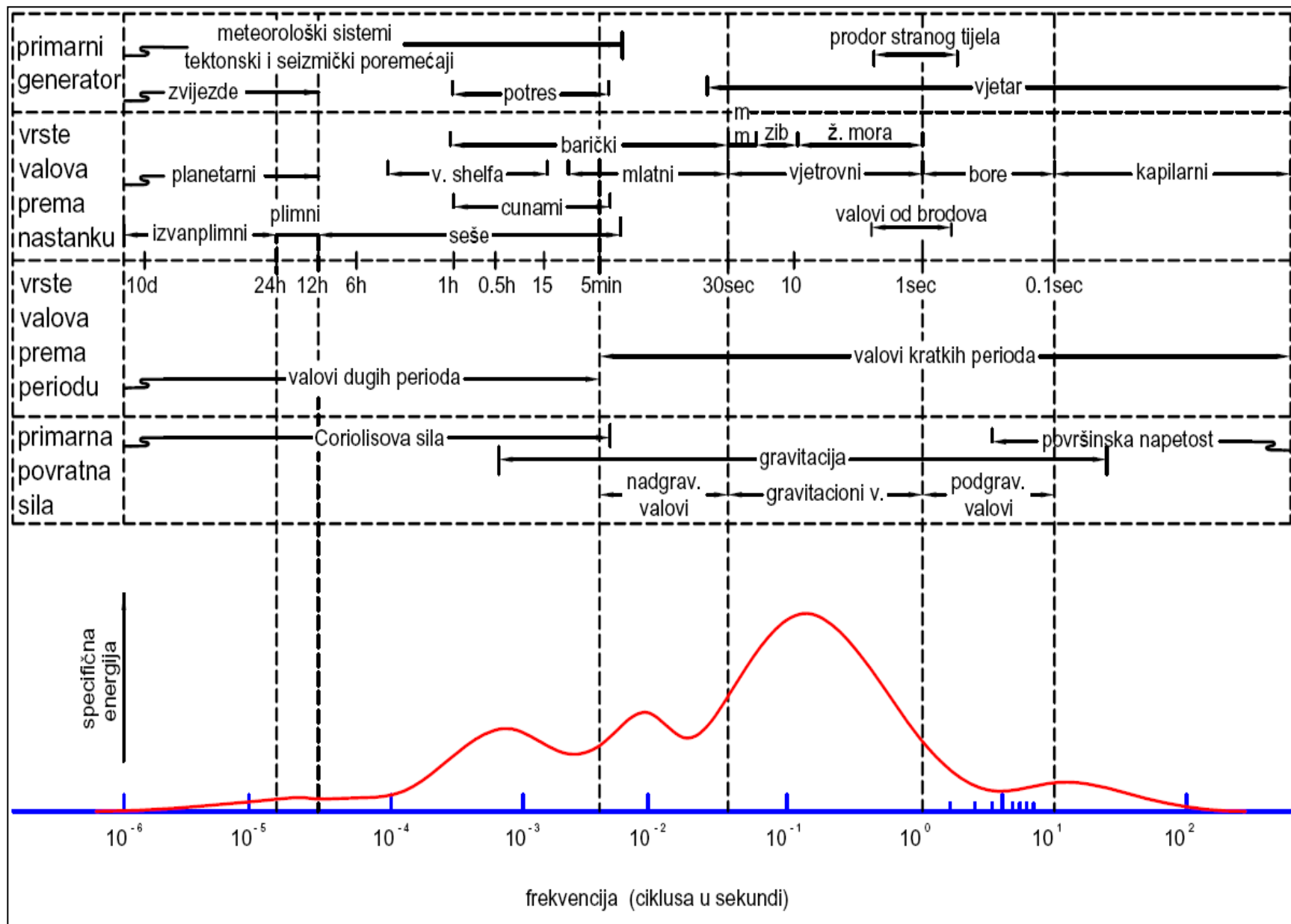


REALNI POVRŠINSKI MORSKI VALOVI

PROGNOZE VJETROVNIH
MORSKIH VALOVA



OPIS POVRŠINSKIH MORSKIH VALOVA OD VJETRA SADRŽI:

- *opis valnog profila: H , L , T , c i*
- *opis gibanja vodnih čestica: trajekt., v i a .*
- *svi valni parametri nepravilni i slučaj. prirode*

