, morska voda (1.034 t/m^3), sladka voda (1.00 t/m^3),

H_s – projektna višina vala,

α – kot med dolžinsko osjo ladje (od premca do krme) in med smerjo valov,

D' – dolžinska projekcija ladje glede na smer valov,

L_{bp} – dolžina med pravokotnicami,

B – širina najširše širine ladje,

D – ugrez ladje,

h – globina vode na določeni lokaciji.

Avtorja (Berriolo, 1980) sta posvetila večji pomen lomljenju in difrakciji oceanskih valov, ter njihovo širjenje in lomljenje po zalivih. Njihova spoznanja temeljijo na dolgoletnih opazovanjih in merjenjih valov na odprtem morju in v zalivih. Na podlagi dolgoletnih merjenj imajo izdelane karte, kjer so narisani valovi, ki so najbolj neugodni za določeno področje. Narisane so smeri valov, višina valov ter njihovo širjenje po zalivu.

2.1.3 Spekter valovanja

S pogledom na morsko gladino opazimo, da valovanje ni enostavna sinusna funkcija, temveč skupek valov različnih višin in period, ki se prepletajo. Za opis takega pojava, se poslužujemo spektralne porazdelitve valovne energije.

Spektre valovanja delimo na dve veji in sicer; na določanje empiričnega spektra iz valovnega zapisa, ter prognozo spektra iz vetrnih in valovnih podatkov (Pršič, 2008). Avtor je namenil več pozornosti prognozi spektra iz vetrnih podatkov, saj se pogosto dogaja, da nimamo na razpolago podatkov o valovih iz katerih bi lahko dobili realni spekter.

Valovni spekter deli na dva dela; spekter v popolnoma razvitem morju, ki ga predstavlja Pierson-Moskowitzov spekter, ter spekter nepopolno razvitega morja, ki ga predstavlja JONSWAP spekter. (Pršič, 2008).

Spekter popolno razvitega morja

Predstavlja tako stanje morja, ko sta privetrna razdalja in trajanje vetra dovolj dolga, da se razvije največji prenos energije vetra na valove. Tak spekter je odvisen samo od hitrosti vetra. Slednjemu pripisujejo največje valove, in je podan z enačbo:

$$S_{\eta\eta}(\omega) = \frac{\alpha g^2}{\omega^m} e^{-\beta \left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^n} \quad (6)$$

Kjer je:

$S_{\eta\eta}(\omega)$ – funkcija spektralne gostote [$\text{m}^2\text{s}/\text{rad}$],

ω – kotna frekvenca [rad/s],

ω_p – kotna frekvenca vrha spektra [rad/s],

α – Philipsova konstanta (parameter spektra) = $8.1 \cdot 10^{-3}$,

β – parameter spektra = $5/4$, $m = 5$, $n = 4$,

g – gravitacijski pospešek = 9.81 [m/s^2].

Končna oblika enačbe Pierson – Moskowitz je oblike:

$$S_{\eta\eta}(\omega) = \frac{8.1 \cdot 10^{-3} g^2}{\omega^5} e^{-\frac{5}{4} \left(\frac{0.8772 \cdot g/U}{\omega}\right)^4} \quad (7)$$

Kjer je:

ω_p – kotna frekvenca vrha spektra [rad/s] = $0.8772 g/U$,

U – hitrost vetra merjen na 19.5 m, nad morsko gladino [m/s].

Spekter nepopolno razvitega morja

Opisuje stanje morja, kjer se ni ustvaril popoln transfer energije vetra na valove, zaradi omejene privetrne razdalje in omejenega trajanja vetra. Najbolj prepoznaven je JONSWAP spekter, ki je določen z naslednjo enačbo:

$$S_{\eta\eta}(\omega) = \frac{\alpha g^2}{\omega^5} e^{-\frac{5}{4}\left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^4} * \gamma e^{-\left[\frac{(\omega-\omega_p)^2}{2\sigma^2\omega_p^2}\right]} \quad (8)$$

Kjer je:

$\alpha = 0.076 \left(\frac{gF}{U^2}\right)^{-0.22}$ – parameter spektra, odvisen od hitrosti vetra,

$\beta = 5/4$ – parameter spektra, empiričnega izvora,

$\omega_p = 2\pi 3.5 \frac{g}{U} \left(\frac{gF}{U^2}\right)^{-0.33}$ – kotna frekvenca vrha spektra [rad/s],

$g =$ od 1 do 9 – stopnja povišanja vrha spektra $g=1$ za Pierson – Moskowitz spekter, $g=3.3$ srednja JONSWAP vrednost, $g=7$ za zelo špičaste spektre.

$\sigma_a = 0.07$ za $\omega \leq \omega_p$ – širina spektra v levo,

$\sigma_b = 0.09$ za $\omega > \omega_p$ – širina spektra v desno,

F – privetrna razdalja v [m],

U – hitrost vetra 10 m nad morsko gladino [m/s].

Po JONSWAP-ovi metodi je privetrna razdalja omejujoč faktor, ki ne dopušča razvoj vetrnih valov do popolno razvitega morja. Po naslednji enačbi lahko določimo maksimalno dolžino privetrne razdalje:

$$F[m] \leq 2.32 * 10^4 \left(\frac{U^2}{g}\right) \quad (9)$$

Trajanje vetra je tudi omejujoč faktor. Zato je podana enačba JONSWAP tudi za trajanje vetra, kjer spremenimo parameter α , in frekvenco vrha spektra ω_p :

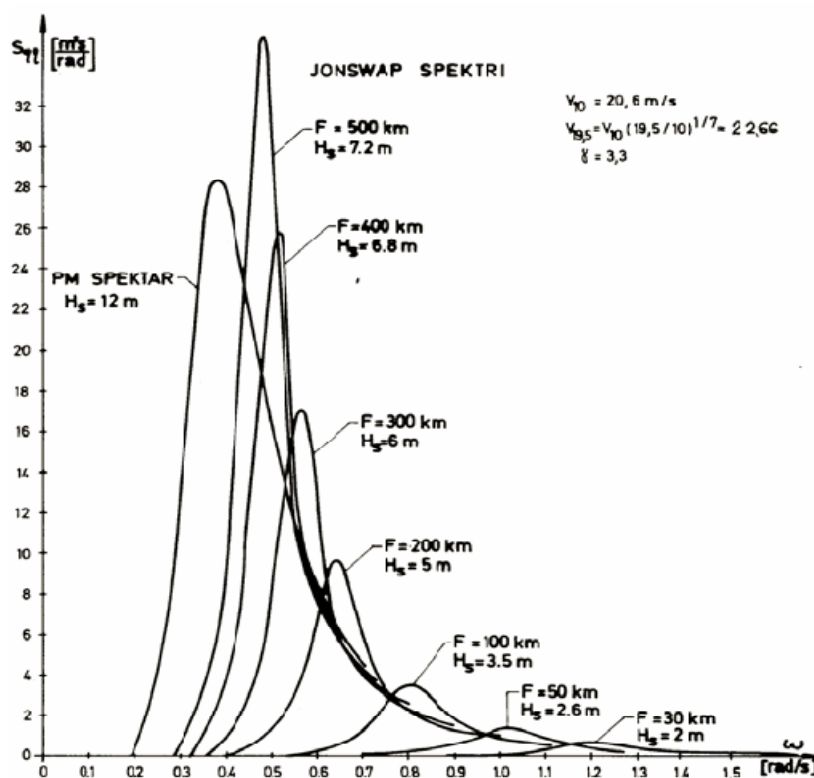
$$t[s] \leq 63.8 \leq \left(\frac{g}{U}\right) * \left(\frac{gF}{U^2}\right)^{0.7} \quad (10)$$

Parametra:

$$\alpha = 0.183 \left(\frac{gt}{U} \right)^{-0.286} \quad (11)$$

$$\omega_p = 2\pi * \frac{g}{U} \left(\frac{gt}{U} \right)^{-\frac{3}{7}} \text{ [rad/s]} \quad (12)$$

Spremenljivke v enačbah (9, 10, 11, 12) so opisane pod opisom osnovne enačbe spektra.



Slika 12: JONSWAP spekter (Pršič, 2008).

Na Sliki 12 je prikazan primer JONSWAP spekter, za hitrost vetra 20.6 m/s kjer je:

F – privetrna razdalja v [km],

H_s – značilna višina vala [m],

$S_{\eta\eta}(\omega)$ – funkcija spektralne gostote [$m^2/s/rad$],

ω – kotna frekvenca [rad/s].

JONSWAP-ov spekter, ki temelji na podatkih o valovanju (Daemrich et. al., 2004). Enačba porazdelitve je enaka:

$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4 f^5} \exp\left[-\frac{5}{4}\left(\frac{f}{f_p}\right)^{-4}\right] * \gamma \exp\left[\frac{-(f - f_p)^2}{2\sigma^2 * f_p^2}\right] \quad (13)$$

Kjer je:

$S(f)$ – funkcija spektralne gostote [$m^2/s/rad$],

f – kotna frekvenca [rad/s],

f_p – kotna frekvenca vrha spektra [rad/s],

α – parameter spektra, odvisen od hitrosti vetra,

σ – standardna deviacija spektra.

Pri pogojih:

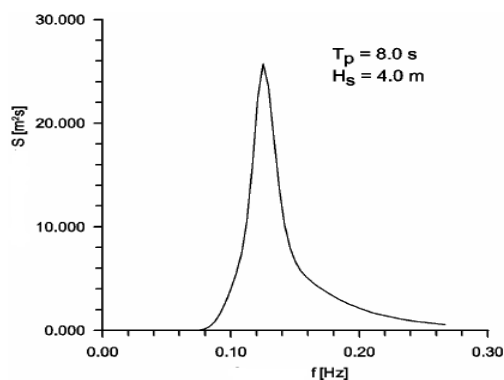
$\gamma = 3.3$; $\sigma_a = 0.07$ ($f < f_p$); $\sigma_b = 0.09$ ($f \geq f_p$).

Značilno višino vala (H_s), dobimo iz momenta (m_0) funkcije:

$$m_0 = \int S(f) * f^0 * df \quad (14)$$

$$H_s = 4 * \sqrt{m_0} \quad (15)$$

Spektralna gostotna porazdelitev je prikazana na sliki 13.



Slika 13: Primer izračunanega spektra po JONSWAP-u (Daemrich et. al., 2004).

2.1.4 Tokovi

Poznamo dve vrsti tokov v morju: plimni in vetrni tok (Thoresen, 2003). Za določanje vpliva na priveze in vplive ob pomorskem objektu je potrebno dobro preučiti jakost takih tokov. Tok lahko nastane v pristanišču zaradi vetrnega transporta vodnih mas, razlike temperature in soli, vpliva plime ter dotoka vode iz rek.

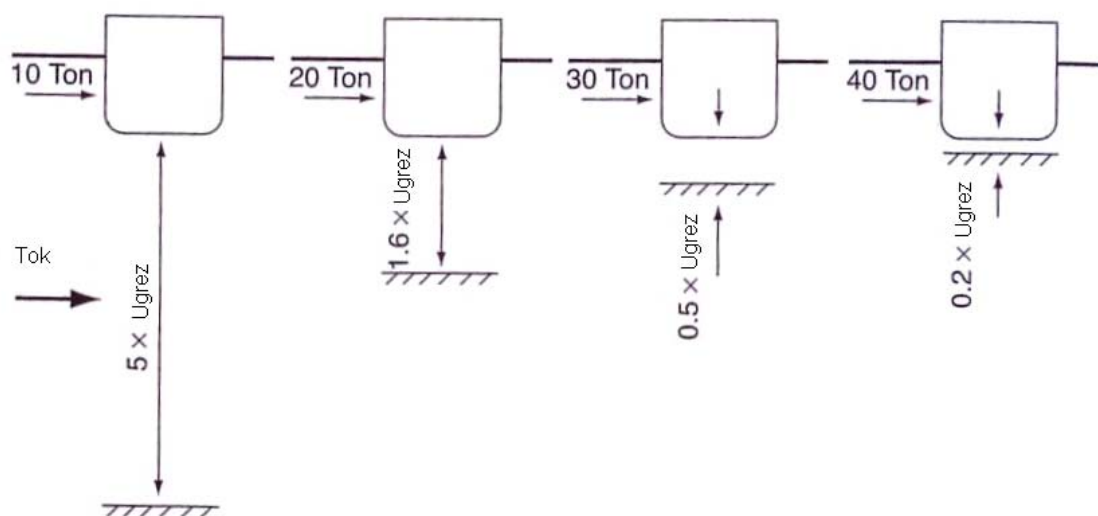
Pri projektiranju novega pomola za priveze je pomembno, da je čelni del čim bolj vzporeden smeri toka. Ker se smer toka spreminja, je potrebno narediti preiskavo za daljše časovno obdobje za velikost toka pravokotno na čelni del pomola. Komponenta toka lahko doseže vrednost 0.5 m/s pravokotno na objekt. Pri tem moramo izpostaviti, da je delo na takem pilotu zahtevno.

Tokovi v večini primerov ne povzročajo obtežbe, ki bi ogrožala vitalnost že narejenih objektov. Bolj pomembni so med samo gradnjo takih objektov. Pri toku s hitrostjo večjo od 1.5 m/s je nameščanje pilotov zahtevno, potapljačem pa že pri toku s hitrost 0.5 m/s. (Thoresen, 2003)

Plimni tok mora biti merjen na različnih globinah pristanišča, ki ga obravnavajo kot poplavni tok naraščajoče plime in oseke. Velikost vetrnih tokov je na odprtih morjih približno 1 – 2 % od hitrosti vetra merjenega 10 m nad vodno gladino. Pristanišča, sidrni objekti in privezi za naftne in plinske tankerje morajo biti sposobni prenašati obtežbo katerega koli toka, ki deluje simultano s projektnim vetrom iz katerekoli smeri z 1.5 m/s ali 3 vozli za 0° in za 180° (tok vzporedno glede na pomol), 1.0 m/s ali 2 vozla za 10° in 170° ter 0.4 m/s ali 0.75 vozla za smer maksimalnega tokovnega tlaka. (Thoresen, 2003).

Sila toka

Sile tokov, ki delujejo na ladjo, se lahko spreminjajo s tipom in velikostjo ladje. Najlažje jih ocenimo s testi. Podolžne sile tokov so odvisne od izpodriva teže ladje. Sila toka je pomemben dejavnik, prištevamo jo vplivu vetra za dimenzioniranje privezov. Vpliv toka je odvisen od globine vode pod ladjo kot je prikazano na Sliki 14.



Slika 14: Sila toka glede na globino med ugrezom in dnom (Thoresen, 2003).

Avtorja (Berriolo, 1980) se osredotočita na tokove, ki delujejo kot sila, ki premešča sedimente in povzroča mehanske erozijske procese, ki so opisani v naslednjem poglavju.

2.1.5 Mehanski erozijski procesi

Morski tokovi in valovi povzročajo premikanje vodnih mas v morju. S trenjem ob dnu morja in vodne mase suspendirajo delce iz dna, kar povzroča zalaganje ali odnašanje morskega dna. Posledično prihaja do poglobljanja ali dviganja morskega dna. Predvsem je potrebno nameniti velik poudarek spodjedanju temeljev pomorskih objektov. V poglavju bodo predstavljeni vplivi tokov, valov in morfologije na erozijske procese v morju in na pomorske objekte.

Vpliv tokov na sedimente

Morski tokovi običajnih hitrosti imajo prevladujočo horizontalno smer in niso sposobni zadrževati suspendiranih delcev od tal. Delci hitro izgubijo hitrost in padejo nazaj na dno. Transport in dvig delcev se lahko zagotovi le s prisotnostjo vrtincev, obračanja in prehoda valov. Dvignjeni delci se premikajo vzdolž toka, dokler ne padejo na dno. (Berriolo, 1980)

Podana je Tabela 5, ki temelji na preizkusih in empiričnih enačbah, ki nam povedo kolikšna mora biti horizontalna hitrost za premik mulja, peska in proda. Relativne hitrosti v koloni I se

nanašajo na začetni premik masnih delcev v primeru melja in peska ter formacijo brazd (ripple marks). V koloni II so podatki za hitre vlečne hitrosti mase, ki uničuje brazde (ripple marks). Tabelirane hitrosti so minimalne, ki so potrebne za takšen masni premik zrn sedimenta.

Klasifikacija sediment. materiala	Povprečni premer zrn [cm]	Hitrost [cm/s] posamezni	Hitrost [cm/s] na kupu	Hitrost [cm/s]	
				I	II
Mulj (okrogla oblika)	0.02	-	-	11	31
	0.04	-	-	18	45
	0.06	-	4	23	55
	0.15	7	9	38	88
Prod (okrogla oblika)	0.35	13	16	60	140
	0.65	20	24	85	190
	1	26	30	110	250
Večji prod (ploščata oblika)	2.5	50	60	190	390
	5	75	90	270	600

Tabela 5: Premik sedimentov na podlagi hitrosti tokov (Berriolo, 1980).

Morsko dno ni ravno, temveč izbrazdano zaradi depresij in heterogenih dvigov. Granuli in prod so lahko različnih oblik, ki tvorijo trdno prileganje, kjer s prisotnostjo glin tvorijo homogeno maso, ki je odporna na vlečne sile tokov v globoki vodi. Šibki tokovi lahko premeščajo sedimente v globokih vodah, če je prisotno neregularno ter vrtničasto gibanje valov.

Robni pogoj ob dnu predstavlja splošni izvorno/ponorni člen za plavine (Žagar, 1999). Ob dnu je mogoče usedanje plavin, kadar so dejanske strižne hitrosti ob dnu manjše od kritičnih, ali resuspendiranje že usedlih delcev, kadar so kritične strižne hitrosti ob dnu prekoračene. Količina materiala, ki se usede ali resuspendira, je odvisna od koncentracije plavin ob dnu, hitrosti usedanja delcev in transportne sposobnosti toka, ta pa je odvisna od razmerja med dejanskimi in kritičnimi strižnimi hitrostmi oz. napetostmi.

Kritično strižno hitrost ob dnu določimo z enačbo:

$$u_{*,cr} = \sqrt{\Theta_c * (S_s - 1) * g * D_{50}} \quad (16)$$

Kjer je

Θ_c - parameter mobilnosti, odvisen od premera zrna plavin in kinematične viskoznosti vode,

$u_{*,cr}$ - strižna hitrost toka ob dnu [m/s],

S_s - relativna gostota delcev [kg/m^3],

g - gravitacijski pospešek [m/s^2],

D_{50} - srednji premer zrn [m].

Dejanske strižne hitrosti ob dnu so posledica tokov in valovanja. Predvsem pri večjih jezerih in morju je vpliv valovanja zelo pomemben, saj so hitrosti in tokovi običajno razmeroma majhni, strižne napetosti ob dnu pa so v glavnem posledica oscilatornega gibanja vode med valovanjem. Vsako od komponent določimo posebej in ju nato vektorsko seštejemo, saj pri določitvi strižnih hitrosti velja princip superpozicije. Dejanske strižne hitrosti ob dnu zaradi tokov določimo po enačbi:

$$u'_* = \left| \frac{\sqrt{g}}{C'} * \bar{u} \right| \quad (17)$$

Kjer je:

u'_* - strižna hitrost ob dnu [m/s],

g - gravitacijski pospešek [m/s^2],

C' - koeficient zrnivosti plavin [kg/m^3],

\bar{u} - povprečna vertikalna hitrost [m/s].

Vpliv valov na sedimente

Valovno gibanje je s svojim neposrednim in posrednim vplivom na sedimente glavni predstavnik distribucije detritičnih materialov na litoralni platformi, predvsem na površju in potopljenem delu plaže. (Berriolo, 1980).

Valovi v globoki vodi nimajo specifičnega vpliva vendar, ko taki valovi prispejo v nizko vodo s koeficientom ($K \geq 1$), je globina vode enaka ali manjša od polovične dolžine vala in se del energije prenese na trenje ob dno.

Enačba o ohranitvi energije na enoto dolžine vala v območju nastajanja valov (globoka voda):

$$g L_0 h_0^2 - g L h^2 = e \quad (18)$$

Kjer je:

g - gravitacijski pospešek [m/s^2],

L_0 - polovična dolžina vala v globoki vodi [m],

h_0 - polovična višina vala v globoki vodi [m],

L - polovična dolžina vala v nizki vodi [m],

h - polovična višina vala v nizki vodi [m],

e - izgubljena energija.

Če je padec dna reda 1%, enačba ne velja, saj višina vala ostane enaka. Za padec dna večji od 1% lahko zapišemo zvezo:

$$e = L_0 h_0^2 g \left(1 - \frac{1}{K}\right) \quad (19)$$

Kjer je:

e - izgubljena energija,

g - gravitacijski pospešek [m/s^2],

L_0 - polovična dolžina vala v globoki vodi [m],

h_0 - polovična višina vala v globoki vodi [m],

K - koeficient izračunan po enačbi (20).

$$K = \frac{h_0}{L_0} + 0.039 \frac{D^{3/2}}{\rho - \rho_0} \quad (20)$$

Kjer je:

L_0 - polovična dolžina vala v globoki vodi [m],

h_0 - polovična višina vala v globoki vodi [m],

ρ - specifična gostota zrna [kg/m^3],

ρ_0 - specifična gostota vode [kg/m^3],

D - premer srednjega zrna [m].

Manjša kot bo vrednost K , večja bo energija trenja na dnu in večji kot bo naklon, bolj bo intenzivna na enoto površine.

Enačba 21 predstavlja prag začetka erozije sedimentov. Hitrost na dnu, ki je sposobna premakniti delce v gibanje z določenimi karakteristikami delca in karakteristikami vala.

$$U_m = 0.37 d_n^{\frac{1}{4}} (d - 1)^{2/3} T^{3/8} \quad (21)$$

Kjer je:

U_m - hitrost gibanja toka ob dnu,

d_n - premer zrna,

d - specifična gostota zrna,

T - perioda premikajočega se vala.

Hitrost premikanja glede na dimenzijo in gostoto delca narašča s periodo gibanja vala. Čim manjša je perioda gibanja vala, hitreje preide delec v gibanje.

Strižne hitrosti zaradi valovanja določimo iz parametrov valovanja (periode, višine in valovne dolžine) ter karakteristik plavin oz. sedimenta na dnu z empiričnimi enačbami (Žagar, 1999). Višino in periodo valovanja po celotni površini je mogoče določiti, če poznamo hitrost vetra in privetrno razdaljo, t.j. dolžino območja, na katerem nastajajo valovi zaradi vetra nespremenjene hitrosti in smeri. Ta je definirana kot razdalja med opazovano točko in najbližjo obalo v smeri, od koder piha veter. Z empiričnimi enačbami lahko izračunamo valovno dolžino, vršno hitrost in amplitudo valovanja ter koeficient trenja ob dnu. Strižne napetosti $\tau_{b,w}$ oziroma strižno hitrost ob dnu $u_{b,w}$ zaradi valovanja izračunamo po enačbah:

$$\tau_{b,w} = 0.25 * \rho * (U_{d,p})^2 * f_w \quad (22)$$

Kjer je:

$\tau_{b,w}$ - strižne napetosti ob dnu zaradi valov [N/m^2],

ρ - gostota [kg/m^3],

$U_{d,p}$ - vršna hitrost vala [m/s]

f_w - koeficient trenja.

$$u_{b,w} = \sqrt{\frac{\tau_{b,w}}{\rho}} \quad (23)$$

Kjer je:

$u_{b,w}$ - strižna hitrost ob dnu zaradi valov [m/s],

$\tau_{b,w}$ - strižne napetosti ob dnu zaradi valov [N/m²],

ρ - gostota [kg/m³].

Pri resuspendiranju delcev z dna je robni pogoj podan kot koncentracija lebdečih plavin na referenčni globini a [m], imenovana referenčna koncentracija, ki jo določimo v odvisnosti od višine oblik dna ali iz hrapavosti dna (D_{90}). Običajno se privzete vrednosti za referenčno globino gibljejo med enim in desetimi odstotki celotne globine ($H/100$ do $H/10$).

Po primerjavi meritev in različnih metod določitve referenčne koncentracije C_a , ki je enaka ravnotežni koncentraciji C_{ae} , lahko zapišemo:

$$C_{ae} = 0.015 * \frac{D_{50} * T^{1.5}}{a * D_*^{0.3}} \quad (24)$$

Kjer je:

C_{ae} - ravnotežna referenčna koncentracija plavin [kg/m³],

D_{50} - srednji premer zrn plavin [m],

T – transportni parameter [-],

a - referenčna globina [m],

D_* - parameter zrna.