3 SU NAČINA OPISA MORSKIH VALOVA:

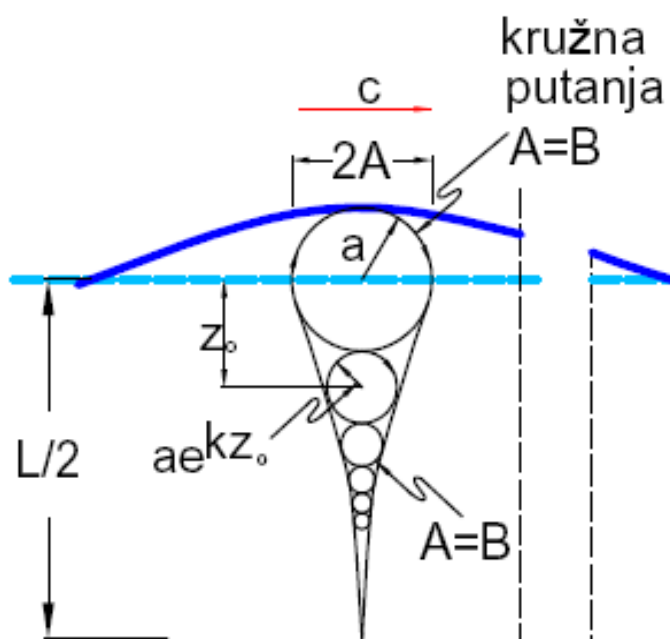
- *Deterministički opis – za idealne valove*
- *Statističko-vjerojat. opis – za realne valove*
- *Spektralni opis – za realne valove*

DETERMINISTIČKI OPIS IDEALNIH VALOVA

Odnosi se na profil vala i na gibanje vod. čestica.

Restrikcije idealnog modela

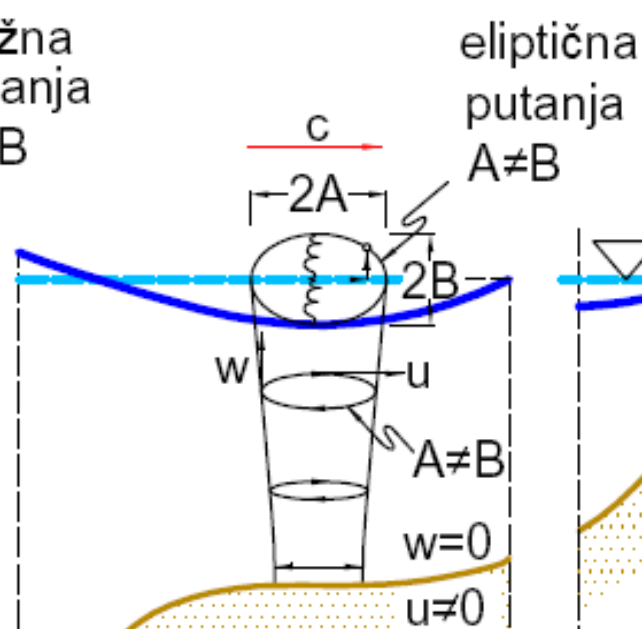
- 2D
- monokromatski
- konstantne visine
- matematički jednostavan



$$\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$$

$$d > \frac{L}{2}$$

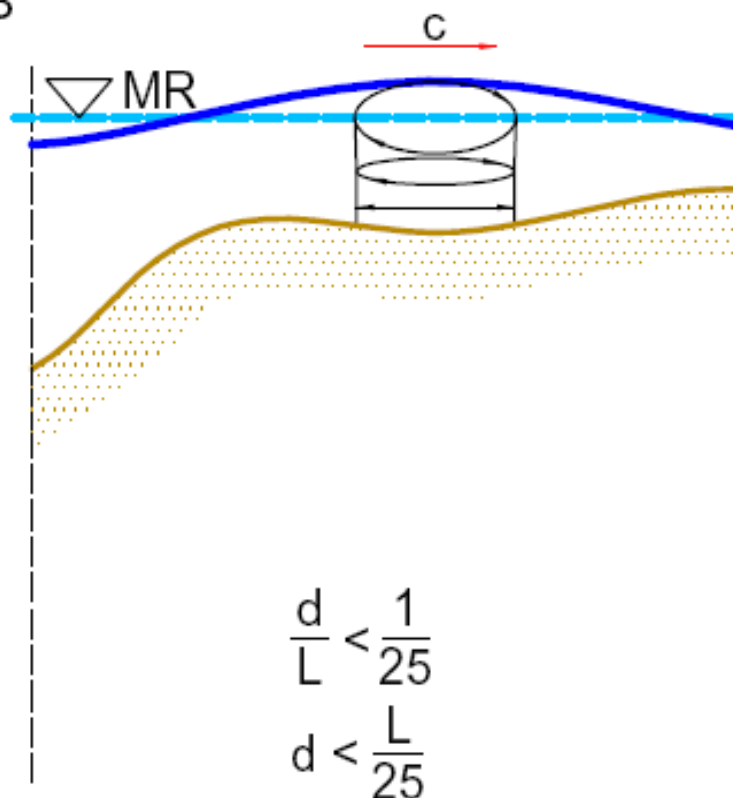
(a)



$$\frac{1}{2} > \frac{d}{L} > \frac{1}{25}$$

$$\frac{L}{2} > d > \frac{L}{25}$$

(b)