Pod sidrnimi objekti, kot so pomoli na pilotih, se vrši erozija brežine. Poznamo več vzrokov, ki povzročijo tako erozijo in sicer, valovi in propeler ladij (Thoresn, 2003). Predstavljeno bo zgolj dimenzioniranje take brežine, ki temelji na Hudsonovi enačbi:

$$W_{50} = \frac{\rho_s * H_{des}^3}{K_D * \left(\frac{\rho_s}{\rho_w}\right)^3 * \cos \alpha} \quad (25)$$

Kjer je:

W_{50} - povprečna teža kamnitega bloka v kN,

H_{des} – projektna višina vala med H_s in $1.4H_s$,

ρ_s – gostota kamenega bloka 26 kN/m^3 ,

ρ_w – gostota vode 10.26 kN/m^3 ,

α – kot brežine,

K_D – oblikovni in stabilnostni koeficient, ki ima vrednost 3.2 na dnu morja, 2.3 na gladini oz. vrhnjem delu brežine, ter 2.7 za lomeče valove.



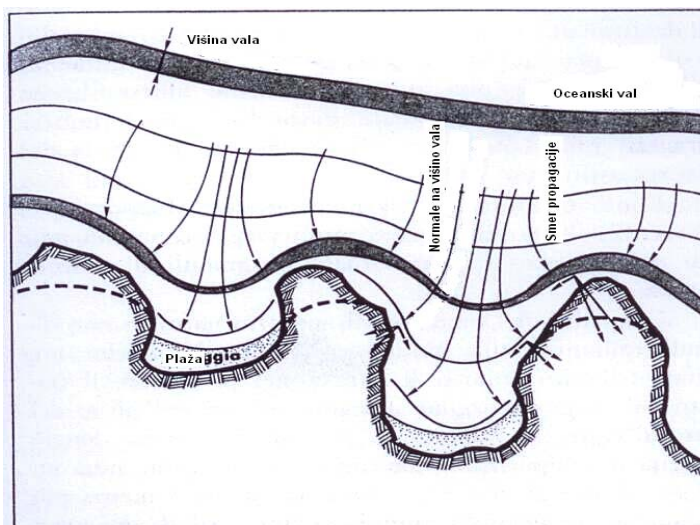
Slika 15: Vpliv valovanja na pomorske brežine (Thoresen, 2003).

Na sliki 15 je prikazano kako valovi vplivajo na brežine pod pomorskimi objekti na pilotih. V takih primerih je potrebno brežine utrditi s skalometom ali pa betonom. Stremeti moramo k sonaravnem urejanju, zato je bolj primerna uporaba kamna.

2.1.6 Vpliv morfologije obale na porazdelitev sedimentov

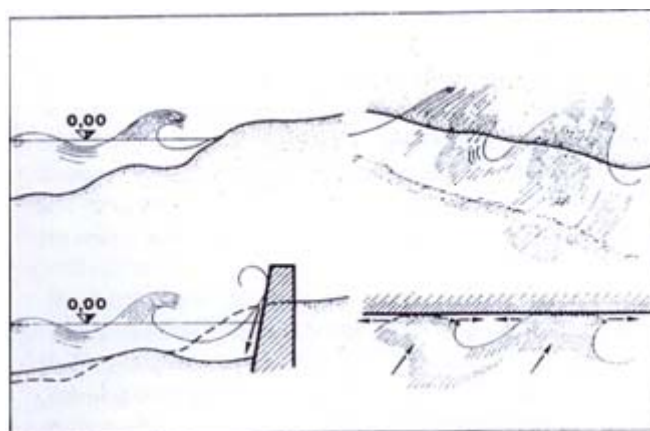
Obalna morfologije ima temeljni vpliv na porazdelitev sedimentov (Berriolo, 1980).

Na sliki 16 je primer razgibane obale, z značilnimi globokimi uvalami, ki so pregrajene z kamnitimi rti. Vpliv tokov je zmanjšan, pojavljajo se vrtinčasti tokovi, ki vzdigujejo sedimente, kjer sposobnost refrakcije valov vpliva na gibanje sedimentov. Na sliki 16 je prikazano spreminjanje morfologije obale zaradi vpliva valovanja in tokov na sedimente in obalo.



Slika 16: Vpliv morfologije in delovanja valov (Berriolo, 1980).

Kadar se val zaleti v koherentni objekt, se ta deloma ali v celoti odbije. Odbiti val ima v svoji smeri širjenja tendenco dvigovanja sedimentov (Slika 17). V takih primerih je potrebno utrjevanje temeljev z večjimi frakcijami kamenja ali pa izbrati tako obliko pomorskih objektov, ki bodo val lomile in ne odbijale.



Slika 17: Erozijski proces zaradi odboja vala na vertikalnem zidu (Berriolo, 1980).

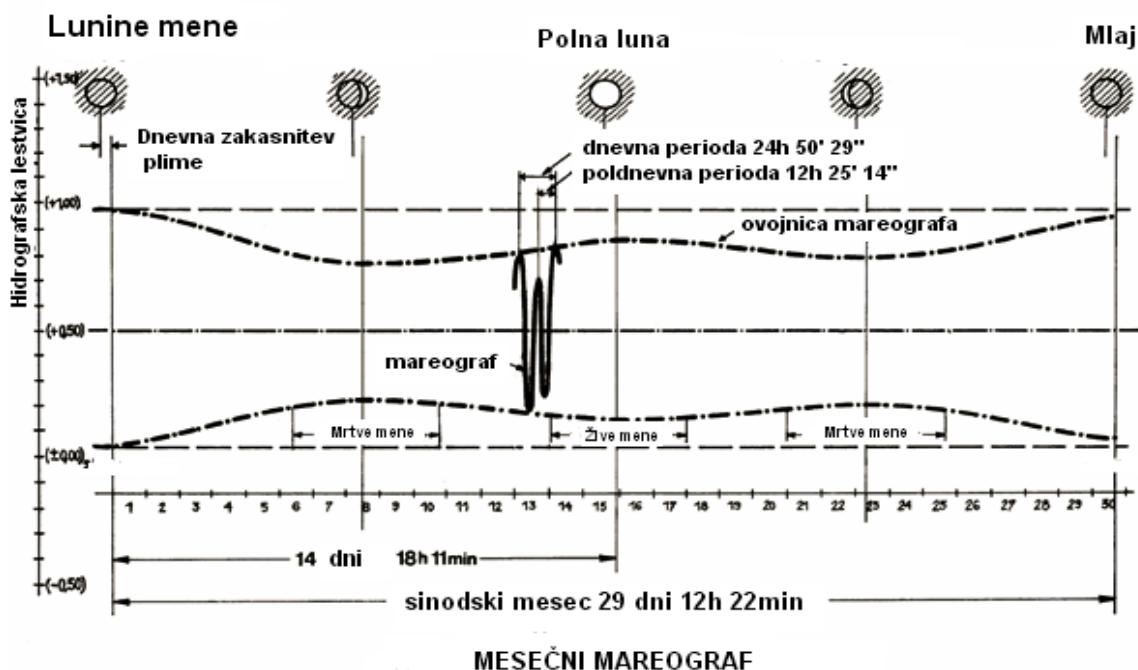
Slika 17 prikazuje obnašanje valov pri peščeni plaži in betonski utrditvi. V primeru peščene plaže se val preliva v notranjost plaže, kjer izgubi svojo energijo. V primeru betonskega zidu, pa se val ne more prelivati v notranjost obale, ker mu to preprečuje zid. Njegova energija preide v odboj vala, ki povzroča spodkopavanje temeljev, ki ga štejemo pod negativne vplive.

2.1.7 Plimovanje morja

Ekstremne morske plime so poleg valov, osnova za vse vrste inženirskih študij v pomorstvu.

Pojem morska plima je v odnosu z nivojem fizične površine morja, ki je v razmerju z neko referenčno ravnino. Morska plima se pojavi v trajno dolgem valovnem procesu, ki se imenuje morska mena. Glavni dejavnik, ki vpliva na nihanje morske gladine je gibanje Sonca in Lune s periodo okoli $\frac{1}{2}$ do 1 dneva in jo lahko determiniramo. Poznamo tudi slučajne vplive, kot so; veter, zračni pritisk, valovi, letno nihanje morja, ki dajejo celotni plimi značaj slučajnega procesa. (Pršič, 2008).

Na sliki 18 je prikazana perioda mesečne variacije morske mene, ki je polovica sinodskega meseca. Amplituda mene se spreminja tekom enega meseca.



Slika 18: Mesečni mareograf (Pršič, 2008).

Na sliki 19 je prikazana dnevna variacija morske mene, ki se lahko pojavi z eno ali dvema periodama. Enodnevna perioda ima 24 ur in 50 minut, poldnevna pa 12 ur in 25 minut. Mene na Jadranskem morju so poldnevne tipa v času mlade in polne Lune. Enodnevni tip pa v času prve in zadnje četrtine Lune.



Slika 19: Dnevni mareograf (Pršić, 2008).

2.2 Odpornost kot funkcija ranljivosti

Pričujoče poglavje je razdeljeno na dve podpoglavji, kjer bomo v prvem predstavili ranljivost okolja (Slika 1), ranljivost človeka, ranljivost objektov zaradi pomorskih dejavnikov. V drugem podpoglavju bodo opisani pomorski dejavniki, ki vplivajo na odpornost pomorskih objektov in uporabljenega materiala. Odpornost objektov in materialov je obratno-sorazmerna z ranljivostjo. Povečana ranljivost pomeni zmanjšana odpornost.

2.2.1 Vpliv pomorskih gradenj na ranljivost morskega okolja

Poglavje je povzeto po knjigi Design of Coastal Revetment, Seawalls and Bulkheads (1995), kjer nam avtorji predstavijo problem pomorske gradnje in kako le ti vplivajo na morsko okolje.

Fizikalni vplivi

Pomorski sistem na območju objektov stremi k dinamičnemu ravnovesju. Valovi, tokovi in vetrovi imajo sposobnost prenašanja sedimentov in s tem zagotavljajo razpoložljivost materiala. Ob pomanjkanju materiala znotraj sistema, se pri pribitku sedimentov vrši erozija, pri pomanjkanju materiala pa sedimentacija. Ob zaščiti obale z zaščitnimi objekti, se preneha erozija obale in s tem prenos sedimentov v sistem. Za vzpostavitev ravnovesja sedimentov si mora sistem od drugod zagotoviti sedimente, kar ima lahko različne posledice v okolju.

Znižanje sedimentacije zaradi zmanjšanja erozije je v večini primerov pozitivna posledica. Erozija, ki je prenesena na druga območja, pa ima lahko negativne posledice. Nekateri vertikalni objekti kot so pregrade, povzročajo povečan odboj valov in turbulenco zaradi katerih izginjajo/uničujejo frontalne obale, kar je običajno negativno. V vsakem primeru je potrebno preučiti vsako situacijo in vplive za določitev potencialnih sprememb v obalnih in otoških procesih. (Seawalls, 1995)

Vpliv na fizikalno kvaliteto vode

Vpliv objektov za zaščito obale na vodno kvaliteto se lahko obravnava v dveh kategorijah:

- a) Povečanje neraztopljenih snovi v času izgradnje.
- b) Spremenjeno kroženje vode zaradi objekta.

Gradnja objektov za zaščito obale lahko prekine prenos trdnih delcev v druge vode. Raziskave so pokazale, da je padanje kvalitete vode zaradi suspendiranih snovi med gradnjo v vodi neutemeljeno, dokazano pa je, da so suspendirane snovi povišane samo v območju gradnje in hitro potonejo na dno ob koncu gradnje. Sicer so take gradnje kratkotrajne in namenjene zmanjševanju nastajanja suspendiranih snovi. Disperzija neraztopljenih trdnih snovi v območju gradbišč se lahko nadzira s postavljanjem zaves iz geotekstila, ki preprečuje prenos za 80 % do 90 %, vendar je njihova uporaba omejena na hitrost toka 0.5 m/s. Pri tem je potrebno poudariti še prepreko vnosa strupenih ali drugih škodljivih snovi, ki izhajajo iz gradbenih materialov, opreme, razlitja iz strojev, ki morajo vsebovati projektne specifikacije. Pomorski objekti lahko vplivajo na kakovost vode s spreminjanjem vzorcev pretoka. Spremembe cirkulacije vode lahko povzročijo spremembe v prostorski porazdelitvi kakovosti sestavin vode, razlike v stopnjah spiranja potencialnih onesnaževalcev in spremembe v vzorcih usedanja sedimentov.

Okoljske presoje učinka cirkulacije se najprej preveri v fizikalnih spremembah vode, kot so; slanost, temperatura in hitrost. V kolikor pride le do majhnih sprememb v fizikalnih spremembah, se domneva, da v kemijskih lastnostih vode ne bo večjih sprememb. (Seawalls, 1995).

Biološki vpliv

Na območjih zaščite obale je prisotna velika raznovrstnost živih bitji. Tako območje vključuje vrste za komercialne, rekreativne in estetske namene. Raznolikost in prisotnost določenih vrst je odvisna predvsem od lege obale in podnebja. Suspendirane snovi vplivajo na bentonske vrste v manjši meri na priobalnih pasovih. Na odprtih morjih so spremembe drastično naravne in vsakodnevne, zato je preživetje bentonskih vrst odvisna od njihove prilagodljivosti. Postavitev obalnih zaščitnih objektov zahteva začetno motnjo bentonskega substrata, vendar se po končani gradnji tvori nov substrat, ki je sestavljen iz gradbenega materiala in obstoječega sedimenta. Na mnogih območjih s pomorskimi objekti se tvori nov habitat, ki v drugih primerih ni dostopen. (Seawalls, 1995).

Kratkotrajni vplivi

Kratkotrajni vplivi so običajno povezani z dejansko gradbeno fazo projekta. Dejanski kratkotrajni vplivi so merjeni v dnevih in tednih in jih zato lahko zmanjšamo. Prevoz gradiv na gradbišče, priprava in gradnja s težkimi stroji, zasipavanje in razvrščanje materiala povzročajo začasno onesnaženost zraka in hrupa v bližini mest. Moteno je gnezdenje, počivanje in krmljenje rib ter drugih vodnih in prostoživečih živali. Če je le možno, se projekt planira izven časa drstenja rib. Začasno zmanjšanje kvalitete vode lahko povzroči vplive, ki so obravnavani v odstavku o biološkem vplivu na strani 34. V primeru, da se brežina pogosto erodira ali zamulji, so ti vplivi minimalni. Zamuljenje obalnih morskih trav ali koral, kot posledica gradnje, izkopavanj in polnjenj na območju gradnje, imajo lahko kratkotrajni ali dolgotrajni vpliv, odvisno od sestave sedimenta, tokov in cirkulaciji vodnih mas na tem območju. Vplivi gradnje na območju z visokim odstotkom finega materiala, kjer je morsko dno poraščeno z morsko travo, so lahko vpliv veliki, zato je potrebno posebno planiranje in previdnost oziroma zaščita območja z geotekstilom. Izkopavanja nudijo nova območja iskanja hrane rib in lahko začasno uničijo bentonske habitate. Dviganje usedlin iz morskega dna lahko motijo prehranjevanje in dihanje rib, zlasti tistih, ki živijo na dnu in se ne morejo hitro gibati. Hitro gibljivi organizmi pobegnejo iz motenega območja. (Seawalls, 1995).

Dolgotrajni vplivi

Dolgotrajni vplivi so odvisni od lokacije, oblike in materiala uporabljenega v pomorskem objektu. Vpliv pločevinastih pregrad lociranih na povprečno nizkih sladkovodnih močvirjih, bo bistveno drugačen kot obložena brežina s kamenjem v industrijskem pristanišču. Vertikalni objekti pospešujejo erozijo obale zaradi povečanja turbulence in energije odbitega vala, kar ustvarja neprimerne habitate za vrste, ki živijo na dnu pred pomorskim objektom. Po drugi strani pa zaščita temelja lomljencem ali pa pregrada, ki je grajena pod določenim naklonom, pomaga pri zmanjšanju valovne energije in nudi habitat zaželenim vrstam. Pregrade in obloge lahko zmanjšajo območje bivalvice in s tem prekinejo pomemben prehod med morskim in kopnim okoljem, kar povzroča izgubo drstitvenega prostora, gnezdenja, reje, krmljenja ter zaščitnega habitata za določene vrste. Število projektnih alternativ lahko zmanjša negativne vplive. Tabela 6 povzema projektna priporočila za doseg okoljskih kvalitet s pomorskimi objekti. (Seawalls, 1995).

Faktor	Projektna priporočila	Okoljska korist
Lokacija	<ul style="list-style-type: none"> - Višina objekta naj bo nad povprečno visoko vodo. - Izogibati mokriščem, območjem gnezdenja ptic in želv. - Izogibanje koralnim in morsko travnatim dnom. - Izogibanje arheološkim najdiščem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nemoteno delovanje plime. - Nemoteno delovanje vegetacije. - Ni vpliva na premeščanje litorala.
Uporabljen material	<ul style="list-style-type: none"> - Kamen. - Obdelan les in gladek beton. - Jekleni piloti. - Večji kamniti bloki. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zaželeni naravni odpornejši materiali.
Oblika objektov	<ul style="list-style-type: none"> - Stopničasti ali naklonski zidovi. - Zaščita temelja. - Uporaba plavajočih ali pilotiranih pomolov. - Ohraniti obstoječo obliko obale in izogibanje ostrim robovom. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepreka odboja vala. - Več različnih habitatov.

Tabela 6: Projektna priporočila (Seawalls, 1995).

Thoresen, Berriolo, Soresen, Agershoul obravnavajo zgolj pomorske dejavnike, ki vplivajo na pomorske objekte in kako se tem negativnim pomorskim dejavnikom izognemo.

2.2.2 Ranljivost pomorskih objektov zaradi delovanja okolja

Poglavje je razdeljeno na dve podpoglavji in sicer odpornost konstrukcijskih materialov, ter statična odpornost objektov. V naslednjem poglavju bodo predstavljeni vzroki propadanja konstrukcijskih materialov v pomorski gradnji.

Ranljivost konstrukcijskih materialov

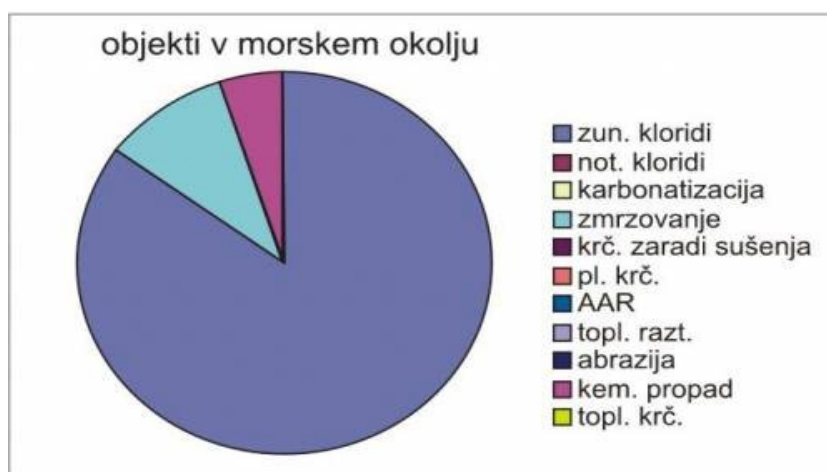
Odpornost pomeni sposobnost materiala, da se med uporabo upira spremembam lastnosti in propadanju zaradi agresivnih vplivov. Pri tem gre navadno za zelo zapletene procese oziroma mehanizme propadanja. V pomorski gradnji so najpogosteje uporabljeni materiali jeklo, beton, kamen in les.

Beton

Odpornost betona je odvisna tako od uporabljenih materialov ter sestave in strukture betona kot od vrste in intenzivnosti zunanjih vplivov na konstrukcijo. Enaka vrsta betona ima pri različnih zunanjih vplivih lahko različno odpornost, zato omogoča različno življenjsko dobo konstrukcije. (Šelih, 2003)

Mehanizmi propadanja (degradacije) so procesi ali reakcije, ki spreminjajo lastnosti materiala ali gradbenega elementa. Ob sinergijskih učinkih je propadanje materiala lahko kombinacija več hkratnih procesov. V naravnem okolju so procesi propadanja dolgotrajni in posledica niza okoliščin, ki jih ne moremo povsem spremljati, zato je pravi mehanizem propadanja pogosto težko ugotoviti.

Dobro poznavanje mehanizmov propadanja je zlasti pomembno pri ugotavljanju stanja poškodovanih konstrukcij in zasnovi sanacije poškodovanih objektov, pa tudi pri projektiranju in zagotavljanju trajnosti zahtevnih objektov. Na sliki 20 je prikazan graf z najpogostejšimi vplivi morja na razpad betona.



Slika 20: Vplivi, ki povzročajo korozijo betona (Šelih, 2003).

Glede na kompleksnost problematike propadanja armirano betonskih konstrukcij delimo vplive na več področij obravnave:

- Mehanski vplivi, kot so; preobremenitve, udarci ali vibracije, odvisno od njihove jakosti in pogostosti, v končni fazi po navadi vodijo k nastanku razpok na AB konstrukciji.
- Fizikalni vplivi so zelo številni, med njih štejemo; abrazijo, erozijo, zmrzovanje in odtaljevanje, kristalizacijo soli, krčenje betona zaradi izsuševanja, krčenje in raztezanje zaradi termičnih vplivov, prekrystalizacijo produktov hidratacije, ki povzročajo propadanje oz. korozijo betona.
- Kemijski vplivi, ki s kemijskimi reakcijami povzročajo korozijo betona. Zelo agresivne so različne naravne vode in sicer; tekoče trde vode brez prostega CO₂, ki povzročajo izluževanje betona; mehke vode brez prostega CO₂, ki povzročajo izluževanje betona; vode s CO₂, ki povzročajo karbonizacijo in padec alkalnosti betona; žvepleno kisle vode, ki povzročajo alkalno kislo reakcijo in razkroj betona; sulfatne vode, ki povzročajo t.im. sulfatno korozijo in nastanek etringita; vode z magnezijevimi ali amonijevimi solmi, ki povzročajo padec alkalnosti in razpad CSH (kalcijeve silikat hidratne) faze v betonu; morske vode s kombinacijo agresivnih vplivov.

Drugi vplivni dejavnik, ki zelo pogosto povzroča korozijo betona je onesnažen zrak, predvsem v industrijskem okolju, ki vsebuje okside ogljika, žvepla in dušika. Verjetno najpogostejši vzrok za propadanje betona pa je proces karbonatizacije, ki povzroča zniževanje pH vrednosti v betonu. Ko le ta pade pod 9, beton ne nudi več alkalne zaščite armaturi in proces korozije armaturnega železa se prične. Korozija kot elektrokemijski proces zahteva določene pogoje, kot so vlažen beton, oksidacijsko okolje in električno povezavo med anodnim in katodnim mestom na armaturi. Kloridi so predvsem na cestnih in obcestnih AB objektih glavni povzročitelj korozije armature, kontaminacija z njimi pa nastopi ob zimskem soljenju cestišč. Pri procesu korozije železa na anodnem mestu nastajajo voluminozni kristalizacijski produkti, ki povzročajo ekspanzijske pritiske, kar se postopoma odraža v nastanku razpok in propadanju betona ter končno v odstopanju zaščitnega sloja betona.

Na sliki 21 je povzeto delovanje okolja na beton in njihove posledice.



Slika 21: Delovanje okolja na beton (Šelih, 2003).

Med tem pa avtor (Grbec, 2009) predstavil metodologijo določevanja korozijske odpornosti cementnega kamna, na primeru čistilne naprave Ljubljana-Zalog, kjer je vpliv sulfatov povečan zaradi delovanja mikrobov pod anaerobnimi pogoji.

Odpornost lesa

Na lesene izdelke bolj ali manj intenzivno delujejo zunanji dejavniki, ki omejujejo njihovo trajno uporabo. Zaradi biološkega izvora je les še posebno občutljiv za biotične dejavnike, med katerimi so najnevarnejši glive in žuželke, ne smemo pa zanemariti niti bakterij in morskih škodljivcev. Med abiotičnimi dejavniki najprej pomislimo na vremenske razmere, na les pa vplivajo tudi poškodbe, mehanske obremenitve, kemična sredstva in tudi ogenj kot je prikazano v Tabeli 7. (Gorišek, 2006) (www.korak.ws/clanki/trajnost-lesa)

Odpornost lesnih vrst proti abiotičnim dejavnikom se posebno izkaže pri izpostavljenosti sončni svetlobi (UV-žarki) in pri delovanju vremenskih vplivov. Prva znamenja so sprememba barve in površinska erozija – les posivi. Sprememba barve je zelo intenzivna v prvem letu uporabe, nadaljnje spremembe so z estetskega stališča zanemarljive. Erozijsko delovanje učinkuje po sto letih do globine od 6 do 8 milimetrov. Prodiranje UV-sevanja v les ni globoko, največji učinek je razgradnja lignina. Ker ta deluje kot povezovalna snov, se z njegovo razgradnjo zmanjša tudi konsistentnost lesnega tkiva, zaradi česar se lahko s površine iztrgajo ali izpirajo tudi celulozna vlakna. Večkratna in neposredna izpostavljenost vremenskim vplivom (posebno padavinam) pospeši razkroj le-teh. Večja nevarnost so razpoke, prek katerih se hitreje širijo obarvanja in biotske okužbe.

Biotični dejavniki	Abiotični dejavniki
Bakterije	Ogenj, toplota
Glive	Vremenski vplivi
Žuželke	Mehanski dejavniki

Tabela 7: Biotični in abiotični dejavniki propada lesa (Gorišek, 2006).

V tabeli 8 so predstavljeni razredi ogroženosti glede na mesto uporabe, kjer prvi razred pomeni zelo majhna ogroženost, peti razred pa zelo velika ogroženost.

Lesne vrste so naravno različno odporne proti škodljivim zunanjim dejavnikom, zato glede na mesto uporabe izbiramo med ustreznimi lesovi. Za uporabo v prvem ogroženem razredu je ob primerni suhosti ustrezna vsaka lesna vrsta, s stopnjevanjem tveganja pa se izbor oži. Naravna odpornost lesne vrste je odvisna predvsem od toksičnosti ekstraktivnih snovi v jedrovini.

Razred ogrože nosti	Mesto uporabe	Lesna vlažnost (V %)	Biotični dejavniki	
			Žuželke	Glive
1	notranji prostori, pohištvo, talne obloge, vrata	vedno pod 20	+	-
2	pokriti zunanji prostori, ostrejšja in podporni les (pravilno prezračevanje)	izjemoma nad 20	+	+
3	nepokriti prostori, a ne v stiku s tlemi ali vodo, konstrukcijski les, izpostavljen padavinam	občasno ali pogosto nad 20	+	+
4	v vodi ali tleh, drogovi, železniški pragovi, lesene podloge	stalno nad 20	+	+
5	v morski vodi, piloti	nad 20	+	+

Tabela 8: Razredi ogroženosti glede na mesto uporabe (Gorišek, 2006).

Beljava je pri večini vrst zelo omejeno uporabna, zato se pri ocenjevanju naravne odpornosti ocenjuje le jedrovina oziroma je beljava vseh vrst razporejena v razred najmanjše odpornosti. Lesne vrste so razdeljene na pet razredov odpornosti proti glivam razkrojevalkam (zelo odporne, odporne, zmerno odporne, slabo odporne, neodporne), v dva razreda odpornosti proti žuželkam (D – odporne, S – neodporne) in v tri razrede odpornosti proti termitom (D – odporne, M – zmerno odporne, S – neodporne).

Trajnostni	razred	Lesne vrste
1	zelo odporne	afzelija, muhuhu, jarrah, merbau tik, makore
2	odporne	tisa, kostanj, sipo, kari, hrast, mahagoni
3	zmerno odporne	macesen, rdeči bor, oreh, tiama, duglazija, bintangor
4	slabo odporne	jelka, smreka, okume, limba, brest
5	neodporne	kriptomerija, javor, divji kostanj, jelša, breza, gaber, bukev, jesen, topol, lipa

Tabela 9: Razvrstitev pomembnejših lesnih vrst po naravni odpornosti (Gorišek, 2006).

Na naravno odpornost lesa vplivajo:

- struktura lesa (rani – kasni les),
- ekstraktivne snovi, ki delujejo na obarvanja oziroma oksidacijo in reakcijo s površinskimi premazi; smole in olja, ki odbijajo vodo; ekstraktivi v celični steni, ki povečujejo dimenzijsko stabilnost,
- vlažnost lesa,
- hrapavost površine,
- grče in druge nepravilnosti pri rasti.

V tabeli 10 in 11 so prikazane pomembnejše trajnostne značilnosti nekaterih lesnih vrst, po kateri lahko izberemo primerno vrsto za uporabo v pomorstvu.

Lesna vrsta	Naravna trajnost	Vodna vpojnost	Dimenzijska stabilnost	Biološka odpornost	Permeabilnost	Uporaba
Jelovina	majhna	srednja do velika	ugodna	majhna	srednja	zunanje, notranje konstrukcije
Smrekovina	majhna	majhna	ugodna	majhna	srednja	vse masivne in lamelirane elemente
Borovina J	srednja	majhna	ugodna	majhna	srednja	kakovosten les
Borovina B	slaba	zelo velika	ugodna	slaba	zelo dobra	nekakovosten les
Macesnovina	dobra	majhna	ugodna	zmerna	slaba	zelo kakovosten les

Tabela 10: Pomembnejše trajnostne značilnosti nekaterih iglavcev (Gorišek, 2006).

Lesna vrsta	Naravna trajnost	Vodna vpojnost	Dimenzijska stabilnost	Biološka odpornost	Permeabilnost	Uporaba
Bukovina	slaba	zelo velika	majhna	zelo majhna	zelo velika	notranja uporaba
Kostanjevin a	dobra	majhna	srednja	velika	zmerna	gradbeni les za vse namene
Hrastovina	velika	majhna	srednja	zelo velika	slaba	notranja in zunanja uporaba
Jesenovina	slaba	velika	majhna	majhna	slaba	notranja uporaba
Robinija/ak acija	zelo dobra	zelo majhna	srednja	izjemno velika		

Tabela 11: Pomembnejše trajnostne značilnosti nekaterih listavcev (Gorišek, 2006).

Kamen

Lastnost in uporabnost kamnine je odvisna od mineralno – petrografske sestave, ki je določena z nastankom in kasnejšimi procesi (Tanašič, 2008). Tehnične lastnosti so vse lastnosti kamna, ki vplivajo na njegovo uporabo. Tehnične lastnosti delimo na:

- kemične - vplivajo na njegovo uporabo v kemični industriji,
- fizikalne - vplivajo na njegovo uporabo v kamnoseštvu, gradbeništvu, umetnosti in arhitekturi.

Fizikalne lastnosti pa nadalje delimo na:

- litološke - vidimo jih s prostim očesom (struktura, tekstura, barva, homogenost, skrtilavost),
- mehanske - so odvisne od litoloških (trdota, trdnost, obrus).

Trdnost

Trdnost je odpornost kamnine proti delovanju sile, ki jo hoče zdrobiti ali zlomiti. Glede na sile, ki delujejo na kamen, ločimo tlačno trdnost (odpornost proti pritisku) in upogibno trdnost (odpornost proti zlomu). Tlačno trdnost izražamo v kilogramih na kvadratni centimeter. Največjo obremenitev, ki jo kamnina še prenese, računamo v kilogramih pritiska, ki ga posamezne kamnine še prenesejo.

Primer velikosti pritiska, ki ga posamezne kamnine še prenesejo:

- peščenjaki 500–1800 kg/cm²,
- apnenci in marmorji 600-2000 kg/cm²,
- graniti 1500-2700 kg/cm².
- Za kamnino, ki je obremenjena na upogib, je pomembno, da je brez napak.

Trdota in odpornost proti obrabi

Trdota pomeni odpornost kamnine proti obrabi in drgnjenju in je odvisna od trdote mineralov in njihove strukture. Stopnjo trdote kamnin določamo po Moshovi lestvici od 1 do 10, pri čemer večje število pomeni večjo trdoto:

- mehke kamnine (1-2): sadra, kreda,
- poltrde kamnine (3-4): apnenci, marmor, dolomiti,
- trde kamnine (5-7): granit, diorit, sienit,
- zelo trde kamnine (nad 7): porfir, bazalt, diabaz, diamant (10).

Obrabnost je v najbolj odvisna od trdote kamnine. Pomembna je predvsem pri kamninah, ki jih uporabljamo za tlake. Koeficient obrusa se določi s preizkusnim brušenjem površine z enako intenzivnostjo in časom brušenja. Visok koeficient pomeni nizko stopnjo obrabnosti, nizek koeficient pa pomeni visoko stopnjo obrabnosti:

- peščenjaki 5,3 mm,
- marmor 4,8 mm,
- granit 0,7 mm.

Vodovpojnost

Vodovpojnost je lastnost kamnin, da zaradi svoje poroznosti in luknjičavosti vsrkavajo vodo in s tem spreminjajo nekatere fizikalne lastnosti kot so teža, obstojnost, trdnost in barva. Vsaka kamnina vsebuje v naravi neko količino vlage. Vlažnost, ki jo kamnina pridobi ob uporabi zaradi svoje poroznosti, pa je lahko škodljiva. Kamnina z nizko stopnjo poroznosti ima okoli 1 odstotek vlažnosti. Kamnine z visoko stopnjo poroznosti so manj odporne proti zmrzali in s tem manj obstojne.

Struktura

Struktura je notranji sestav kamnine, ki se na površini kaže v velikosti, obliki, razporeditvi in medsebojnem razmerju delcev mineralov. Odvisna je od procesa nastajanja kamnine in od mineralov, ki v njej prevladujejo. Od strukture so odvisne lastnosti kot so teža, trdota, trdnost, kompaktnost, od teh pa je odvisna trajnost kamnine.

Tekstura

Tekstura se na površini kamnine kaže kot vzorčasta risba na osnovi, ki je posledica prostorske razporeditve, usmerjenosti in nehomogenosti zrn. Lahko je progasta, lisasta, vlaknasta,

plastnasta, lahko pa je tudi homogena, to je brez vzorcev na osnovi. Tekstura ni odvisna od vrste zrn.

Barva

Barva kamnine je odvisna od barve mineralov oz. njihovih elementov, od nekaterih primesi ter od veziva, ki spaja celice. Je tipična litološka značilnost kamnin. Svetle kamnine dajejo tisti minerali, ki so sestavljeni iz silicija, aluminija, kalija in natrija. Temne kamnine pa dajejo minerali, sestavljeni iz mangana, magnezija in železa. Kalcij daje kamnini belo barvo, železo in mangan ji dajeta rumeno, rdečo, rjavo, vijoličasto in celo črno barvo, magnezij ji daje sivo, klor in krom pa zeleno.

Uporabnost naravnega kamna

Uporabnost kamna je odvisna od številnih dejavnikov kot so; zgradba, gostota, trajnost, trdota, barva, obstojnost v ognju, toplotna prevodnost in sposobnost za obdelavo. Po uporabnosti kamen razvrščamo v različne skupine, uporabne za različne tehnične namene. Najvažnejše skupine so:

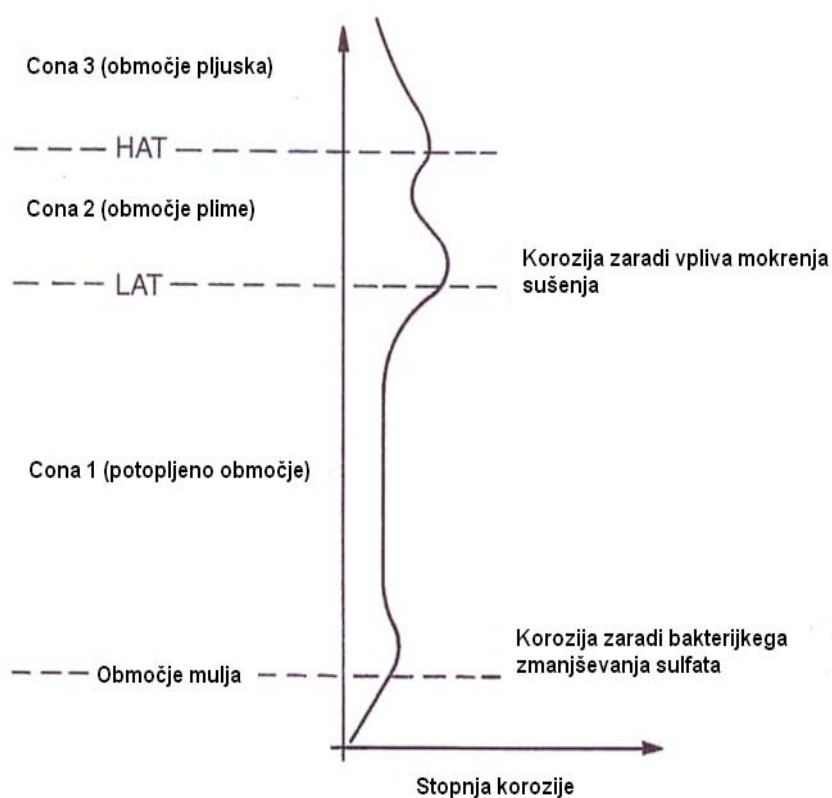
- gradbeni, stavbni kamen,
- dekorativni kamen,
- kiparski kamen,
- industrijski kamen.

Jeklo

Korozija jeklenih pločevinastih pilotov se spreminja v različnih pogojih morja, zraka in izpostavljenosti morski vodi. Izkušnje so pokazale, da se korozija jekla pojavlja v slanih vodah na prelivnih območjih ter na območju bibavice. Drugi tip korozije pa povzroča reduciranje sulfata, ki ga povzroča bakterija na dnu morja. Taki procesi se odvijajo v anorganskih pogojih v zelo umazanih (kontaminiranih) pristaniščih. Na sliki 22 prikazujemo splošni vzorec korozije jekla v morskem okolju.

Jeklo je izpostavljeno naravnim korozijskim procesom, ko pride v stik z vodo in hkratnim stikom z zrakom. Abrazija materiala zaradi korozije je odvisna od hidroloških pogojev in lokalnih vertikalnih pozicijah glede na višino vode, kar pomeni da bodo različne cone pojava korozije. Stopnja korozije ali rje in njena intenzivnost se zmanjšuje z večanjem debeline sloja rje razen, če se sloj rje odstranjuje zaradi vpliva valovanja.

V podvodnih pogojih je stopnja korozije proporcionalna z električno prevodnostjo vode. Prevodnost morske vode je zelo visoka, kar povzroča visoko stopnjo korozije. Korozijsko zaščito jekla v morski vodi je potrebno oceniti za vsako področje posebej. Stopnja korozije je najvišja na območju preliva (pljuska) (splash zone) in takoj pod vodno gladino. (Thoresen, 2003)



Slika 22: Stopnja korozije po pilotu (Thoresen, 2003).

Pri pilotih obstaja nevarnost korozije na notranji strani pilota, ki pa je odvisna od polnila pilota. Pilot polnjen s peskom je manj izpostavljen notranji koroziji kot pilot polnjen s tolčencem oz. prazen pilot.

Stopnja korozije je odvisna od naslednjih pogojev:

- Atmosferski pogoji okolja.
- Slanost morja. Normalna slanost morja je med 3.2 % in 3.6 %. Maksimalna korozija se vrši pri nižjih koncentracijah soli med 2.5 % in 3.0 % , kar je značilno ob iztokih rek v morje.
- pH morja. Če je pH morja manj kot 4 se bo stopnja korozije drastično povečala.
- Raztopljeni kisik. Če se poveča koncentracija raztopljenega kisika, se bo povečala tudi korozija.
- Temperatura. Z zviševanjem temperature se povečuje korozija.
- Valovi in tokovi. Korozija je večja na območjih direktnega delovanja valov in tokov, saj odnašajo sloje rje, kar povzroči širjenje korozije.
- Kemijska kompozicija sidrnega sloja pilota.

Korozijska zaščita jeklenih pilotov se spreminja glede na okoljske pogoje. Generalno se korozijo upošteva v zakup kot dovoljeno stopnjo korozije glede na material in debelino uporabljenega materiala, projektno življenjsko dobo konstrukcije. Korozija v zemlji je po izkušnjah zelo majhna. Variacije med sloji zemljine so zelo majhni, tako da je korozija v zemeljskem sloju že všteta zaradi predimenzioniranja debeline jekla.

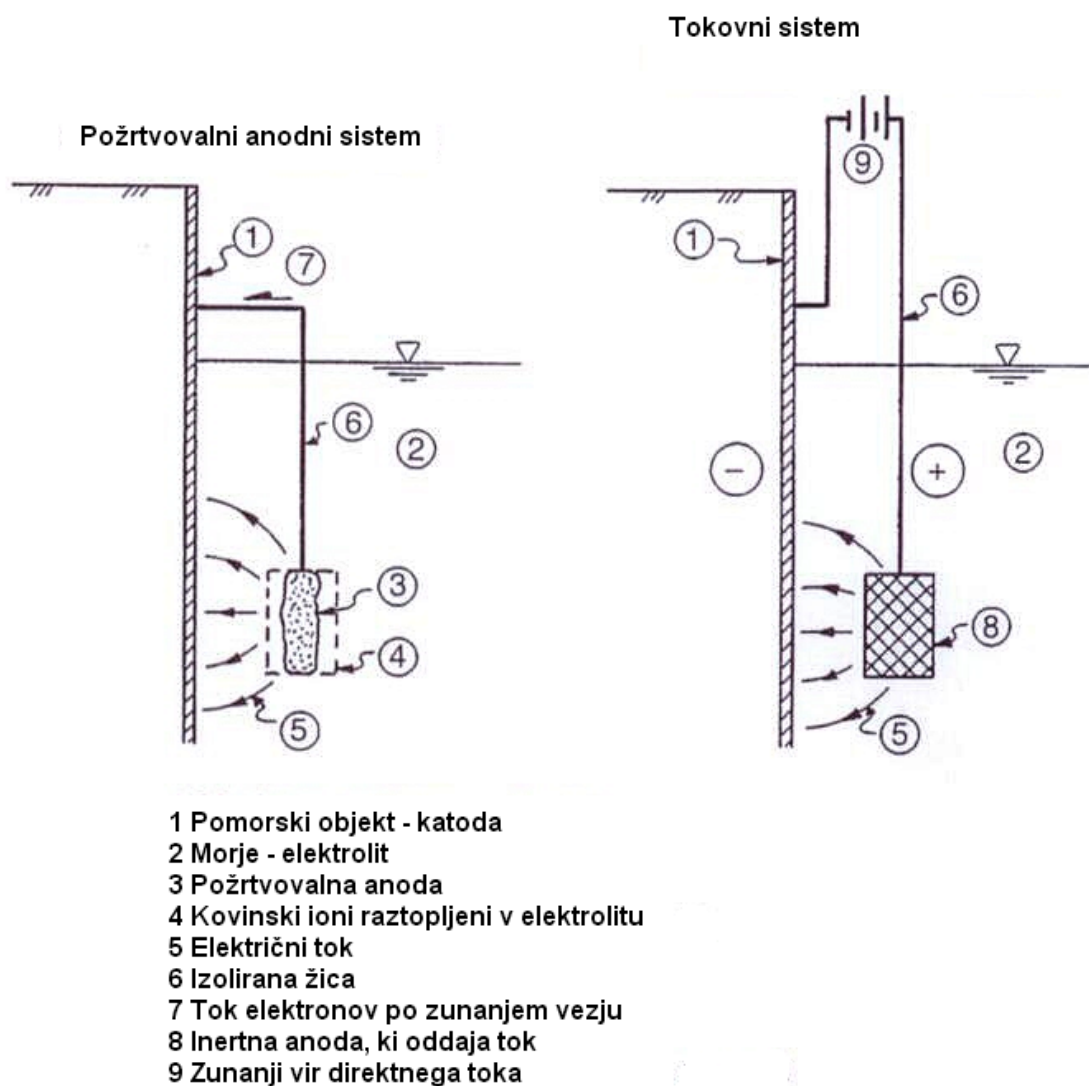
Stopnja korozije

V odsotnosti točnih posnetkov korozije je moč domnevati, da je povprečna korozija strukturnega elementa priveza med 0.1 in 0.15 mm/leto za stran pilota, ki je izpostavljen morju. V skandinavskih morjih je korozija nekoliko večja med 0.5 mm/leto in 0.3 mm/leto, v tropskih morjih je lahko korozija še večja. V tabeli 12 so priporočila za dovoljeno korozijo ob normalnih pogojih.

Lastnosti tal	Projektna doba objekta (leta)					
	5	25	50	75	100	leta
Naravna tla (pesek, mulj, glina,..)	0	0.3	0.6	0.9	1.2	mm
Onesnažena naravna tla	0.15	0.75	1.5	2.25	3	mm
Agresivna naravna tla	0.2	1	1.75	2.5	3.25	mm
Nekompaktne in neagresivne sestave tal	0.18	0.7	1.2	1.7	2.2	mm
Nekompaktne in agresivne sestave tal	0.5	2	3.25	4.5	5.7	mm

Tabela 12: Dovoljena projektna korozija (Thoresen, 2003).

Zaščita pred korozijo deluje kot galvanski člen, kjer je konstrukcija anoda (nalaganje elektronov) in katoda (dodana kovina po navadi Cink, oddajanje elektronov). Na Sliki 23 je prikazana korozijska zaščita, ki temelji na galvanskemu členu.

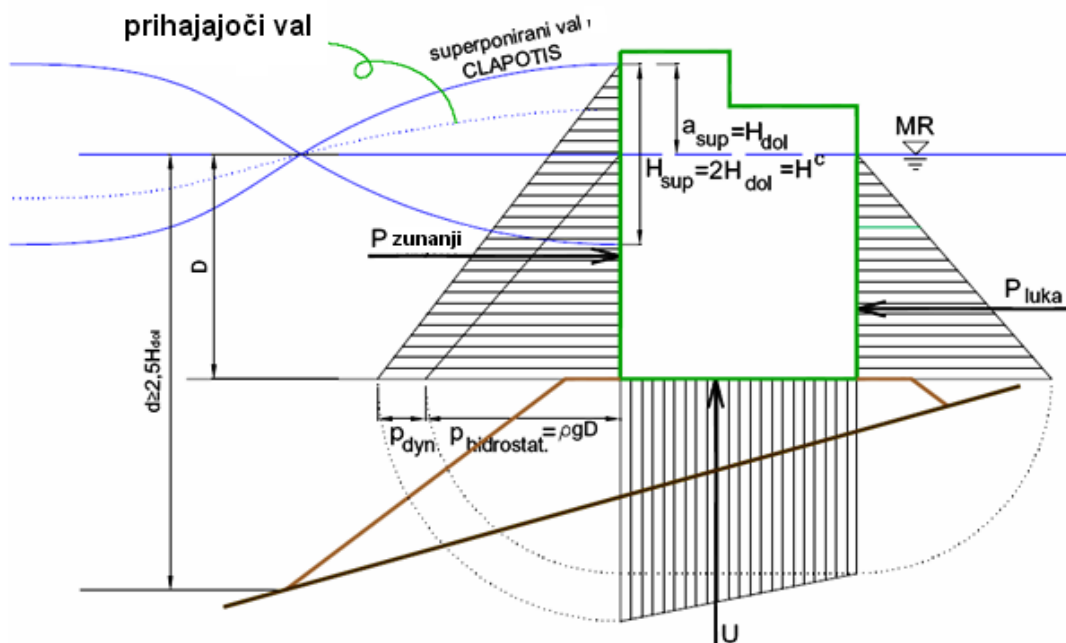


Slika 23: Galvanski člen korozijske zaščite (Thoresen, 2003).

Odpornost pomorskih objektov

V poglavju bodo predstavljene sile vala na pomorski objekt (valobran) ter prikaz izračuna odpornosti na moment prevrnitve.

Maksimalni tlak vala na vertikalni zid se zgodi v trenutku totalne refleksije, kadar je na licu zida greben superponiranega stoječega vala (kadar je višina »clapotis« $H^c = 2H_{dol}$). Skupni tlak na vertikalni zid sestoji iz hidrostatičnega in hidrodinamičnega tlaka. Hidrodinamični tlak se računa po metodi Sainflou (Pršič, 2008), ki je prikazan na Sliki 24.