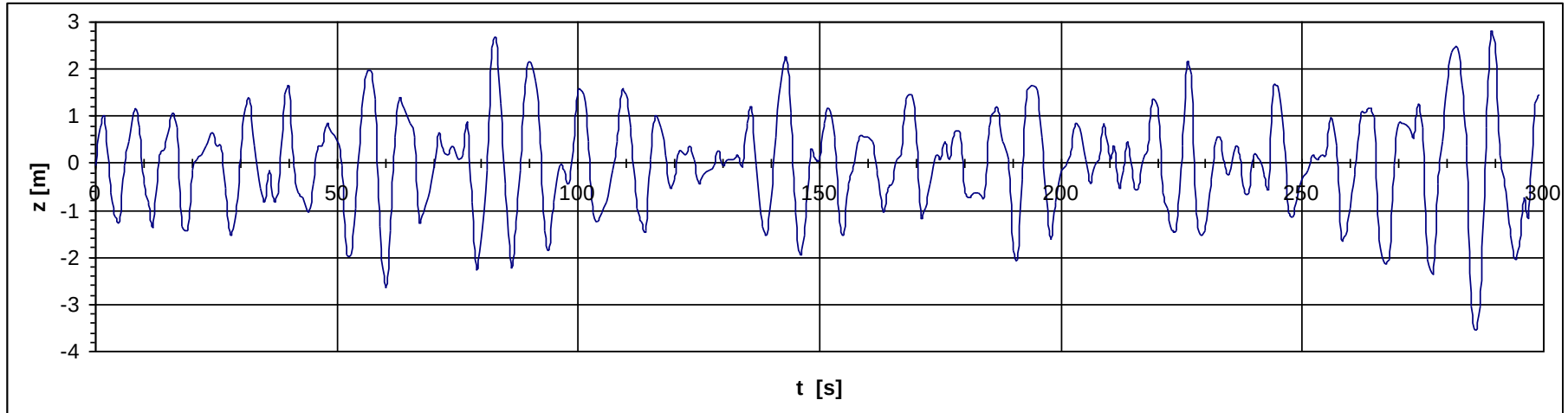


$$\frac{d}{L} < \frac{1}{25}$$

$$d < \frac{L}{25}$$

(c)

STATISTIČKI OPIS REALNIH VJETROVNIH VALOVA



- odnosi se samo na profil vala (ne i na gibanje v. čestica)
- vrši se pomoću reprezentativnih parametara valnog profila

Reprezentativni parametri valnog profila za kratkoročno stacionarno stanja mora trajanja 5-15 minuta

$$H_{\max} \text{ [m]} \quad T_{\max}$$

$$H_{1/10} \quad T_{1/10}$$

$$H_{1/3} = H_s \quad T_{1/3} = T_s$$

$$H_{sr} \quad T_{sr} = T_o$$

$$H_{\max} \approx 2H_s = 3,25 H_{sr} \quad T_{\max} \approx T_s \approx 1,1 \bar{T}_o$$