Slika 24: Delujoče zunanje sile na valobran (Pršič, 2008).

a) Statični tlak vode na objekt določimo z enačbo:

$$p_{st} = \rho * g * D \quad (26)$$

Kjer je:

ρ – gostota morja,

g – gravitacijski pospešek,

D – višina vode pred valobranom.

b) Dinamična obtežba vala pred pomorskim objektom določimo po enačbi:

$$p_{dyn} = \frac{p * g * \eta}{\cosh \frac{2\pi * D}{L}} = \frac{p * g * H_{dol}}{\cosh \frac{2\pi * D}{L}} \quad (27)$$

Kjer je:

H_{dol} ali η – nadmorska višina prihajajočega vala,

g – gravitacijski pospešek,

D – višina vode pred valobranom,

L – dolžina vala.

Na Sliki 25 so predstavljene sile, ki delujejo na valobran. Kontrolno prečnik predstavlja momenta okoli točke A. Prevrnitvene sile predstavljajo horizontalne sile vala, ter sila vzgona (samo na prepustnem dnu). Odpornostne sile predstavljajo v tem primeru silo teže valobrana ter statično obtežbo vode z luške strani.

c) Skupna horizontalna sila:

$$\Sigma H = P_{st} + P_{dyn} - P_{st} \quad (28)$$

Kjer je:

P_{st} - statična sila zunanjega morja,

P_{dyn} - dinamična sila zunanjega morja,

P_{st} - statična sila morja z luške strani.

d) Skupna vertikalna sila:

$$\Sigma V = G_1 + G_2 - U_{st} - U_{dyn} \quad (29)$$

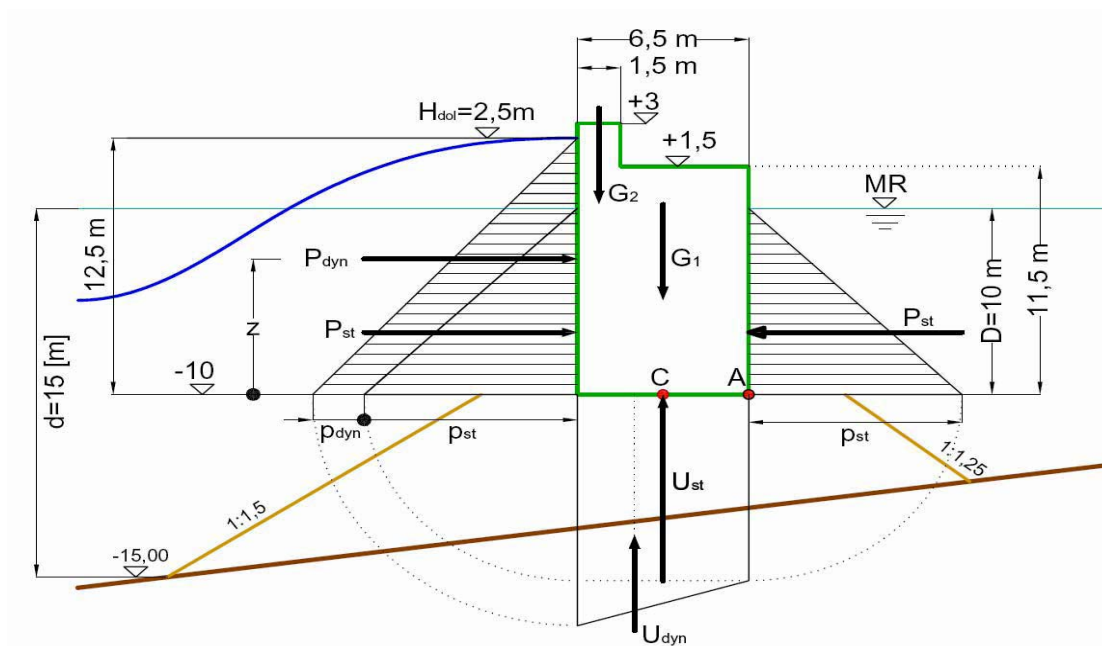
Kjer je:

G_1 – sila teže bloka valobrana,

G_2 - sila teže nadvišanja valobrana,

U_{st} - statična komponenta vzgona,

U_{dyn} - dinamična komponenta vzgona.



Slika 25: Delujoče zunanje sile in odpornostne sile na valobranu (Pršič, 2008).

e) Seštevek odpornostnih momentov okoli točke A:

$$\Sigma M_A^{ODP} = G_1 * r_1 + G_2 * r_2 \quad (30)$$

Kjer je:

r_1, r_2 – predstavljajo ročico od točke A do prijemališča sile teže,

G_1, G_2 – sila teže .

f) Seštevek aktivnih prevrtnitvenih momentov okoli točke A:

$$\Sigma M_A^{AKT} = P_{dyn} * z + U_{st} * r_1 + U_{dyn} * r_2 \quad (31)$$

Kjer je:

z – ročica prijemališča dinamične sile vala od točke A,

r_1, r_2 – ročica prijemališča statične in dinamične vzgonske sile.

g) Seštevek prevrtnitvenih momentov:

$$\Sigma M_A = \Sigma M_A^{ODP} - \Sigma M_A^{AKT} \quad (32)$$

h) Faktor varnosti na prevrnitev:

$$F_s = \frac{\Sigma M_A^{ODP}}{\Sigma M_A^{AKT}} \geq 1.5 \quad (33)$$

i) Faktor varnosti na zdrs:

$$F_s = \frac{\Sigma V * f}{\Sigma H} \geq 1.5 \quad (34)$$

Kjer je:

f – varnostni faktor vertikalne sile (0.5).

Primerjava izračuna obtežbe po Sainflou (Pršič, 2008) in Goda (<http://www.ce.ufl.edu.htm>, 2009) za nelomeče delno reflektirane valove, se izkaže, da je izračun po Sainflou (ki ga obravnava diploma) na varnejši strani. Kar prikazujeta tabeli 12 in 13. (Sheppard, 2009).

(t/m)	Goda	Sainflou
F _H	98	107
F _U	18	20
F _G	289	286
SF	1.60	1.5

Tabela 12: Primerjava metod po Godi in Sainflou, horizontalne in vertikalne sile (Sheppard, 2009).

(t/m)	Goda	Sainflou
M _H	766	1016
M _U	72	111
M _G	1214	1214
SF	1.5	1.0

Tabela 13: Primerjava metod po Godi in Sainflou, momenti horizontalnih in vertikalnih sil (Sheppard, 2009).

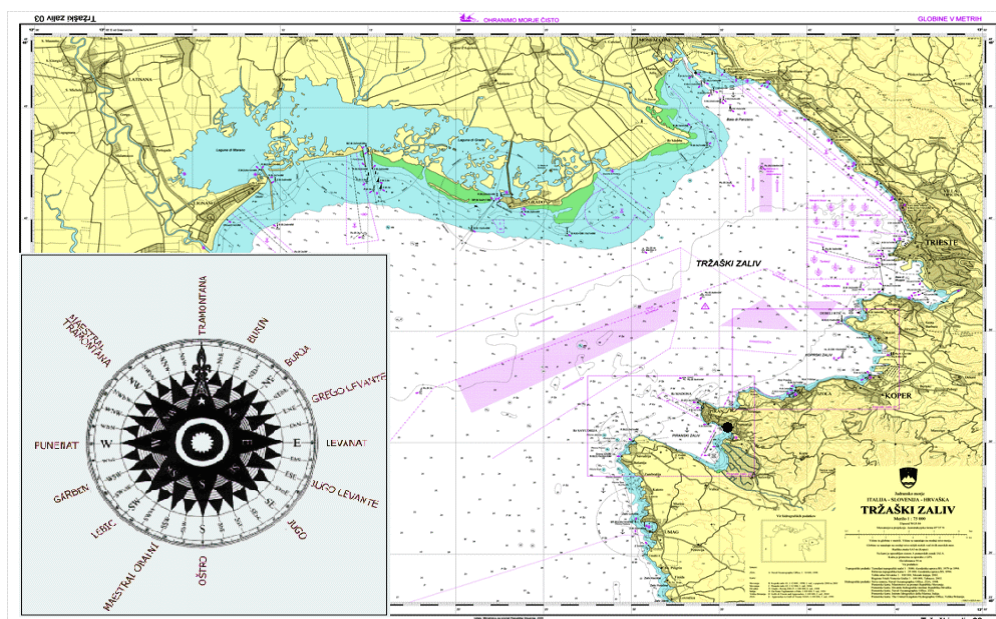
Kjer pomeni SF varnostni faktor, vendar kot je razvidno metoda Sainflou zavzame večjo horizontalno silo ter silo vzgona ob enaki teži valobrana, kar posledično zmanjša varnostni faktor, ampak dejansko povečuje varnost. (Agerschou et. al., 2004)

3 PORTOROŠKI ZALIV / VHODNI PODATKI

Slovensko morje je del Tržaškega zaliva, ki je sorazmerno plitev morski bazen, globino 30 m doseže le na posameznih mestih. Posledica tega je majhna relativna prostornina vodnega telesa, ki omogoča atmosferskim dejavnikom hiter in močan vpliv na slanost in temperaturo. Ena od značilnosti severno jadranskih voda (vključno s Tržaškim zalivom) je, da so praviloma bogatejšje s hranilnimi solmi kot drugi deli Jadrana. Pomembni so rečni vnosi. Površinska oslajena voda reke Soče se običajno giblje ob italijanski obali proti jugu, ob konicah pretoka seže njen vpliv do osrednjega dela zaliva, ob posebnih meteoroloških razmerah pa pride do površinskega razlivanja sladke vode skoraj do piranske obale.

(www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poročila/.../vode.pdf)

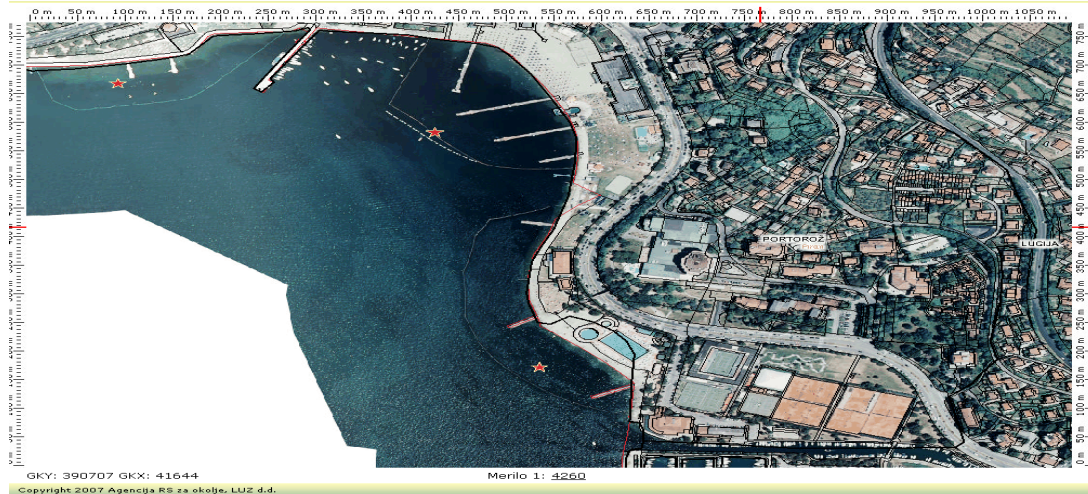
Območje kopališča Portorož je del Piranskega zaliva, ki je na Sliki 26 označen s črno piko. Kopališče je dobro zaščiten pred dvema najpogostejšima vetrovoma, ki sta Burja in Jugo. Velik vpliv na to območje imata vetrova Maestral-Tramontana ter Ponente.



Slika 26: Tržaški zaliv z rožo vetrov (<http://www.mzp.gov.si/>).

Na Sliki 27 je razvidno, da je kopališče sestavljeno iz treh segmentov, kjer je daljši del kopališča (cca. 790 m) izpostavljen Ponentu in Maestral-Tramontani. Med dvema

kopališčema je še mandrač, ki predstavlja cca. 385 metrov obale, nato sledi še manjše kopališče z dolžino cca. 125 metrov.

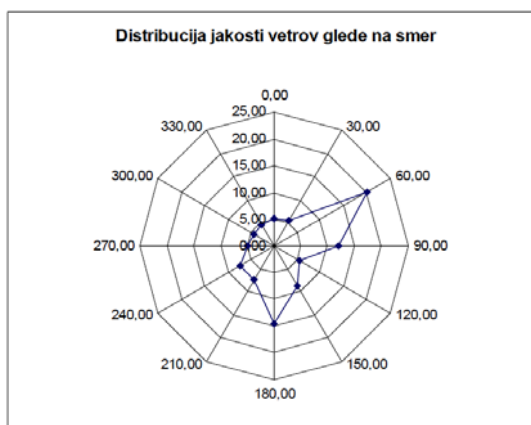


Slika 27: Območje kopališča Portorož (<http://gis.arso.gov.si>).

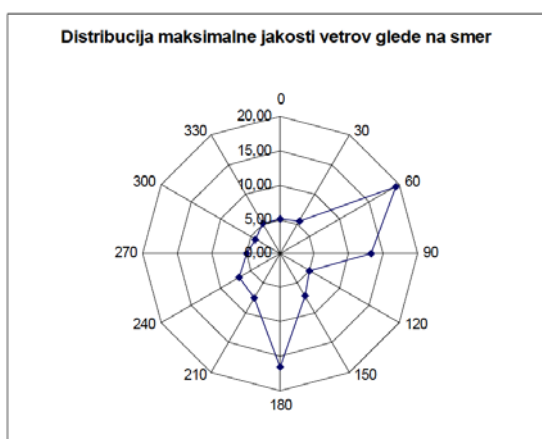
3.1 Vetrovi

Omenjena vetrova (Ponente in Maestral-Tramontana) sodita pod nevihtna vetrova, ki so pogost pojav na severnem in manj na južnem Jadranu. Pridejo po navadi iz zahodne strani (NW, W, SW). Prihod nevihte najavlja močan piš ali dolgotrajni močan sunek vetra. Traja lahko kakšno uro, čez nekaj minut pa se lahko ponovi.

Najpogostejši vetrovi slovenskega morja so vetrovi iz širšega intervala južnih in jugovzhodnih smeri ter burja. Po jakosti burja močno prevladuje (Slika 28) nad južnimi vetrovi na odprtem morju, saj srednja vrednost za obdobje obdelave presega 7 m/s. Na podlagi analize podatkov, zbranih na oceanografski boji, je porazdelitev jakosti vetrov (m/s) po smereh prikazana z značilnimi diagrami (Slika 28 in 29) iz katerih sledi, da je jakost najpogostejšega vetra nad morjem med 2 in 4 m/s. Najpogostejši so južni vetrovi (med 8 in 9 %) in drugi najpogostejši veter je burja (12 %) (Kavčič et. al., 2008).



Slika 28: Distribucija jakosti vetrov glede na smer (Kavčič, et. al. 2008).



Slika 29: Distribucija maksimalne jakosti vetrov glede na smer (Kavčič et. al., 2008).

Jakost vetra [m/s]	4	8	10	12	14	16	18	20	Vsota [%]
Smer [°]									
0	4.030	1.050	0.060	0.020	0.010	0.000	0.000	0.000	5.170
30	3.300	1.560	0.340	0.220	0.130	0.030	0.000	0.000	5.580
60	4.390	6.750	4.250	2.680	1.410	0.500	0.110	0.010	20.100
90	5.360	3.880	1.630	0.880	0.210	0.060	0.010	0.000	12.030
120	5.300	0.280	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	5.600
150	6.150	1.900	0.460	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	8.600
180	10.830	3.040	0.330	0.260	0.040	0.020	0.000	0.000	14.520
210	3.980	2.610	0.580	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	7.270
240	4.280	2.810	0.160	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	7.290
270	3.820	1.100	0.050	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	4.980
300	3.600	0.750	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.350
330	3.560	0.880	0.020	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	4.470
Vsota [%]	58.600	26.610	7.890	4.320	1.800	0.610	0.120	0.010	99.960

Tabela 14: Distribucija povprečne jakosti vetrov (Kavčič et. al., 2008).

Jakost vetra [m/s]	4	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	Vsota [%]
Smer [°]												
0	2.920	1.590	0.290	0.080	0.040	0.020	0.000	0.010	0.000	0.000	0.010	4.950
30	2.670	1.370	0.530	0.380	0.230	0.160	0.150	0.070	0.020	0.000	0.000	5.560
60	2.920	4.140	2.750	3.530	2.390	1.780	1.060	0.450	0.290	0.030	0.010	19.020
90	3.520	4.230	1.750	1.560	1.190	0.640	0.230	0.060	0.040	0.010	0.000	13.180
120	3.690	0.960	0.130	0.060	0.050	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.900
150	3.400	2.300	0.590	0.300	0.360	0.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.060
180	9.310	5.370	0.850	0.410	0.290	0.210	0.050	0.020	0.020	0.000	0.000	16.510
210	2.760	3.070	0.770	0.620	0.190	0.050	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	7.470
240	2.230	4.130	0.230	0.150	0.110	0.020	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	6.880
270	2.560	2.140	0.120	0.060	0.010	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	4.910
300	2.690	1.350	0.110	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	4.160
330	3.050	1.670	0.120	0.050	0.020	0.030	0.010	0.010	0.010	0.000	0.000	4.960
Vsota [%]	41.720	32.320	8.240	7.200	4.880	3.040	1.540	0.620	0.380	0.040	0.020	99.560

Tabela 15: Distribucija maksimalne jakosti vetrov (Kavčič et. al., 2008).

Viharni vetrovi v Sloveniji (Bertalantič, 2007):

- 23.januar 2006 najmočnejši izmerjeni sunki burje v Kopru in Portorožu okrog 85 km/h ter na oceanografski boji 94km/h.
- 29. Marec 2006 močan nevihti jugozahodnik (lebič) na piranski boji so namerili nekaj čez 75km/h in povzročil višino valov kar 3.7m. Morje je zalilo nižje ležeče dele obale na Fornačah v Piranu.
- 28. Julij 2006 močan zahodni veter, ki je prešel v tramontano, valovi poplavalili nižje ležeče objekte.

Lestvica najmočnejših tramontan, ki se pojavljajo poleti:

datum in čas zaključka polurne meritve	hitrost sunka vetra (m/s)	smer sunka vetra (stopinj)	srednja hitrost vetra (m/s)	srednja smer vetra (stopinj)
18.06.2008 01:30	43,9	298,6	3,7	200,8
23.05.2007 14:00	42,7	0,4	3,6	215,8
09.08.2008 00:00	38,9	359,4	11,3	359,0
09.08.2008 00:30	33,6	17,2	20,6	16,9
18.06.2008 01:00	26,1	294,3	5,0	201,0
24.07.2003 18:30	26,0	253,4	7,3	236,9
16.06.2004 16:30	25,3	280,3	9,4	64,1
29.06.2005 20:30	25,3	307,1	7,2	295,1
28.07.2006 21:00	25,1	290,0	11,7	285,2
04.07.2007 15:30	24,9	352,8	8,9	344,4

Slika 30: Lestvica najmočnejših tramontan (<http://buoy.mbss.org/portal/index.php>).

3.2 Valovi

Meritve valov v tabelah 16 in 17 so bili merjeni z oceanografsko bojo VIDA v Piranskem zalivu med 1.1.2007 in 28.4.2008. Smer valov je azimut smeri s katere valovi prihajajo, enako kot pri vetrovih. Valovi so bili vzorčeni v 1024 sekundnih intervalih vsake pol ure na 1 sekundo in povprečeni na 30 min intervale. V tabeli 16 in tabeli 17 je višina valov razdeljena na več razredov. Razred 0,25 zajema velikosti valov od 0 m do 0,25 m, razred 0,5 od zajema velikosti valov od 0,25 m do 0,5 m/s, itd. Smer valov je podana v kotnih stopinjah. Smer 0° zajema valove med -15° in +15°, smer 30° med 15° in 45°, enako kot pri meritvah vetrov.

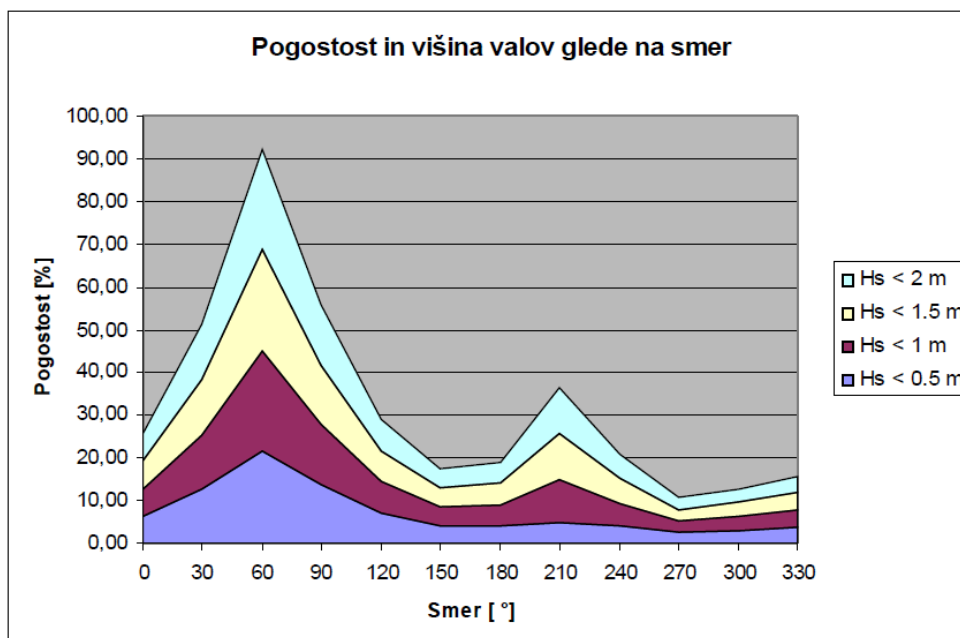
(Kavčič et. al., 2008).

Hs [m]	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	Vsota [%]
0	5.22	1.13	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.4
30	9.11	3.48	0.21	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	12.86
60	13.75	7.76	1.46	0.51	0.15	0.01	0.00	0.00	23.64
90	10.59	3.11	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.01
120	5.53	1.58	0.14	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	7.27
150	3.23	1.01	0.18	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	4.43
180	3.12	0.92	0.88	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	4.98
210	3.48	1.45	3.46	1.60	0.49	0.25	0.09	0.01	10.83
240	3.14	0.78	0.99	0.57	0.13	0.08	0.06	0.00	5.75
270	1.99	0.52	0.19	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	2.72
300	2.50	0.61	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.2
330	3.28	0.60	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.94
Vsota [%]	64.94	22.95	8.02	2.83	0.78	0.35	0.15	0.01	100.03

Tabela 16: Distribucija značilne višine Hs glede na smer (Kavčič, et. al. 2008).

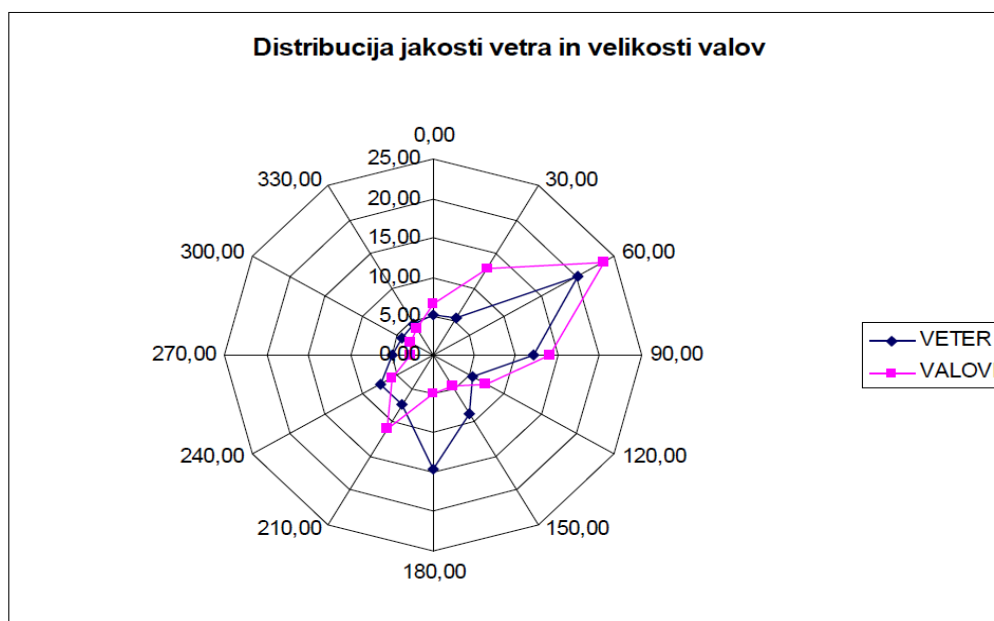
Hmax [m]	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	Vsota [%]
Smer [°]															
0	3.78	2.03	0.49	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.41
30	5.77	5.07	1.63	0.28	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.85
60	7.91	9.21	4.28	1.24	0.54	0.27	0.14	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	23.65
90	6.31	5.70	1.61	0.38	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.01
120	3.79	2.48	0.71	0.26	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.28
150	2.27	1.37	0.52	0.23	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.43
180	2.00	1.38	0.62	0.70	0.26	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.98
210	2.56	1.36	0.89	1.98	1.97	1.04	0.43	0.29	0.17	0.08	0.02	0.01	0.00	0.01	10.52
240	2.27	1.15	0.45	0.74	0.45	0.30	0.18	0.09	0.04	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	5.63
270	1.45	0.71	0.31	0.19	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.73
300	1.90	0.89	0.27	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.2
330	2.37	1.18	0.28	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.93
Vsota [%]	42.38	32.53	12.06	6.33	3.44	1.66	0.76	0.46	0.22	0.15	0.03	0.01	0	0.01	99.62

Tabela 17: Distribucija maksimalne višine valov H_{max} glede na smer (oceanografska boja VIDA v Piranskem zalivu, 1.1.2007 do 28.4.2008) (Kavčič et. al., 2008).



Slika 31: Pogostost in višina valov glede na smer (Kavčič et. al., 2008).

Iz Slike 32, ki prikazuje porazdelitev vetra in valov v Piranskem zalivu je razvidno, da burja povzroča valove v isti smeri kot piha (iz smeri 60°), južni veter, ki piha iz smeri 180° pa povzroča valove iz smeri 210° , kar je posledica reliefa.



Slika 32: Distribucija jakosti vetra in velikosti valov (Kavčič et. al., 2008).

3.3 Tokovi

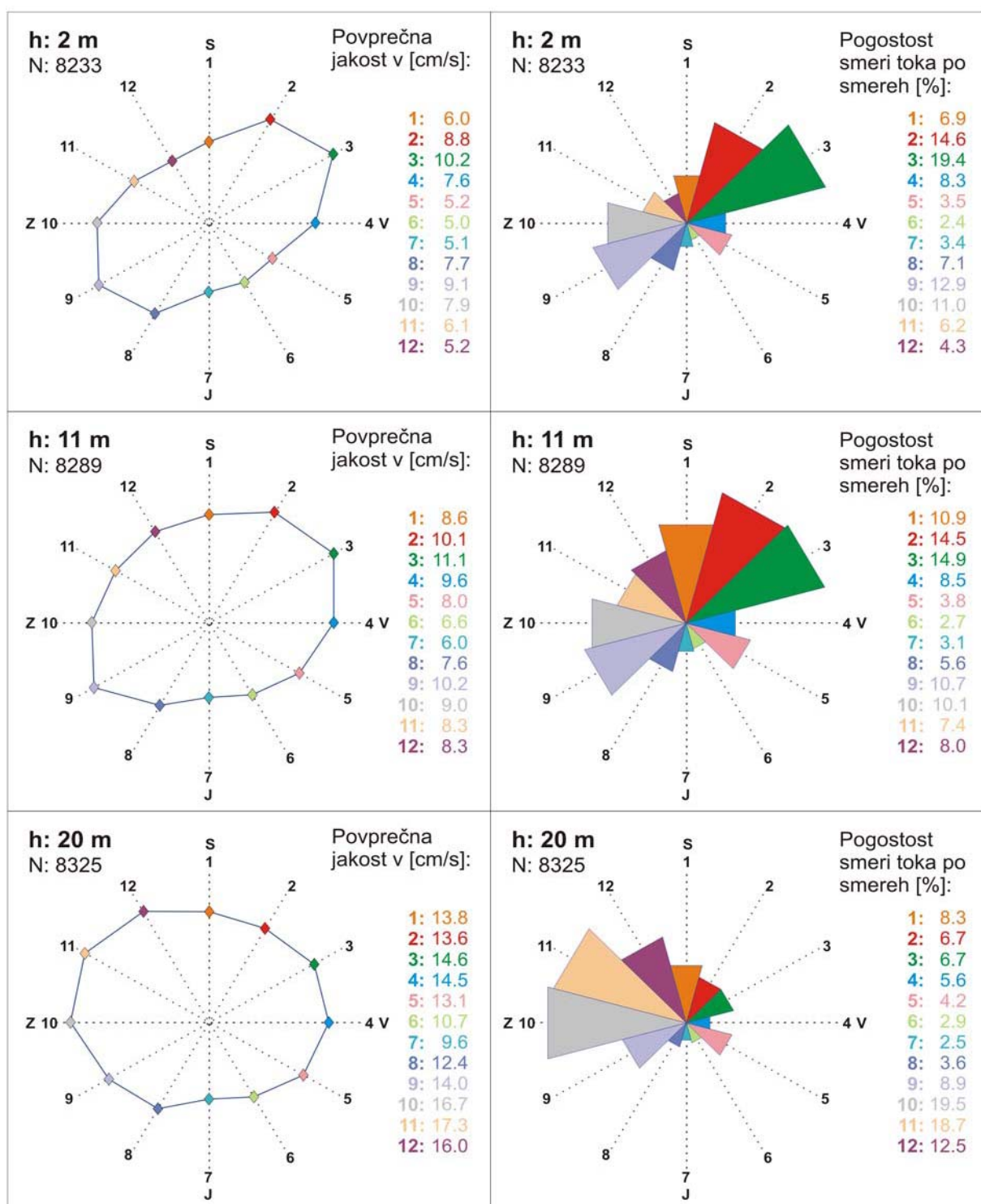
Iz slike 33 je razvidno da je bila jakost toka v polletnem obdobju ob morskem dnu najizrazitejša vzdolž osi sektorja 3-9, kar v grobem sovпада z osjo Tržaškega zaliva (azimut 60°). Na gladini je bila prisotna zahodna smer tokov, kar pomeni, da je bila smer toka ven iz Tržaškega zaliva, predvsem zaradi obdobja burje v času merjenja. Tok na globini nekaj metrov pod gladino, pa je glede na smer vetra zasukan v desno za 30° zaradi Coriolisovega efekta. Zanimivo je, da je tok v notranjost zaliva proti vzhodu, kljub dokaj pogostemu zahodniku redke pojave. Iz slike 24 je razvidno, da se jakosti toka povečujejo z naraščanjem višine nad morskim dnom, tako je bilo v višini 2 m nad morskim dnom največ povprečnih jakosti toka v intervalu 0,05 m/s – 0,075 m/s, medtem ko je bilo v višini 20 m nad dnom največ povprečnih jakosti toka v intervalu od 0,10 m/s -0,15 m/s. Pri gladini morja ni strmega padca števila meritev z naraščanjem jakosti toka, kar pomeni, da je tu hitrost po jakostih bolj enakomerno porazdeljena, kot to velja za globlje plasti.

Poleg topografije vpliva na cirkulacijske razmere tudi pritok sladkih voda (Soča) v zaliv. Zaradi horizontalnih gradientov slanosti, kot tudi temperature, se v površinskem sloju razvije gradientna sila toka kot posledica horizontalnega gradienta gostote. Ta povzroči gostotni tok. Slednji je zelo variabilen (sunkovit) in se pojavi ob močnem deževju ter odjugu v alpskem svetu. (Deželjin, 2001).

3.4 Plimovanje in poplave

Plimovanje

Plimovanje ob slovenski obali je mešanega tipa in je posledica astronomskih plimovanj v Jonskem morju in južnem delu Jadranskega morja. Približno vsakih 15 dni se izmenjujeta poldnevni (dve plimi in dve oseki v dnevu) in dnevni tip plimovanja (ena plima in ena oseka dnevno, ki je bolj izrazita kot pri poldnevnom plimovanju). Na osnovno plimovanje ob slovenski obali vplivajo še veter in zračni pritisk ter sovpadanje lastnega nihanja gladine Jadranskega morja. (Priprava kart občutljivosti-Končno poročilo, 2004)



Slika 33: Povprečne jakosti in pogostost smeri toka (Deželjin, 2001).

V 40-letnem obdobju stalnih meritev je povprečna amplituda plimovanja v slovenskem morju 66 cm, pri čemer se gladina morja v Koprskem zalivu spreminja od 1,45 metra pod srednjo

višino morja do 1,55 metra nad njo (slika 8). Najnižje višine morja so v obdobju od decembra do februarja, najvišje pa v jesenskih mesecih. (Kolega, 2006)

Trend zviševanja višin morja ob slovenski obali na podlagi meritev na mareografski postaji Koper (dolžina niza 1960–2001) se ocenjuje na 0,1 m/100 let. Značilen trend za Sredozemlje pa je ocenjen z 1,1 mm/leto do 1,6 mm/leto. (<http://www.mzp.gov.si/>).

Glede na trende višin morja ob slovenski obali in globalne napovedi se pričakuje v prihodnjih 100 in več letih večja ogroženost oz. pogostejša preplavitev nižje ležečih urbanih predelov slovenskih mest (Koper, Izola, Piran, Portorož), predvsem na lokacijah, ki jih morje že sedaj vsakoletno poplavlja. (<http://www.mzp.gov.si/>).

Poplave

Znanstveniki napovedujejo, da bo eden od najpomembnejših vplivov globalnega segrevanja porast morske gladine. Do leta 2100 naj bi se gladina morja dvignila za 50 centimetrov. Sedanja vrednost povprečne plime znaša 248 cm (mareografska ničla je 215 cm). Če upoštevamo napovedane trende dviga gladine, bi gladina povprečne plime znašala 298 cm, kar pa je zelo blizu točki poplavljanja (300 cm). Očitno bo, v primeru takega scenarija, do poplav prihajalo večkrat na mesec. (Kolega, 2006).

Potrebno je še enkrat poudariti, da je študija bila narejena za dvig morske gladine kot posledice globalnega segrevanja. Do leta 2100 naj bi se srednja gladina dvignila za 0.5 m, kar je pretežno realna napoved glede na izmerjene trende po svetu. Vendar so mnogo večji problem t.i. nevihte v kombinaciji z nizkim zračnim pritiskom in vetrom. Te imajo za posledico nevihtne valove, ki lahko narasejo tudi do par metrov. (Kolega, 2006).

	vrednost višine gladine morja danes v cm	vrednost višine gladine morja pri dvigu gladine za 50 cm, v cm
srednja višina gladine morja	215	265
začetek poplavljanja	300	300
vrednost povprečne plime 1963–2003	248	298
vrednost povprečne oseke 1963–2003	182	232
izjemna vrednost 1963–2003	394	444
povprečna poplava 1963–2003	309	359
vsakoletna poplava 1963–2003	330	380

Tabela 18: Izračun višin morja za dvig morske gladine za 50 cm (Pranjić, 2008).

Na območju slovenske obale so v drugi polovici 20. stoletja zabeležili pet večjih poplav. Leta 1966 je gladina dosegla vrednost 352 cm, pri čemer je poplava trajala 21 ur. Naslednja, najmočnejša, se je zgodila leta 1969, ko je gladina morja dosegla rekordnih 394 cm, voda pa se ni umaknila 3 ure. To poplavo bi lahko označili kot izjemno ali stoletno. Nato si sledijo močnejše poplave v letih 1979, 1980 in 1982, kjer je gladina morja dosegla višino 361 cm, poplave pa so trajale od 3 do 4 ure. (Kolega, 2006)

Kot je vidno (Tabela 18) poplavlja morje priobalne kraje pri gladini 300 cm (glede na mareografsko ničlo). Izjemna poplava je znašala 394 cm, kar nanese skoraj 1m višjo gladino od roba poplavljanja morja. Če bi se gladina zaradi globalnega segrevanja dvignila za 0.5 m, bi stoletna voda znašala 444 cm oziroma 1.44 m več (1.59 m nad geodetsko ničlo).

Na Sliki 34 je razvidno, da ob dvigu morske gladine na 306 cm, kar predstavlja višino običajne poplave (Kolega, 2006), seže morje do klifa v Valdoltri. Morje in valovi povzročajo erozijo klifa, kar nazorno kaže na ogroženost posameznih hiš nad klifom.



Slika 34: Poplava morja v Valdoltri 30.okt. 2008, višina morja 306 cm.

3.5 Topografija dna

Piranski zaliv je plitev s položnim padcem dna Slika 35. Padec dna sega med 1 % in 2 %. Sestavljen je pretežno iz muljnate podlage.

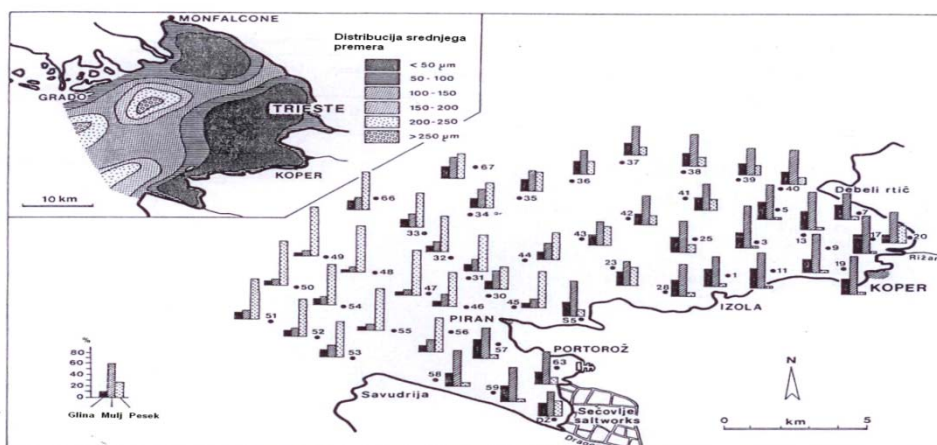


Slika 35: Topografija dna piranskega zaliva (<http://gis.arso.gov.si>).

3.6 Geologija

Velikostna distribucija zrna sedimenta

Velikost usedajočih se zrn površinskega sedimenta v južnem delu Tržaškega zaliva je prikazana na Sliki 36. Sedimenti Koprškega in Piranskega zaliva so sestavljeni iz muljnate gline, s 60 % gline, med tem ko v centralnem delu Tržaškega zaliva prevladuje pesek, ki vsebuje 80 % biogenega detrita. (Ogorelec, et. al., 1990).



Slika 36: Porazdelitev zrn na površinskem sedimentu (Ogorelec, et. al., 1990).

Območja površinskega sedimenta

Sedimenti Tržaškega zaliva se lahko razvrstijo v sedem območij (od A do G), na osnovi porazdelitve velikosti zrn in kompozicije materiala, kot prikazuje slika 37.

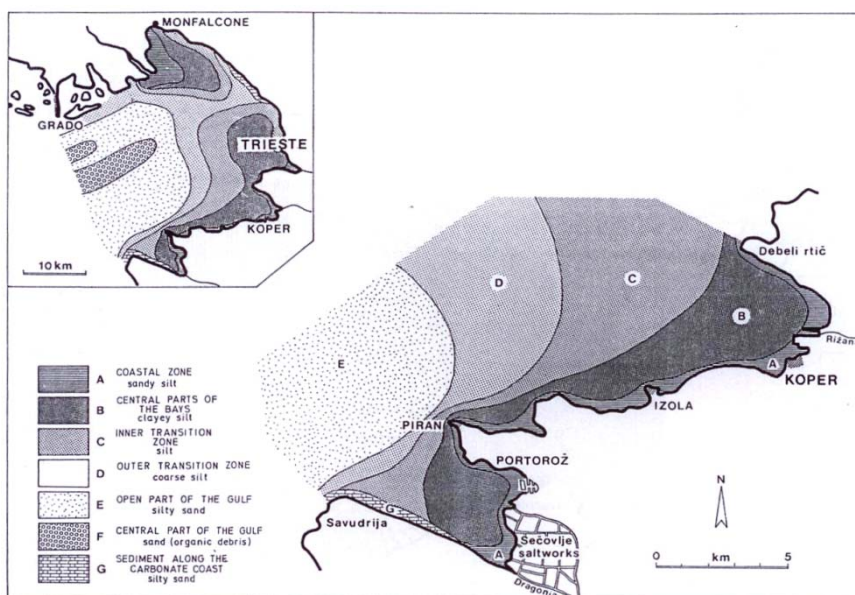
Področje A predstavlja sedimente v bližini obale, ki je relativno ozko. Širina območja A je nekaj deset metrov in seže v globino do pet metrov. Območje se razširi v Koprskem in Piranskem zalivu, zaradi prinosa sedimentov rek Rižane in Dragonje. Sedimenti so sestavljeni iz mulja in peskastega mulja, ki vsebuje maksimalno do 15 % gline in več kot 40 % peska. Povprečni premer zrn je v razponu med 40 in 100 μm . Karbonatne vsebine segajo med 20 in 30 % ob flišni obali. Frakcija gline je konstantno izpostavljena predelovanju zaradi vpliva valov v litoralnem območju.

Območje B predstavlja sedimente v notranjosti manjših zalivov, kot je Koprski in Piranski zaliv. Območje B je sestavljeno iz črno sivega glinastega mulja, ki vsebuje več kot 40 % gline in manj kot 5 % peska. Premer povprečnega zrna sega med 3 do 10 μm , vsebnost karbonatov je med 30 do 40 %.

Območje C predstavlja notranje prehodno območje Tržaškega zaliva, ki vsebuje siv mulj z več kot 25 % gline in več kot 20 % peska. Povprečni premer zrna sega med 5 do 20 μm in karbonatne vsebine med 40 in 50 %.

Območje D predstavlja sedimente zunanje prehodne cone, ki je sestavljena iz grobo sivega mulja s povprečnim premerom zrna med 30 in 100 μm , ter z manj kot 20 % gline. Vsebnost karbonatov je med 50 in 60 %. Ta sektor pokriva relativno ozko (1-5 km) široko območje, ki ločuje centralni del Tržaškega zaliva od manjših obal in zalivov.

Območje E predstavlja sedimente odprtega dela Tržaškega zaliva. Sestoji iz sivo peskastega mulja in peska z manj kot 10 % vsebnosti gline, karbonata pa vsebuje med 50 in 80 %. Povprečni premer zrna sega med 0.1 mm in 0.2 mm. Glineni sediment se konstantno spira s pridnenimi tokovi, ki jih odplavijo v manjše zaprte zalive.



Slika 37: Teksturna porazdelitev sedimenta (Ogorelec, et. al., 1990).

3.7 Objekti na obravnavanem območju

Leseni pomol

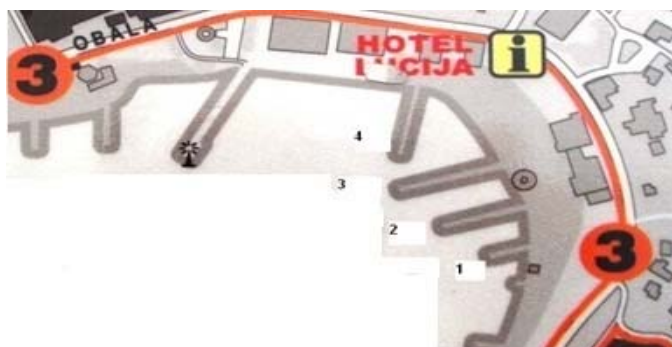
V času Avstro-Ogrske so zgradili dva lesena pomola z lesenimi piloti, vendar je bilo vzdrževanje takih pomolov zelo zahtevno, saj so morali vsako drugo leto zamenjati lesene pilote, ker so gnili na območju bibavice.

Po rekonstrukciji teh dveh pomolov (zamenjava lesenih pilotov z betonskimi), so zgradili še pet lesenih pomolov z betonskimi piloti. Od izgradnje do sedaj, se po pričevanjih krajanov, skoraj da niso izvajala vzdrževalna dela. Na sliki 38 je prikazan leseni pomol. Podatki so pridobljeni na podjetju Okolje Piran d.o.o.



Slika 38: Obstoječi leseni pomol.

Na sliki 39 je predstavljena lokacija lesenih pomolov. Pomoli 1, 2, 3 so usmerjeni proti zahodu, kar posledično pomeni, da so v smeri zahodnih vetrov in neviht. Pomol 4 pa proti jugu, kar pomeni, da je prečno na smer zahodnih vetrov.



Slika 39: Lokacije lesenih pomolov.

Tehnični opis objekta:

- Povprečna nadmorska višina platoja: 1.6 m.
- Debelina pilotov: 28 x 28 cm.
- Kakovost betona pilotov: C 25/30.
- Količina armature v prerezu pilota: 1 %.
- Razdalja med piloti: 3.78 m.
- Širina platoja: 4 m.
- Dolžina pomolov je med 40 in 100 m.
- Globina morja na koncu pomola med 1.5 in 2 m.

Uporabljeni materiali pri rekonstrukciji:

- Spone iz nerjavečega jekla fi 16.
- Lesni vijaki iz nerjavečega jekla fi 6, dolžine 10 cm, kvaliteta 8.8.
- Uporabljen les za plato; obdelane macesnove deske 7 / 15 cm.
- Lepljeni macesnovi tramovi cca. 15/18 cm.
- Kvaliteta lesa C30, $f_{m,k} = 3 \text{ kN/cm}^2$, $f_{v,k} = 0.3 \text{ kN/cm}^2$, $k_{mod} = 0.9$.
- Ograja iz nerjavečega jekla.

Uporabljeni materiali pri starih pomolih:

- Železne sponne fi 16.
- Železni žičniki.
- Uporabljen les za plato; smrekove deske 7 / 15 cm.
- Smrekovi tramovi 15/18 cm.
- Železna ograja.



Slika 40a: Obnovljeni leseni pomol.



Slika 40b: Star leseni pomol.

Betonska utrditev obale

Betonsko utrditev predstavlja vertikalni betonski zid z namenom preprečitve erozije peščene plaže, ter zagotavljanja konstantne površine namenjene sončenju. Z betonsko utrditvijo so zagotovili trden temelj ležišča lesenega pomola. Betonski zid sega po celotni Portoroški obali, kot je razvidno iz Slike 41.



Slika 41: Betonska utrditev Portoroške plaže.

Tehnični opis

- Povprečna nadmorska višina: 0.85 m.
- Širina: 4 m.
- Višina: 1.15 m
- Globina vode v povprečju 0.3 m.
- Zaledna utrjena zemljina.

Uporabljeni materiali

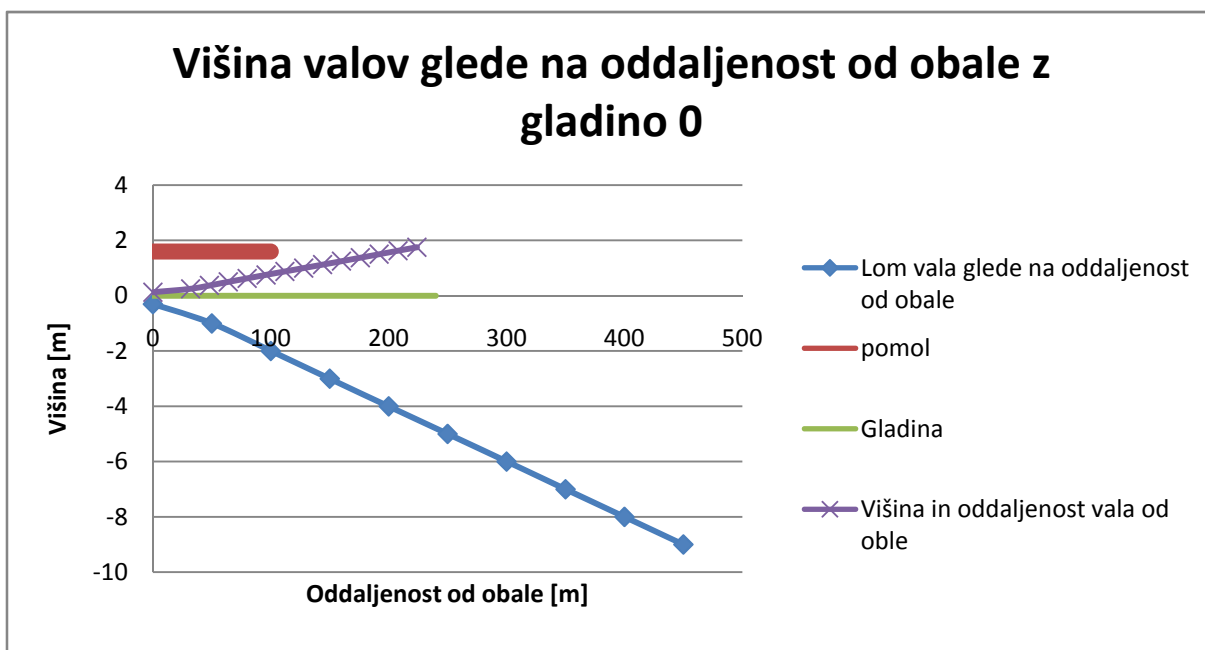
- Kvaliteta betona: C 25/30.
- Uporabljena armatura: neznan.

4 IZRAČUNI IN PRESOJA

V sledečem poglavju so prikazani izračuni globin lomljenja vala v treh različnih situacijah. S pomočjo izračuna globine loma vala, lahko določimo najvišji val na območju objektov. Z najvišjo višino vala lahko izračunamo obtežbo na pomorski objekt.

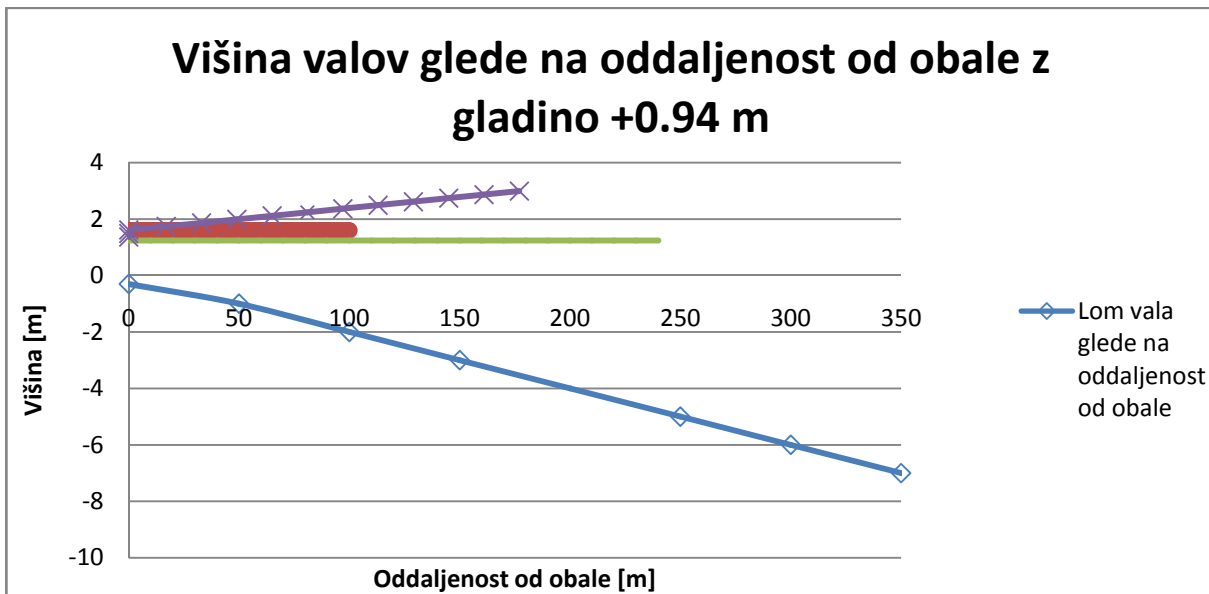
4.1 Valovi na leseni pomol

Na Slikah 42, 43, 44, so prikazane višine valovanja in njihov lom glede na oddaljenost od obale. Opazimo, da se pri ničelni gladini (Slika 42) valovi lomijo pod pomolom. V takem primeru se obtežba vala prenese le na betonske pilote. Največji val, ki se lomi na območju pomola je 1.5 m.



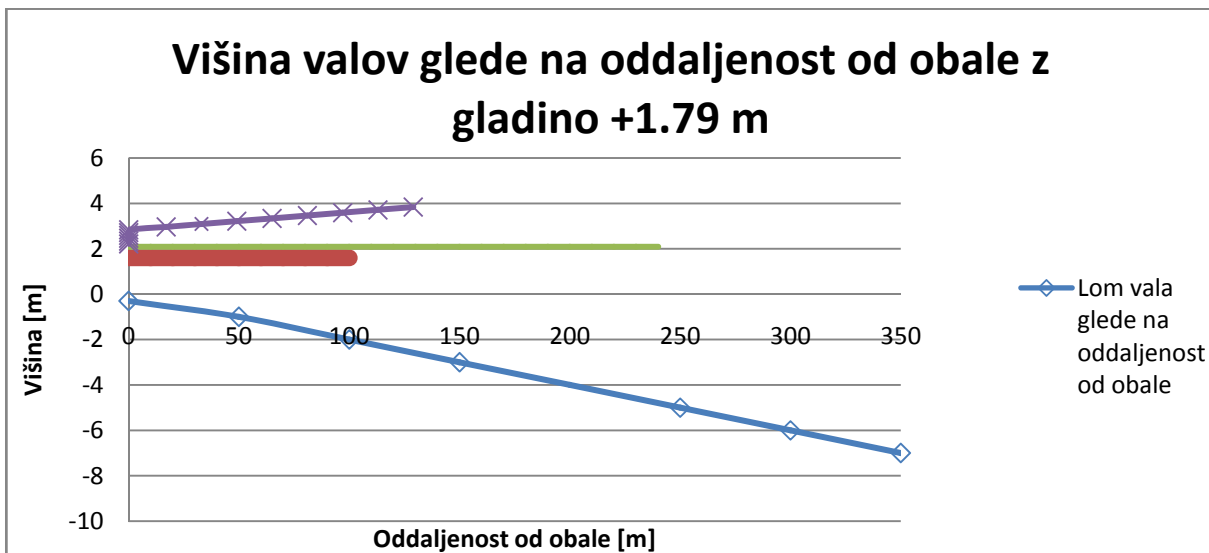
Slika 42: Višina loma vala ob ničelni globini vode.

Z večanjem gladine morja, se spreminja tudi globina loma vala. Valovi se lomijo bližje obali, kar je prikazano na Sliki 43, kjer je upoštevana običajna poplava z dvigom gladine 0.94 m. (Kolega, 2006)



Slika 43: Višina loma valov ob običajni poplavi 0.94 m.

Na sliki 43 je razvidno, da se ob pojavu vsakoletne poplave dvigne morska gladina do lesenega platoja. Valovi v tem primeru delujejo na pilote in na leseni pod. Najvišji val, ki se pojavi v območju pomola je 2.25 m. V naslednjem primeru (Slika 44) smo upoštevali dvig gladine morja ob stoletnih poplavah, kar predstavlja 1.79 m. (Kolega, 2006). Gladina je nad lesenim platojem, Najvišji val, ki se pojavi na območju pomola je 3 m.



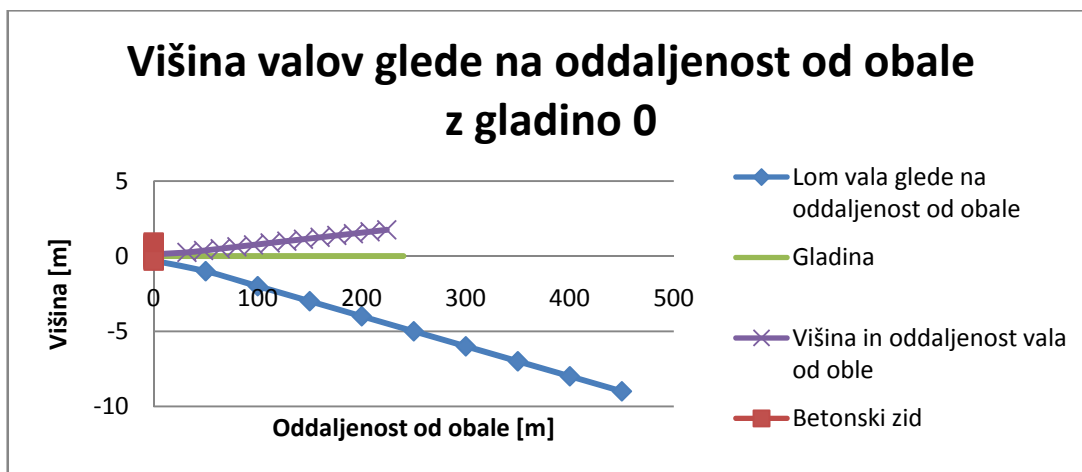
Slika 44: Višina loma valov ob stoletnih poplavah morja 1.79 m.

Ogroženost lesenega pomola predstavljajo predvsem valovi, ki dosežejo lesene deske. Zato je potrebno uporabljati materiale, ki so odpornejši na delujoče sile (nerjaveče jeklo, odpornejše

vrste lesa). Sile valov na betonske stebre nimajo velikega vpliva, saj so piloti vitki in okrogle ali pravokotne oblike, kar zmanjša upor vode. Na betonske stebre neugodno vpliva korozija betona in jekla, k temu pripomorejo tudi valovi, saj izpirajo dislocirane delce betona in jekla, posledično pa prihaja do hitrejšega širjenja korozije.

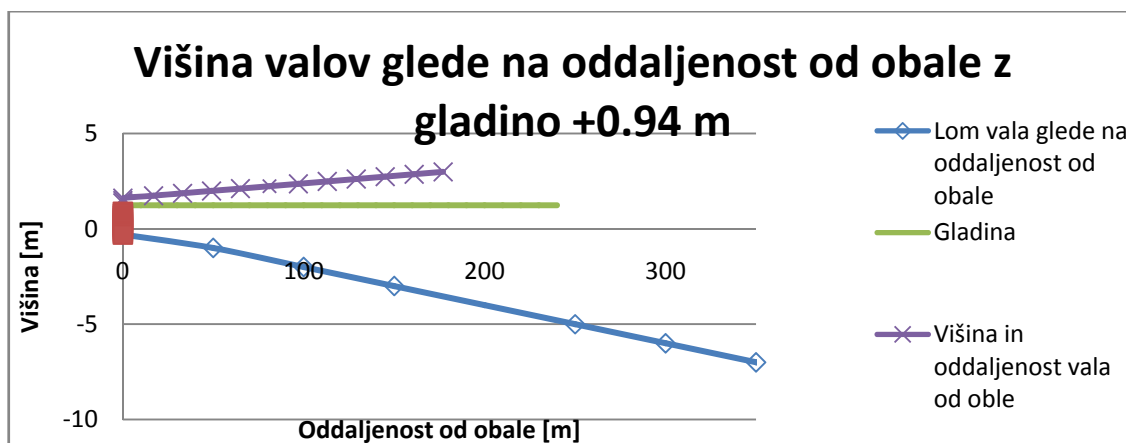
4.2 Valovi na betonskem zidu ob obali

Betonski zid, opisan v prejšnjem poglavju, omogoča dostop do pomolov, ter prostor za sprehajalce. Nadmorska višina je v povprečju 0.9 m. Spodnje slike 45, 46, 48, prikazujejo doseg in višino valov na betonski zid.



Slika 45: Višina valov glede na oddaljenost od obale z gladino 0 na vertikalni zid.

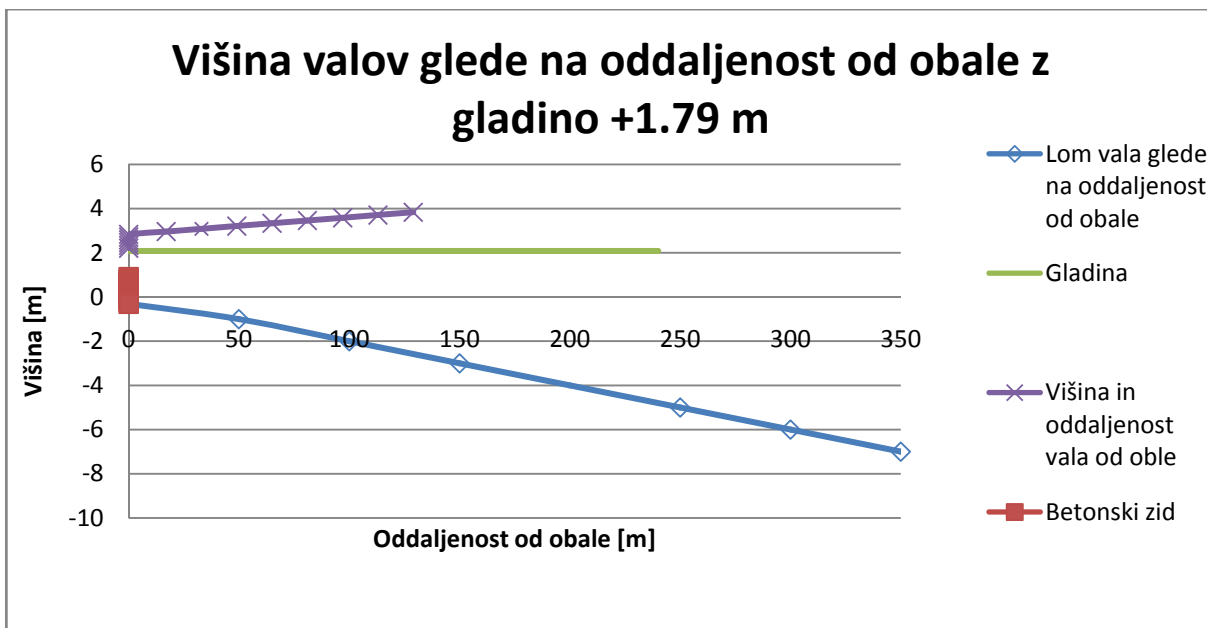
Iz slike 45 je razvidno, da je največja višina vala, ki pride do betonske utrditve 0.25 m.



Slika 46: Višina vala glede na oddaljenost od vertikalnega zidu ob upoštevanju običajne poplave.

Na sliki 46 je upoštevana vsakoletna poplava z dvigom morske gladine 0.94 m. (Kolega, 2006). V tem primeru je razvidno, da je gladina vode nad betonsko utrditvijo. Maksimalna višina vala je 0.75 m.

Na sliki 47 je prikazana stoletna poplava z dvigom morske gladine za 1.79 m, kjer je višina vala 1.5 m. Ter višina vode je za 0.9 m nad betonsko utrditvijo.



Slika 47: Višina vala glede na oddaljenost od vertikalnega zidu, ob upoštevanju stoletne poplave morja.

Betonski zidovi povzročajo refleksijo vala, kar je nevarno za spodjedanje temeljev. Valovi na sam zid nimajo velikega vpliva zaradi manjše višine. Zid je podprt iz zaledne strani z zemljino, kar preprečuje prevrnitev. Njegova nadmorska višina je majhna zato so tudi manjši momenti prevrnitve. Zid je izpostavljen delovanju korozije zaradi morske vode in valov, ki spirajo dislocirane dele betona, zato je potrebno redno vzdrževanje.

4.3 Izračun obtežbe valov na leseni pomol

Obtežbo vala bomo izračunali po metodi Sainflou. Izračunali bomo za vse tri primere predstavljene v prejšnjem poglavju.

4.3.1 Betonski stebri

Poiskati moramo projektni moment na obstoječih pilotih. Pilote sem obravnaval kot prostostoječi steber, kjer je največji moment pri vpetju. (Cvetaš, 1988).

Odpornostni moment

Armirano betonski prerezi so dimenzionirani na podlagi projektne obremenitve. V primeru obstoječih konstrukcij imamo podane dimenzije prereza, ter stopnjo armiranja. Iz podatkov lahko določimo projektni moment, ki predstavlja mejno obremenitev nosilnosti prereza. Če je obtežba na konstrukcijo manjša od projektne obremenitve, armirano betonski prerez zdrži obremenitev. (Rogač et. al., 2005).

$$m_d = \frac{M_d}{A_c * h * \alpha * f_{cd}} \rightarrow M_d = m_d * (A_c * h * \alpha * f_{cd}) \quad (35)$$

Kjer je:

m_d - normirana obremenitev (odčitek iz grafa $k = 1$, $\delta = 0.125$),

M_d - projektni moment [kNm],

A_c - površina betonskega prereza [cm^2],

h - statična višina prereza [cm],

α - naklonski kot prečne armature (1),

f_{cd} – računsko trdnost betona [kN/cm^2],

$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1.5}$, kjer je f_{ck} karakteristična tlačna trdnost betona.

Izračun projektne momenta po enačbi (35):

$$M_d = 0.125 * (784 \text{ cm}^2 * 28 \text{ cm} * 1 * 1.67 \text{ kN}/\text{cm}^2)$$

$$M_d = 45.82 \text{ kNm}$$

Običajni primer obtežbe

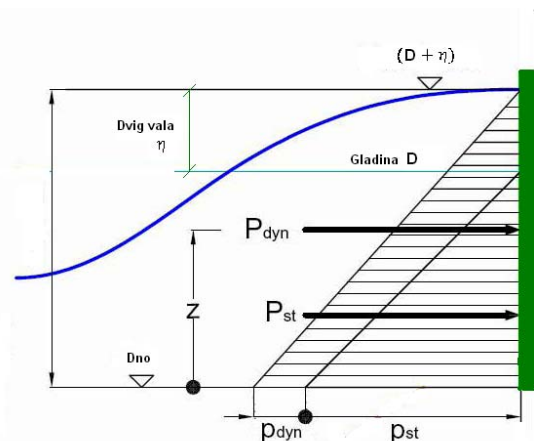
Običajni primer obtežbe, predstavlja obremenitev stebrov kadar je kota gladine na mareografski ničli. Po sliki 42 lahko določimo najvišjo višino vala, ki se pojavi na območju pomola. Izračun obtežbe je opisan v poglavju 2.2 Odpornost pomorskih objektov. Vhodni podatki za običajno obremenitev so:

- Višina plime 0 m.
- Najvišja višina vala, ki se pojavi na območju pomola: 1.5 m.
- $\eta = 0.75$ m,
- $L = 19.5$ m,
- $D = 1.92$ m,
- $\rho_{mv} = 1025 \text{ kg/m}^3$ (gostota morske vode).

Dinamični tlak je izračunan po enačbi (27), odvisen je od gostote vode, višine vala, globine vode ter dolžine vala:

$$\cosh \frac{2\pi D}{L} = 1.197$$

$$p_{dyn} = \frac{\rho * g * \eta}{\cosh \frac{2\pi * D}{L}} = 6.30 \text{ kN/m}^2$$



Slika 48: Obtežba na pilot. (Pršič, 2008).

Dinamična sila predstavlja seštevek dinamičnega tlaka na površini pilota:

$$P_{dyn} = \frac{(p_{st} + p_{dyn}) * (D + \eta)}{2} - \frac{p_{st} * D}{2} \quad (36)$$

$$P_{dyn} = \frac{(19.306 + 6.30) * (1.92 + 0.75)}{2} - \frac{19.306 * 1.92}{2} = 15.65 \text{ kN/m}$$

Dinamična sila deluje na stebri širine 0.28 m, zato je:

$$P_{dyn} = 15.65 \text{ kN/m} * 0.28 \text{ m} = 4.38 \text{ kN}$$

Prijemališče dinamične sile je na aritmetični sredini prijemališča statične in dinamične komponente sile:

$$z = \frac{\frac{(p_{st} + p_{dyn}) * (D + \eta)}{2} * \frac{1}{3} * (D + \eta) - \frac{p_{st} * D}{2} * \frac{1}{3} * D}{\frac{(p_{st} + p_{dyn}) * (D + \eta)}{2} - \frac{p_{st} * D}{2}} \quad (37)$$

$$z = 1.18 \text{ m}$$

Statični tlak je izračunan po enačbi (26), odvisen je od gostote ter globine vode:

$$p_{st} = \rho * g * D = 19.306 \text{ kN/m}^2$$

Statična sila predstavlja seštevek statičnega tlaka po površini pilota:

$$P_{st} = \frac{p_{st} * D}{2} \quad (38)$$

$$P_{st} = \frac{19.306 * 1.92}{2} = 18.52 \text{ kN/m}$$

Statična sila deluje na stebru širine 0.28 m, zato je:

$$P_{st} = 18.52 \text{ kN/m} * 0.28 \text{ m} = 5.187 \text{ kN}$$

Prijemališče statične sile je na eni tretjini globine vode:

$$z_1 = \frac{1}{3} * D = 0.64 \text{ m}$$

Kadar imamo izračunano statično in dinamično silo, lahko izračunamo delujoče momente na steber. Točka vrtenja momenta predstavlja dno morja:

$$\Sigma M = P_{st} * z_1 + P_{dyn} * z \quad (39)$$

$$\Sigma M = 5.187 \text{ kN} * 0.64 \text{ m} + 4.38 \text{ kN} * 1.18 \text{ m} = 8.48 \text{ kNm}$$

Z primerjavo delujočih momentov in odpornostnega momenta, lahko ocenimo ali nam armiranobetonski steber zdrži obremenitev:

$$\Sigma M \leq M_d \quad (40)$$

$$8.48 \text{ kNm} \leq 45.82 \text{ kNm}$$

Ugotovimo, da steber prenese obtežbo, faktor varnosti je 5.4.

Izjemni primer obtežbe

Izjemni primer obtežbe predstavlja obremenitev stebrov kadar je nivo morske gladine dvignjen na nivo vsakoletne poplave (Kolega, 2006). Po sliki 43 lahko določimo najvišjo višino vala, ki se pojavi na območju pomola. Izračun obtežbe je opisan v poglavju 2.2 Odpornost pomorskih objektov. Vhodni podatki za izjemno obtežbo so:

- Višina poplave 0.94 m,
- Najvišja višina vala, ki se pojavi na območju pomola: 2.25 m (Slika 43),
- $\eta = 1.125$ m,
- $L = 31.44$ m,
- $D = 2.8$ m,
- $\rho_{mv} = 1025 \text{ kg/m}^3$ (gostota morske vode).

Dinamični tlak je izračunan po enačbi (27), odvisen je od gostote vode, višine vala, globine vode ter dolžine vala:

$$\cosh \frac{2\pi D}{L} = 1.1605$$

$$p_{dyn} = \frac{p * g * \eta}{\cosh \frac{2\pi * D}{L}} = 9.747 \text{ kN/m}^2$$

Dinamična sila predstavlja seštevek dinamičnega tlaka na površini pilota izračunana po enačbi (36):

$$P_{dyn} = \frac{(28.154 + 9.747) * (2.8 + 1.125)}{2} - \frac{28.154 * 2.8}{2} = 34.39 \text{ kN/m}$$

Dinamična sila deluje na stebri širine 0.28 m, zato je:

$$P_{dyn} = 34.39 \text{ kN/m} * 0.28 \text{ m} = 9.609 \text{ kN}$$

Prijemališče dinamične sile je na aritmetični sredini prijemališča statične in dinamične komponente sile izračunane po enačbi (37):

$$z = 1.72 \text{ m}$$

Statični tlak je izračunan po enačbi (26), odvisen je od gostote ter globine vode:

$$p_{st} = \rho * g * D = 28.154 \text{ kN/m}^2$$

Statična sila predstavlja seštevek statičnega tlaka po površini pilota izračunano po enačbi (38):

$$P_{st} = \frac{28.154 * 2.8}{2} = 39.42 \text{ kN/m}$$

Statična sila deluje na stebru širine 0.28 m, zato je:

$$P_{st} = 39.42 \text{ kN/m} * 0.28 \text{ m} = 22.07 \text{ kN}$$

Prijemališče statične sile je na eni tretjini globine vode:

$$z_1 = \frac{1}{3} * D = 0.93 \text{ m}$$

Kadar imamo izračunano statično in dinamično silo, lahko izračunamo delujoče momente na steber. Točka vrtenja momenta predstavlja dno morja, izračun po enačbi (39):

$$\Sigma M = 22.07 \text{ kN} * 0.93 \text{ m} + 9.609 \text{ kN} * 1.72 \text{ m} = 37.05 \text{ kNm}$$

Z primerjavo delujočih momentov in odpornostnega momenta, lahko ocenimo ali nam armiranobetonski steber zdrži obremenitev (enačba 40):

$$37.05 \text{ kNm} \leq 45.82 \text{ kNm}$$

Ugotovimo, da steber prenese obtežbo, faktor varnosti je 1.24.

Ekstremni primer obtežbe

Ekstremni primer obtežbe, predstavlja obremenitev stebrov kadar je nivo morske gladine dvignjen na nivo stoletne poplave (Kolega, 2006). Po sliki 44 lahko določimo najvišjo višino vala, ki se pojavi na območju pomola. Izračun obtežbe je opisan v poglavju 2.2 Odpornost pomorskih objektov. Vhodni podatki za ekstremno obtežbo so:

- Višina visokovodne gladine je 1.79 m,
- Najvišja višina vala, ki se pojavi na območju pomola: 3 m (Slika 44)
- $\eta = 1.5 \text{ m}$,
- $L = 49.1 \text{ m}$,
- $D = 3.84 \text{ m}$,
- $\rho_{mv} = 1025 \text{ kg/m}^3$ (gostota morske vode).

Dinamični tlak je izračunan po enačbi (27), odvisen je od gostote vode, višine vala, globine vode ter dolžine vala:

$$\cosh \frac{2\pi D}{L} = 1.123$$

$$p_{dyn} = \frac{p * g * \eta}{\cosh \frac{2\pi * D}{L}} = 13.43 \text{ kN/m}^2$$

Dinamična sila predstavlja seštevek dinamičnega tlaka na površini pilota izračunana po enačbi (36):

$$P_{dyn} = \frac{(38.6 + 13.43) * (3.84 + 1.5)}{2} - \frac{38.6 * 3.84}{2} = 64.80 \text{ kN/m}$$

Dinamična sila deluje na stebru širine 0.28 m, zato je:

$$P_{dyn} = 64.80 \text{ kN/m} * 0.28 \text{ m} = 18.14 \text{ kN}$$

Prijemališče dinamične sile je na aritmetični sredini prijemališča statične in dinamične komponente sile izračunane po enačbi (37):

$$z = 2.35 \text{ m}$$

Statični tlak je izračunan po enačbi (26), odvisen je od gostote ter globine vode:

$$p_{st} = \rho * g * D = 38.6 \text{ kN/m}^2$$

Statična sila predstavlja seštevek statičnega tlaka po površini pilota izračunano po enačbi (38):

$$P_{st} = \frac{38.6 * 3.84}{2} = 74.112 \text{ kN/m}$$

Statična sila deluje na stebru širine 0.28 m, zato je:

$$P_{st} = 74.112 \text{ kN/m} * 0.28 \text{ m} = 20.75 \text{ kN}$$

Prijemališče statične sile je na eni tretjini globine vode:

$$z_1 = \frac{1}{3} * D = 1.28 \text{ m}$$

Kadar imamo izračunano statično in dinamično silo, lahko izračunamo delujoče momente na steber. Točka vrtenja momenta predstavlja dno morja, izračun po enačbi (39):

$$\Sigma M = 20.75 \text{ kN} * 1.28 \text{ m} + 18.14 \text{ kN} * 2.35 \text{ m} = 69.189 \text{ kNm}$$

Z primerjavo delujočih momentov in odpornostnega momenta, lahko ocenimo ali nam armiranobetonski steber zdrži obremenitev (enačba 40):

$$69.189 \text{ kNm} \leq 45.82 \text{ kNm}$$

Ugotovimo, da steber ne prenese obtežbe, faktor varnosti je 0.66

Nivo vode ob stoletnih poplavih preplavi pomol, ki je na koti 1.6 m. Ugotovimo, da objekti kot so pomoli namenjeni kopalcem niso projektirani na protipoplavno koto 2.5 m. Ob ekstremnih dogodkih ni prisotnih ljudi na samem pomolu, kar pomeni da življenja ljudi niso ogrožena.

4.3.2 Leseni pod

Na leseni pod vplivajo valovi, ki ga dosežejo. Nanj vpliva sila statičnega in dinamičnega vzgona morja, kakor tudi mokrenje in osuševanje lesa, razpadanje lesa v vlažnem okolju, ter korozija jekla. V nadaljevanju bodo predstavljene osnovne enačbe za izračun nosilnosti lesenih nosilcev.

Določitev maksimalnega uklonskega momenta med dvema vpetjema (Cvetaš, 1988), nam predstavlja največjo obremenitev lesenega prereza. Maksimalno vrednost doseže na sredini nosilca.

$$\max M = \frac{(U_{dyn} + U_{st}) * l^2}{8} \quad (41)$$

Kjer je:

$\max M$ - maksimalni moment na nosilcu [kNm],

U_{dyn} - dinamična komponenta vzgona [kN/m],

U_{st} - statična komponenta vzgona [kN/m],

l - dolžina nosilca [m].

Maksimalna strižna sila na upogibnem nosilcu (Cvetaš, 1988), nam predstavlja maksimalno strižno obremenitev prereza. V našem primeru je strižna sila največja pri podporah.

$$\max V = \frac{(U_{dyn} + U_{st}) * l}{2} \quad (42)$$

Kjer je:

$\max V$ - maksimalna strižna sila na nosilcu [kNm],

U_{dyn} - dinamična komponenta vzgona [kN/m],

U_{st} - statična komponenta vzgona [kN/m],

l - dolžina nosilca [m].

Mejno stanje nosilnosti lesenega prereza (Gradbeniški priročnik, 2006), je odvisno od kvalitete materiala (Evrokod).

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma} \quad (43)$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma} \quad (44)$$

Kjer so:

$f_{m,d}$ - projektno mejno stanje nosilnosti na upogib [kN/cm²],

$f_{v,d}$ - projektno mejno stanje nosilnosti na strig [kN/cm²],

k_{mod} - uporabnostni faktor ($k_{mod} = 0.9$),

$f_{m,k}$ - dejansko mejno stanje nosilnosti na upogib [kN/cm²],

$f_{v,k}$ - dejansko mejno stanje nosilnosti na upogib [kN/cm²],

γ - varnostni faktor za les ($\gamma = 1.3$).

Kontrole mejnega stanja nosilnosti (Gradbeniški priročnik, 2006), so kontrole nosilnosti lesenih prerezov ob dani obremenitvi na upogib in na strig (Evrokod).

Kontrola upogibnih napetosti:

$$W = \frac{b * h^2}{6} \quad (45)$$

Kjer je:

W - vztrajnostni moment nosilca [cm³],

b – širina nosilca [cm],

h – višina nosilca [cm].

$$\max \sigma_{m,d} = \frac{\max M}{W} \leq f_{m,d} \quad (46)$$

Kjer je:

$\max \sigma_{m,d}$ - maksimalna upogibna napetost v prerezu nosilca [kN/cm²],

max M - maksimalni moment na nosilcu [kNm],

W - vztrajnostni moment nosilca [cm³],

$f_{m,d}$ - projektno mejno stanje nosilnosti na upogib [kN/cm²],

Kontrola strižnih napetosti (Gradbeniški priročnik, 2006), (Evrokod):

$$A^* = \frac{2}{3} * b * h \quad (47)$$

Kjer je:

A* - zmanjšani prerez nosilca [cm²],

b – širina nosilca [cm],

h – višina nosilca [cm].

$$\max \tau_{v,d} = \frac{\max V}{A^*} \leq f_{v,d} \quad (48)$$

Kjer je:

$\max \tau_{v,d}$ - maksimalna strižna napetost v prerezu nosilca [kN/cm²],

max V - maksimalni moment na nosilcu [kNm],

A* - zmanjšani prerez nosilca [cm²],

$f_{v,d}$ - projektno mejno stanje nosilnosti na strig [kN/cm²],

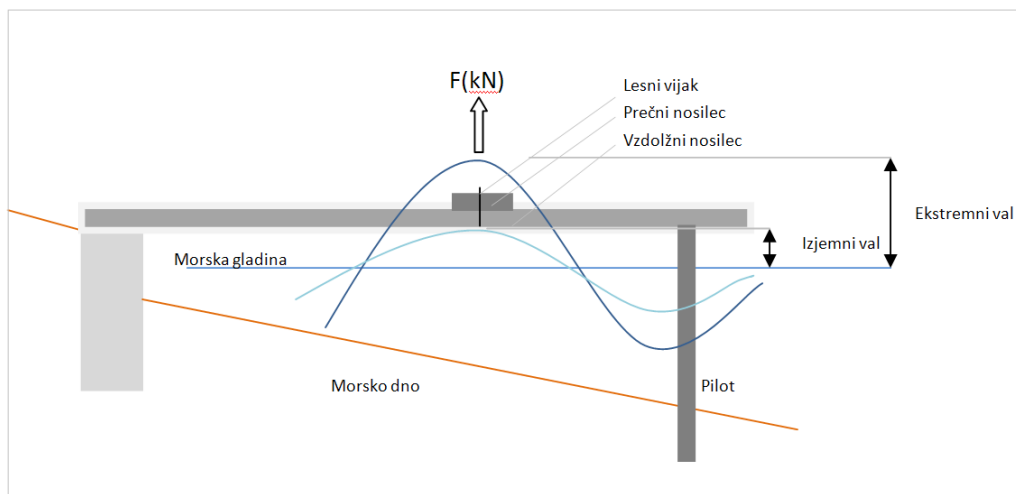
Običajni primer obtežbe

Običajni primer obtežbe upošteva vodostaj morja na mareografski ničli. Ker valovi tedaj ne dosežejo lesenega poda, ni vpliva morja na konstrukcijo.

Izjemni primer obtežbe

Izjemni primer obtežbe, predstavlja obremenitev lesenega poda, kadar je nivo morske gladine dvignjen na nivo vsakoletne poplave (Kolega, 2006). Po grafu na sliki 43 lahko določimo najvišjo višino vala, ki doseže leseni pod. Vhodni podatki za izjemno obtežbo so:

- Višina poplave 0.94 m,
- Najvišja višina vala, ki se pojavi na območju pomola: 2.25 m (Slika 43).
- $\eta = 1.125$ m,
- $L = 31.44$ m,
- $D = 2.8$ m,
- $\rho_{mv} = 1025 \text{ kg/m}^3$ (gostota morske vode).



Slika 49: Sila vala na leseno desko poda.

Dinamični tlak je izračunan po enačbi (27), odvisen je od gostote vode, višine vala, globine vode ter dolžine vala:

$$\cosh \frac{2\pi D}{L} = 1.1605$$

$$p_{dyn} = \frac{p * g * \eta}{\cosh \frac{2\pi * D}{L}} = 9.747 \text{ kN/m}^2$$

Upoštevamo samo dinamično komponento. Dinamična sila vzgona na tekoči meter nosilca:

$$U_{dyn} = \frac{p_{dyn} * b}{2} = \frac{9.747 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 0.15 \text{ m}}{2} = 1.462 \text{ kN/m}$$

Določitev maksimalnega momenta in strižne prečne sile po enačbah (41), (42):

$$\max M = \frac{1.462 * 1.3^2}{8} = 0.308 \text{ kNm}$$

$$\max V = \frac{1.462 * 1.3}{2} = 0.95 \text{ kN}$$

Mejno stanje nosilnosti lesenega prereza po enačbah (43), (44):

$$f_{m,d} = 0.9 * \frac{3}{1.3} = 2.076 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,d} = 0.9 * \frac{0.3}{1.3} = 0.2076 \text{ kN/cm}^2$$

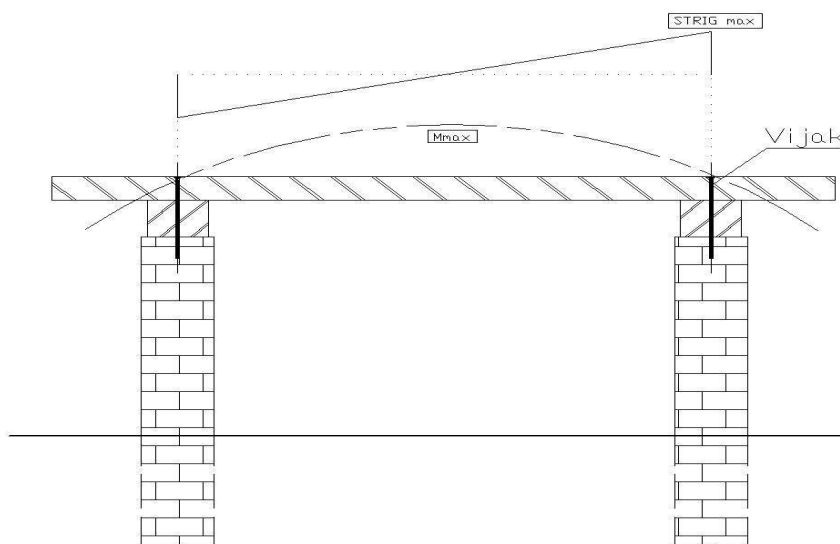
Kontrole mejnega stanja nosilnosti po enačbah (45),(46).

Kontrola upogibnih napetosti na sredini nosilca:

$$W = \frac{15 * 7^2}{6} = 122.5 \text{ cm}^3$$

$$\max \sigma_{m,d} = \frac{0.308 * 100}{122.5} = 0.251 \text{ kN/cm}^2 \leq 2.076 \text{ kN/cm}^2$$

Nosilec zdrži upogibno obremenitev faktor varnosti je 8.3.



Slika 50: Maksimalna strižna sila in upogibni moment.

Kontrola strižnih napetosti ob pilotu (Slika 50):

$$A^* = \frac{2}{3} * 15 * 7 = 70 \text{ cm}^2$$

$$\max \tau_{v,d} = \frac{0.95}{70} = 0.0135 \leq 0.2076 \text{ kN/cm}^2$$

Nosilec zdrži strižno obremenitev, faktor varnosti je 8.2.

Ekstremni primer obtežbe

Ekstremni primer obtežbe, predstavlja obremenitev lesenega poda, kadar je nivo morske gladine dvignjen na nivo stoletne poplave (Kolega, 2006). Po sliki 44 lahko določimo najvišjo višino vala, ki doseže leseni pod. Vhodni podatki za izjemno obtežbo so:

- Višina visokovodne gladine 1.79 m,
- Najvišja višina vala, ki se pojavi na območju pomola: 3 m (Slika 44).
- $\eta = 1.5 \text{ m}$,
- $L = 48.1 \text{ m}$,
- $D = 3.84 \text{ m}$,
- $\rho_{mv} = 1025 \text{ kg/m}^3$ (gostota morske vode).

Dinamični tlak je izračunan po enačbi (27), odvisen je od gostote vode, višine vala, globine vode ter dolžine vala:

$$\cosh \frac{2\pi D}{L} = 1.123$$

$$p_{dyn} = \frac{p * g * \eta}{\cosh \frac{2\pi * D}{L}} = 13.43 \text{ kN/m}^2$$

Statični tlak je izračunan po enačbi (26), odvisen je od gostote ter globine vode:

$$p_{st} = \rho * g * D = 38.6 \text{ kN/m}^2$$

Upoštevamo dinamično in statično komponento vzgona, ki doseže leseni pod.

Dinamična sila vzgona na tekoči meter:

$$U_{dyn} = \frac{p_{dyn} * b}{2} = \frac{13.43 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 0.15 \text{ m}}{2} = 1.0072 \text{ kN/m}$$

Statična komponenta:

$$U_{st} = p_{st} * b = 38.6 \frac{kN}{m^2} * 0.15 m = 5.79 kN/m$$

Določitev maksimalnega momenta in strižne prečne sile po enačbah (41), (42):

$$\max M = \frac{6.8 * 1.3^2}{8} = 1.43 kNm$$

$$\max V = \frac{6.8 * 1.3}{2} = 4.42 kN$$

Mejno stanje nosilnosti lesenega prereza po enačbah (43), (44):

$$f_{m,d} = 0.9 * \frac{3}{1.3} = 2.076 kN/cm^2$$

$$f_{v,d} = 0.9 * \frac{0.3}{1.3} = 0.2076 kN/cm^2$$

Kontrole mejnega stanja nosilnosti po enačbah (45),(46),

Kontrola upogibnih napetosti:

$$W = \frac{15 * 7^2}{6} = 122.5 cm^3$$

$$\max \sigma_{m,d} = \frac{1.43 * 100}{122.5} = 1.16 kN/cm^2 \leq 2.076 kN/cm^2$$

Nosilec zdrži upogibno obremenitev, faktor varnosti je 1.8.

Kontrola strižnih napetosti:

$$A^* = \frac{2}{3} * 15 * 7 = 70 cm^2$$

$$\max \tau_{v,d} = \frac{4.42}{70} = 0.063 \leq 0.2076 kN/cm^2$$

Nosilec zdrži strižno obremenitev faktor varnosti je 3.3.

Nosilnost vijakov (Gradbeniški priročnik, 2006), (Evrokod)

Obtežba na vijak predstavlja strižna sila, ki deluje na vijak kot natezna osna sila. V gradbeniškem priročniku so podani trdnostni razredi vijakov:

Natezna trdnost vijakov kvalitete 8.8, kar predstavlja :

$$f_{u,b} = 800 \text{ N/mm}^2$$

Prerez lesnega vijaka ϕ 6 mm, na katero deluje obremenitev:

$$A = \pi * r^2 = 28.27 \text{ mm}^2$$

Natezna nosilnost vijaka je podana kot seštevek natezne trdnosti po prerezu stebela vijaka:

$$N_a = \frac{f_{u,b} * A}{\gamma} = \frac{800 * 28.27}{1} = 22.6 \text{ kN}$$

Kontrola nosilnosti vijaka

Maksimalna strižna sila:

$$\max V = \frac{6.8 * 1.3}{2} = 4.42 \text{ kN}$$

$$N_a \geq \max V$$

Zadošča samo en vijak v podpori, faktor varnosti je 5.1.

Pri dimenzioniranju vijakov in lesa je potrebno računati še na vplive korozije slane vode. Z uporabo vijakov iz nerjavečega jekla (Inox 316) se lahko izognemo vplivom korozije. Vendar nastopi še problem mokrenja in osuševanje, kar z leti povzroča razpoke lesa okoli vijakov. Pomemben ukrep je uporaba vijakov z večjim prerezom glave, ali pa dodajanje podložk. Pri starih pomolih je problem uporabe žebeljev, saj jim korozija z leti zmanjšuje prerez stebela.

4.4 Odpornost betonske utrditve obale

Na obstoječem stanju ni razvidno ali je betonski zid na pilotih ali težnostni zid, zato sem betonsko utrditev obale obravnaval kot težnostni zid. V prvih treh primerih sem upošteval, da je težnostni zid nameščen na prodnati podlagi, kjer je omogočeno pronicanje vode med prodom. Zaledne vode nisem upošteval, ker ugodno vpliva na stabilnost objekta. Izbran je najbolj neugoden vpliv. Privzel sem, da je vsebina betonske utrditve obale v celoti iz betona, če prav se običajno uporablja kamen.

Običajni primer obtežbe glej (Slika 25)

Običajni primer obtežbe, predstavlja obremenitev betonske utrditve obale kadar je kota gladine na mareografski ničli. Po sliki 45 lahko določimo najvišjo višino vala, ki se pojavi na

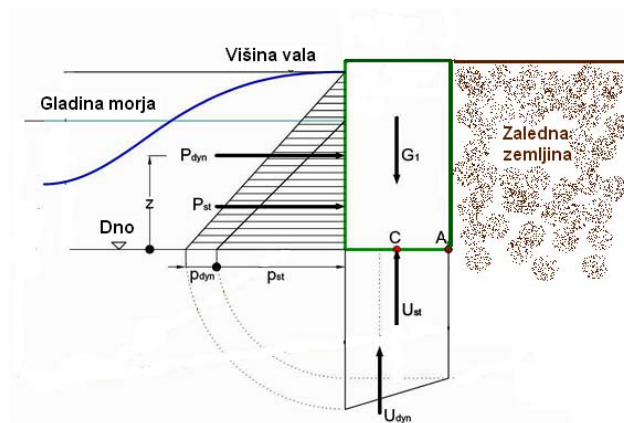
območju betonske utrditve obale. Izračun obtežbe je opisan v poglavju 2.2 Odpornost pomorskih objektov. Vhodni podatki za običajno obremenitev so:

- Višina plime 0 m.
- Najvišja višina vala, ki pride do betonske utrditve: 0.25 m (Slika 45).
- $\eta = 0.125$ m,
- $L = 5.75$ m,
- $D = 0.3$ m,
- $\rho_{mv} = 1025 \text{ kg/m}^3$ (gostota morske vode)

Dinamični tlak je izračunan po enačbi (27), odvisen je od gostote vode, višine vala, globine vode ter dolžine vala:

$$\cosh \frac{2\pi D}{L} = 1.054$$

$$p_{dyn} = \frac{p * g * \eta}{\cosh \frac{2\pi * D}{L}} = 1.192 \text{ kN/m}^2$$



Slika 51: Aktivne sile na težnostni zid.

Dinamična sila predstavlja seštevek dinamičnega tlaka po globini vode po enačbi (36):

$$P_{dyn} = \frac{(1.192 + 3.016) * (0.3 + 0.125)}{2} - \frac{3.016 * 0.3}{2} = 0.442 \text{ kN/m}$$

Prijemališče dinamične sile je na aritmetični sredini prijemališča statične in dinamične komponente sile po enačbi (37):

$$z = 0.184 \text{ m}$$

Statični tlak je izračunan po enačbi (26), odvisen je od gostote ter globine vode:

$$p_{st} = \rho * g * D = 3.016 \text{ kN/m}^2$$

Statična sila predstavlja seštevek statičnega tlaka po globini (enačbi 38):

$$P_{st} = \frac{3.016 * 0.3}{2} = 0.452 \text{ kN/m}$$

Prijemališče statične sile, je na eni tretjini globine vode:

$$z_1 = \frac{1}{3} * D = 0.1 \text{ m}$$

Sila teže betonske utrditve predstavlja seštevek gostote uporabljenega materiala (beton) na prerezu utrditve:

$$G = b * h * \gamma = 4 \text{ m} * 1.15 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 110.4 \text{ kN}$$

Statična sila vzgona deluje na širino betonske utrditev:

$$U_{st} = p_{st} * b = 3.016 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \text{ m} = 12.06 \text{ kN/m}$$

Dinamična sila vzgona deluje na širino betonskega prereza:

$$U_{dyn} = \frac{p_{dyn} * b}{2} = \frac{1.192 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \text{ m}}{2} = 2.384 \text{ kN/m}$$

Seštevek odpornostnih momentov okoli točke A po enačbi (30) glej sliko 25:

$$\Sigma M_A^{odp} = G * r = 220.8 \text{ kNm}$$

Seštevek aktivnih sil po enačbi (31), kjer aktivne sile predstavljajo prevrnitvene sile (Slika 25)

$$\Sigma M_A^{akt} = P_{st} * r + P_{dyn} * r + U_{dyn} * r + U_{st} * r = 30.60 \text{ kNm}$$

Faktor varnosti na prevrnitev predstavlja enačba (33), kjer mora biti varnostni faktor večji od 1.5, da betonska utrditev zagotavlja varnost:

$$F_s = \frac{\Sigma M_A^{ODP}}{\Sigma M_A^{AKT}} = \frac{220.8}{30.60} = 7.21 \geq 1.5$$

Betonska utrditev obale zdrži obremenitev, varnostni faktor je 7.21.

Faktor varnosti na zdrs po enačbi (34), kjer mora biti varnostni faktor večji od 1.5, da je betonska utrditev odporna na zdrs:

$$F_s = \frac{\Sigma V * f}{\Sigma H} = \frac{220.8 * 0.5}{0.894} = 123.5 \geq 1.5$$

Betonska utrditev obale zdrži obremenitev, varnostni faktor je 123.5.

Izjemni primer obtežbe

Izjemni primer obtežbe, predstavlja obremenitev betonske utrditve obale kadar je nivo gladine dvignjen na nivo vsakoletne poplave (Kolega, 2006). Po sliki 46 lahko določimo najvišjo višino vala, ki se pojavi na območju betonske utrditve obale. Izračun obtežbe je

opisan v poglavju 2.2 Odpornost pomorskih objektov. Vhodni podatki za izjemno obremenitev so:

- Višina dviga gladine 0.94 m,
- Najvišja višina vala, ki pride do betonske utrditve: 0.75 m.
- $\eta = 0.375$ m,
- $L = 8.72$ m,
- $D = 1.24$ m,
- $\rho_{mv} = 1025 \text{ kg/m}^3$ (gostota morske vode)

Dinamični tlak je izračunan po enačbi (27), odvisen je od gostote vode, višine vala, globine vode ter dolžine vala:

$$\cosh \frac{2\pi D}{L} = 1.428$$

$$p_{dyn} = \frac{p * g * \eta}{\cosh \frac{2\pi * D}{L}} = 2.640 \text{ kN/m}^2$$

Dinamična sila predstavlja seštevek dinamičnega tlaka po globini vode po enačbi (36)

$$P_{dyn} = \frac{(12.46 + 2.640) * (1.24 + 0.375)}{2} - \frac{12.46 * 1.24}{2} = 4.465 \text{ kN/m}$$

Prijemališče dinamične sile je na aritmetični sredini prijemališča statične in dinamične komponente sile po enačbi (37):

$$z = 0.754 \text{ m}$$

Statični tlak je izračunan po enačbi (26), odvisen je od gostote ter globine vode:

$$p_{st} = \rho * g * D = 12.46 \text{ kN/m}^2$$

Statična sila predstavlja seštevek statičnega tlaka po globini (enačbi 38):

$$P_{st} = \frac{3.016 * 0.3}{2} = 7.725 \text{ kN/m}$$

Prijemališče statične sile, je na eni tretjini globine vode:

$$z_1 = \frac{1}{3} * D = 0.413 \text{ m}$$

Sila teže betonske utrditve predstavlja seštevek gostote uporabljenega materiala (beton) na prerezu utrditve:

$$G = b * h * \gamma = 4 \text{ m} * 1.15 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 110.4 \text{ kN}$$

Statična sila vzgona deluje na širino betonske utrditev:

$$U_{st} = p_{st} * b = 12.46 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \text{ m} = 50.24 \text{ kN/m}$$

Dinamična sila vzgona deluje na širino betonske utrditev:

$$U_{dyn} = \frac{p_{dyn} * b}{2} = \frac{2.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \text{ m}}{2} = 5.28 \text{ kN/m}$$

Seštevek odpornostnih momentov okoli točke A po enačbi (30) glej sliko 25:

$$\Sigma M_A^{odp} = G * r = 220.8 \text{ kNm}$$

Seštevek aktivnih sil po enačbi (31), kjer aktivne sile predstavljajo prevrnitvene sile (Slika 25)

$$\Sigma M_A^{akt} = P_{st} * r + P_{dyn} * r + U_{dyn} * r + U_{st} * r = 126.00 \text{ kNm}$$

Faktor varnosti na prevrnitev predstavlja enačba (33), kjer mora biti varnostni faktor večji od 1.5, da betonska utrditev obale zagotavlja odpornost na prevrnitev:

$$F_S = \frac{\Sigma M_A^{ODP}}{\Sigma M_A^{AKT}} = \frac{220.8}{126.00} = 1.74 \geq 1.5$$

Betonska utrditev obale zdrži obremenitve, varnostni faktor je 1.74.

Faktor varnosti na zdrs predstavlja enačba (34), kjer mora biti varnostni faktor večji od 1.5, da betonska utrditev zagotavlja odpornost na zdrs:

$$F_S = \frac{\Sigma V * f}{\Sigma H} = \frac{220.8 * 0.5}{12.18} = 18.12 \geq 1.5$$

Betonska utrditev obale zdrži obremenitve, varnostni faktor je 18.12.

Ekstremni primer obtežbe

Ekstremni primer obtežbe, predstavlja obremenitev betonske utrditve obale kadar je kota gladine dvignjena na nivo stoletne poplave (Kolega, 2006). Po sliki 47 lahko določimo najvišjo višino vala, ki se pojavi na območju betonske utrditve obale. Izračun obtežbe je

opisan v poglavju 2.2 Odpornost pomorskih objektov. Vhodni podatki za ekstremno obremenitev so:

- Višina dviga gladine 1.79 m,
- Najvišja višina vala, ki pride do betonske utrditve: 1.5 m.
- $\eta = 0.75$ m,
- $L = 22.64$ m,
- $D = 2.09$ m,
- $\rho_{mv} = 1025$ kg/m³ (gostota morske vode).

Dinamični tlak je izračunan po enačbi (27), odvisen je od gostote vode, višine vala, globine vode ter dolžine vala:

$$\cosh \frac{2\pi D}{L} = 1.172$$

$$p_{dyn} = \frac{p * g * \eta}{\cosh \frac{2\pi * D}{L}} = 6.43 \text{ kN/m}^2$$

Dinamična sila predstavlja seštevek dinamičnega tlaka po globini vode po enačbi (36):

$$P_{dyn} = \frac{(21.01 + 6.43) * (2.09 + 0.75)}{2} - \frac{21.01 * 2.09}{2} = 17.004 \text{ kN/m}$$

Prijemališče dinamične sile je na aritmetični sredini prijemališča statične in dinamične komponente sile po enačbi (37):

$$z = 1.269 \text{ m}$$

Statični tlak je izračunan po enačbi (26), odvisen je od gostote ter globine vode:

$$p_{st} = \rho * g * D = 21.01 \text{ kN/m}^2$$

Statična sila predstavlja seštevek statičnega tlaka po globini (enačbi 38):

$$P_{st} = \frac{21.01 * 2.09}{2} = 21.95 \text{ kN/m}$$

Prijemališče statične sile, je na eni tretjini globine vode:

$$z_1 = \frac{1}{3} * D = 0.69 \text{ m}$$

Sila teže betonske utrditve predstavlja seštevek gostote uporabljenega materiala (beton) na prerezu utrditve:

$$G = b * h * \gamma = 4 \text{ m} * 1.15 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 110.4 \text{ kN}$$

Statična sila vzgona, deluje na širino betonske utrditev:

$$U_{st} = p_{st} * b = 21.01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \text{ m} = 87.8 \text{ kN/m}$$

Dinamična sila vzgona, deluje na širino betonske utrditve:

$$U_{dyn} = \frac{p_{dyn} * b}{2} = \frac{6.43 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \text{ m}}{2} = 12.86 \text{ kN/m}$$

Seštevek odpornostnih momentov okoli točke A po enačbi (30) glej sliko 25:

$$\Sigma M_A^{odp} = G * r = 220.8 \text{ kNm}$$

Seštevek aktivnih sil po enačbi (31), kjer aktivne sile predstavljajo prevrnitvene sile (Slika 25)

$$\Sigma M_A^{akt} = P_{st} * r + P_{dyn} * r + U_{dyn} * r + U_{st} * r = 246.46 \text{ kNm}$$

Faktor varnosti na prevrnitev predstavlja enačba (33), kjer mora biti varnostni faktor večji od 1.5, da betonska utrditev obale zagotavlja odpornost na prevrnitev:

$$F_s = \frac{\Sigma M_A^{ODP}}{\Sigma M_A^{AKT}} = \frac{220.8}{246.46} = 0.89 \geq 1.5$$

Betonska utrditev obale ne zdrži obremenitve, varnostni faktor je 0.89.

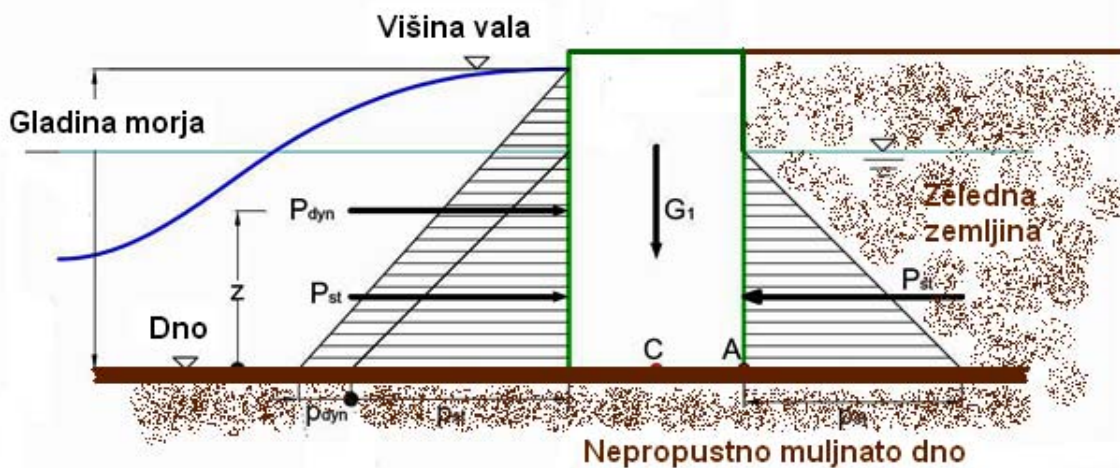
Faktor varnosti na zdrs predstavlja enačba (34), kjer mora biti varnostni faktor večji od 1.5, da betonska utrditev zagotavlja odpornost na zdrs:

$$F_s = \frac{\Sigma V * f}{\Sigma H} = \frac{220.8 * 0.5}{38.96} = 2.84 \geq 1.5$$

Betonska utrditev obale zdrži obremenitve, varnostni faktor je 2.84.

Ekstremni primer ob upoštevanju nepropustne podlage in zaledne vode

Ob upoštevanju nepropustne podlage in zaledne vode, nam na betonsko utrditev deluje le dinamična sila, brez vzgona in statične sile (Slika 52).



Slika 52: Betonska utrditev obale na muljnati podlagi.

Dinamična sila predstavlja seštevek dinamičnega tlaka po globini vode po enačbi (36):

$$P_{dyn} = \frac{(21.01 + 6.43) * (2.09 + 0.75)}{2} - \frac{21.01 * 2.09}{2} = 17.004 \text{ kN/m}$$

Prijemališče dinamične sile je na aritmetični sredini prijemališča statične in dinamične komponente sile po enačbi (37):

$$z = 1.269 \text{ m}$$

Sila teže betonske utrditve predstavlja seštevek gostote uporabljenega materiala (beton) na prerezu utrditve:

$$G = b * h * \gamma = 4 \text{ m} * 1.15 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 110.4 \text{ kN}$$

Seštevek odpornostnih momentov okoli točke A po enačbi (30) glej sliko 25:

$$\Sigma M_A^{odp} = G * r = 220.8 \text{ kNm}$$

Seštevek aktivnih sil po enačbi (31), kjer aktivne sile predstavljajo prevrnitvene sile (Slika 25)

$$\Sigma M_A^{akt} = P_{dyn} * z = 21.57 \text{ kNm}$$

Faktor varnosti na prevrnitev predstavlja enačba (33), kjer mora biti varnostni faktor večji od 1.5, da betonska utrditev obale zagotavlja odpornost na prevrnitev:

$$F_s = \frac{\Sigma M_A^{ODP}}{\Sigma M_A^{AKT}} = \frac{220.8}{21.57} = 10.23 \geq 1.5$$

Betonska utrditev obale zdrži obremenitve, varnostni faktor je 10.23.

Faktor varnosti na zdrs predstavlja enačba (34), kjer mora biti varnostni faktor večji od 1.5, da betonska utrditev zagotavlja odpornost na zdrz:

$$F_s = \frac{\Sigma V * f}{\Sigma H} = \frac{220.8 * 0.5}{17.004} = 12.98 \geq 1.5$$

Betonska utrditev obale zdrži obremenitve, varnostni faktor je 12.98.

Betonska utrditev obale v vsakem primeru zdrži obremenitev, saj ima zaledno zemljino, ki preprečuje prevrnitev. Že samo z upoštevanjem zaledne vode zmanjšamo vpliv morskih sil. Betonska utrditev obale je na koti 0.85 m, kar pomeni, da ga preplavi vsaka plima, ki ima dvig morske gladine za 0.6 m. Zaradi majhne čelne ploskve so prekucni momenti majhni kar posledično pomeni večjo varnost.

4.5 Premikanje sedimentov zaradi delovanja tokov in valov

Po podatkih za tokove je razvidno, da glavni Jadranski tok priteka ob vzhodnem delu obale Jadranskega morja s povprečno pridneno hitrostjo 13.8 cm/s. Tokovi v vzhodni smeri pa okoli 14.5 cm/s. Po presoji pogojev iz tabele 6 je razvidno, da je tok dovolj močan, da premika delce do premera 0.2 mm. S pomočjo Coriolisove sile, ki na severni polobli vleče v desno, povzroča zamuljevanje Piranskega zaliva. Ob močnih vetrovih in visokih nevihtnih valovih iz zahodne smeri, se poveča tudi tok ob dnu proti kopališču Portorož, kar povzroča vzdigovanje in dotok dodatnih sedimentov.

5 PRESOJA

Presoja ogroženosti predstavlja sinteza nevarnosti ter ranljivosti, ki je prikazana v tabeli 20. Večjo pozornost smo namenili pomorskim objektom, ki so locirani na območju Portoroške plaže. V presoji bomo vključili le vpliv valovanja, kljub temu, da na pomorske objekte vplivajo dejavniki iz prvih dveh poglavij. Presoja je bila izvedena na podlagi pravilnika za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti.

	Mala ogroženost	Srednja ogroženost	Velika ogroženost
Obnovljen lesen pomol	x		
Betonska utrditev	x		
Star leseni pomol			x

Tabela 20: Presoja ogroženosti.

Ogroženost smo določili glede na materialno škodo, ki bi nastala ob zgoraj naštetih primerih. Pri starem lesenem pomolu so najbolj ogrožene deske za plato, zaradi korozije žebeljev. Njihovi piloti ob stoletnem pojavu ne zagotavljajo predpisane varnosti.

Saniran lesen pomol z uporabo odpornejših materialov (macesen, nerjaveče jeklo) zagotavlja večjo odpornost na zunanje vplive. Betonski piloti po sanaciji so okrogle oblike, ki povzročajo manjši upor v vodi, kar povzroča manjše obremenitve vala.

Ko veliki valovi prehajajo betonske pilote, povzročajo erozijo ob dnu pilota. Vendar ob ugotovitvah, da se Piranski zaliv zamuljuje, se erodirani sedimenti ponovno usedajo ob pilotih, kar preprečuje izpodjedanje.

Ploskev betonske utrditve, kamor lahko udari val, je relativno majhna. Zaledna utrjena zemljina preprečuje prevrnitev, tako da bi betonska utrditev prenesla ekstremne pogoje.

6 ZAKLJUČEK

Za Piranski zaliv in kopališče Portorož so značilne nizke globine morja. Ob preučevanju vira nevarnosti, je plitvost ugodna z vidika lomljenja visokih valov, preden le-ti dosežejo kopališče.

Neugodni vplivi zaradi plitvosti nastanejo ob visokih plimah, kjer vodna gladina hitro doseže vrh obalno zaščitnih objektov. Voda se preliva v notranjost plaže, kar povzroča odplavljanje mivke, namenjene nastanitvi kopalcev. Taki vplivi so dokaj redek pojav in nastala škoda ni velika.

Pomorski objekti, namenjeni kopalcem, so v neposrednem stiku delovanja morja. Njihova nadmorska višina ne zadostuje protipoplavnim standardom (2.5 m), vendar so bili zaradi njihovega namena (hiter in dostopnejši stik z morjem) projektirani na nižjo koto (1.6 m).

Pri ekstremnem pojavu stoletnega poplavljanja, kjer je dvig morske gladine 1.79 m, voda doseže gospodarske objekte v zaledju Portoroške plaže, ki so na koti 1.5 m nadmorske višine. Z upoštevanjem valov, dobimo dodatno silo, ki povzroča erozijo zaledne zemljine ter dinamično obtežbo na gospodarske objekte.

Ob upoštevanju podnebnih sprememb se vplivi morja nekoliko spremenijo. Zaradi ekspanzije morja, naj bi se njegova gladina dvignila za 0.5 m do leta 2100. Vendar moramo pri podnebnih spremembah v tem primeru upoštevati povečanje neviht iz zahodne smeri ter posledično močne sunkovite vetrove, ki povzročajo visoke valove. V takem primeru bi bila ogroženost kopališča Portorož zelo velika, saj bi že normalno plimovanje morja in valovi vplivali na zaledno infrastrukturo, kjer ne smemo pozabiti na proces zasoljevanja zemlje.

Obravnavani obtežbeni primeri so le trenutni, ki so v zadnjih letih vse pogostejši. Na pomorske in obmorske objekte vplivajo dejavniki, ki predstavljajo konstantno obtežbo in sicer korozija materialov, konstantno mokrenje in osuševanje materialov, zasoljevanje.

Ključnega pomena predstavlja tudi zamuljevanje zaliva, ki omejuje kroženje zalivskih tokov. Zahodni vetrovi in valovi povzročajo zaostajanje komunalnih odpadnih vod v zalivu, kar povzroča evtrofikacijo.

VIRI

Uporabljeni viri:

- Agerschou, H., Dan, I., Ernst, T., Ghoo, H., et. al. 2004. Planning and design of ports and marine terminals. London, Tomas Telford Publishing: 431 str.
- Berdajs, A., Galonja, S., Gruden, T., Murn, Z., Musi, A., Petek, I., Slokan, I., Smolej, B., Štembal, M., Žitnik, D., Žitnik, J. 2006. Gradbeniški priročnik. Ljubljana. Tehniška založba Slovenije.(str. 233 – 304)
- Berglez, A., Gale, M., Pagon, P., Auer, J., 2005. Portorož, zgodovina turizma in hotela Palace. Inštitut za civilizacijo in kulturo.
- Berriolo, G.; Siritto, G. 1980. Spiaggie e porti turistici. Milano, Editore Ulirico Hoepli: 428 str.
- Bertalanich, R. 2007. Viharni vetrovi v Sloveniji leta 2006. Ujma, 21, str. 45-51.
- Carl. A. Thoresen. 2003. Port designer's handbook: recommendations and guidelines. London, Tomas Telford Publishing: 535 str.
- Cvetaš, F. 1988. Statika. Ljubljana. Tehniška založba Slovenije. (str. 194)
- Design of Coastal Revetment, Seawalls and Bulkheads. 1995. Washington. US Army Corps of Engineers, Engineer Manual. 110 str.
- Deželjin, D. 2001. Oceanografska postaja Piran, kot del sistema varne obalne plovbe. Diplomsko delo. Portorož. Fakulteta za pomorstvo in promet. (47 str.)
- Gerbec, B. (leto). Proučevanje korozijske odpornosti betonov. Ljubljana, Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.
- Kavčič, J., Malačič, V. 2008. Analiza podatkov tlaka na morskem dnu in površinskih valov na oceanografski boji 2007 in 2008. Piran, Morska biološka postaja Piran – Nacionalni inštitut za Biologijo.
- Kolega, N. 2006. Ogroženost slovenske obale zaradi morskih poplav. Acta geographica Slovenica, 46-2.
- Kozelj, D., Kozelj, K., Steinman, F., Gosar, L. 2008. Poplavna ogroženost in posledice dogodkov preostalega tveganja. Ujma, 22.
- Ogorelec, B., Mišič, M., Faganeli, J. 1990. Marine geology of the Gulf of Trieste (northern Adriatic): Sedimentological aspects. Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V.

- Priprava kart občutljivosti slovenske obale – Končno poročilo. 2004. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin.
- Pršič, M. 2008. Hidrotehnički sustavi, pomorske gradnje. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 94 str.
- Rogač, R., Saje, F., Lozej, M. 2005. Priročnik za dimenzioniranje armiranobetonskih konstrukcij po metodi mejnih stanj. Ljubljana. Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani. Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo.
- Water wave Mechanics. 2002. Washington. US Army Corps of Engineer, Engineer Manual. (124 str.)
- Žagar, D. 1999. Razvoj in aplikacija tridimenzionalnega modela za simulacijo transporta in procesov pretvorb živega srebra v morskem okolju – Development and Application of a Three-Dimensional Model to Simulate Mercury Transport and Transformation Process in the Marine Environment. Ljubljana, Acta hydrotechnica 17/27.

Ostali viri:

- Gosar, L., Pogačnik, N., Steinman, F. 2006. Hidrodinamično modeliranje objektov v morju: Nova marina in komunalni privezi v semedelskem zalivu. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem.
- Robert. M. Sorensen. 1997. Basic coastal engineering. New York, International Thomson Publishing, 299 str.
- Saksida, J. 2009. Vpliv valovanja morja na konstrukcije. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Steinman, F. 2009. Inženirska biologija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (152 str.)
- Tonin, V. 1984. Študija morskih tokov na območju Slovenske obale. Ljubljana, VGI, Oddelek za pomorske gradnje.
- Tonin, V. 1985. Študija morskih tokov na območju Slovenske obale, II. faza . Ljubljana, VGI, Oddelek za pomorske gradnje.

- Tonin, V. 1985. Študija morskih tokov na območju Slovenske obale, III.-zaključna faza v Koprskem zalivu . Ljubljana, VGI, Oddelek za pomorske gradnje.
- Vukovič, A., Avčin, A., Franuko, N., Malej, A., Turk, V., Vrišek, B. 1985. Študija: Ekologija morja za potrebe dolgoročnega plana občine Piran. Ljubljana, Inštitut za biologijo, Univerze E. Kardelja.
- Žagar, D., Četina, M., Rajar, R., Perkovič M., Dimc, F. 2008. Določanje višine valov zaradi manjših plovil in vetra ter možne erozije bregov na jezerih – Determination of the heighz and length of waves caused by smaller boats and wind, and possible erosion of lake shores. Gradbeni vestnik, 57, 10.(str. 279-286)

Internetni viri:

- Agencija Republike Slovenije za Okolje
<http://www.mzp.gov.si/> (10.6.2009)
- (Beaufortova lestvica)(8.6.2009) <http://www.jk-optimist.si/povezave/stanjemorja.htm>
- Composite breakwater calculations (Sheppard) (9.6.2009)
<http://www.ce.ufl.edu/~sheppard/eoc6430/handouts/Vertical%20Wall%20Structure%20Calculations.pdf>
- Grbec, B. Proučevanje korozijske odpornosti betona. Gradbeni inštitut ZRMK doo.
<http://www.gi-zrmk.si/images/TC/4%20%C4%8Dlanek.pdf> (15.4.2009)
- Grbec, B., Pelan, M. Obnavljanje betonskih in zidanih gradbenih elementov.
<http://www.gi-zrmk.si/images/TC/5%20%20%C4%8Dlanek.pdf> (15.4.2009)
- Informacijsko središče Korak – Clanki – trajnost Željko Gorišek (2006)
<http://www.korak.ws/clanki/trajnost-lesa> (18.5.2009)
- Pravilnik o metodologiji za določanje območji, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti. (10.5.2009)
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200760&stevilka=3216>
- Podatki iz oceanografske boje, Lestvica najmočnejših tramontan, ki so se pojavile poleti (05.06.2009) http://buoy.mbss.org/portal/index2.php?option=com_content&task
- Les kot gradbeni material

- <http://www.slonep.net/gradimo.html?lev0=2&lev1=15&lang=&lev2=91&lev3=2566>
(10.7.2009)
- Šelih, J. 2003. Procesi propadanja betona, 1, 2, 3 del. Ljubljana, ZAG.
<http://www.korak.ws/clanki/procesi-propadanja-betona--1-del> (21.4.2009)
<http://www.korak.ws/clanki/procesi-propadanja-betona--2-del> (21.4.2009)
<http://www.korak.ws/clanki/procesi-propadanja-betona--3-del> (21.4.2009)
 - Tanašič, V. 2008. Uporaba naravnega kamna pri visokih gradnjah.
<http://www.academia.si/clanek/68-uporaba-naravnega-kamna-pri/stran-1.html>
(21.4.2009)
 - Poročilo Vode (ARSO) (11.6.2009)
www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poročila/.../vode.pdf
 - Zgodovina Portoroža
http://www.piran.si/index.php?item=138&page=static&tree_root=1 (8.5.2009)
 - Zgodovina Portoroža
<http://www.angelfire.com/biz/mareaslo/zgod.html> (8.5.2009)