$$H_{1/10} = 1,27 H_s = 2,17 \bar{H}$$

$$H_{1/3} = H_s = 1,63 \bar{H} \quad T_s = T_{1/3} \approx 1,1 \bar{T}_o$$

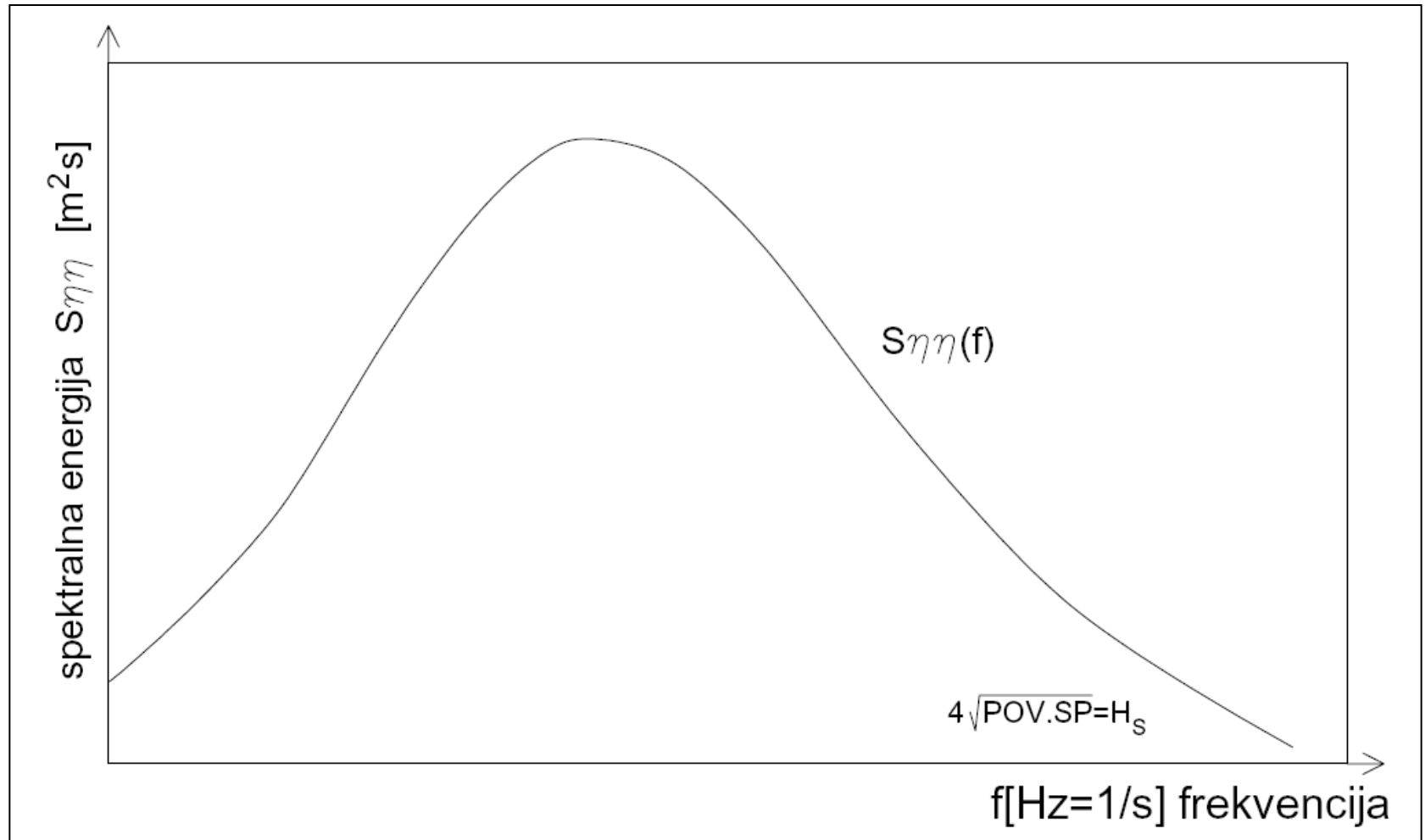
$$\bar{H} = 0,61 H_s \quad \bar{T}_o = 0,9 T_s$$

Reprezentativni valni parametri za dugoročno vremensko razdoblje

$$H_s^{PR}$$

$$T_s^{PR}$$

SPEKTRALNI OPIS REALNIH VJETROVNIH VALOVA



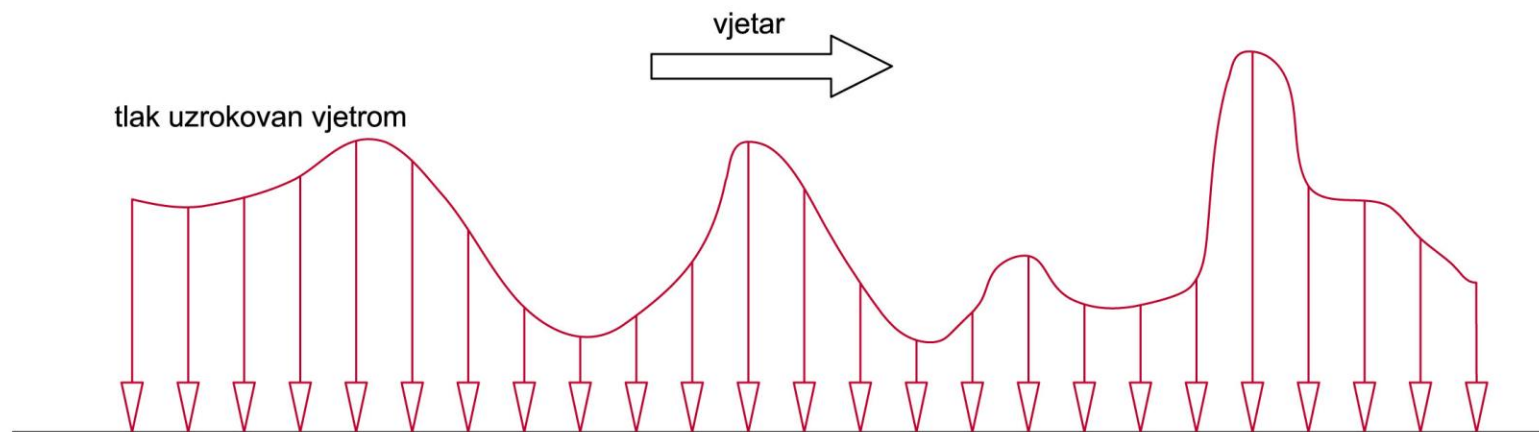
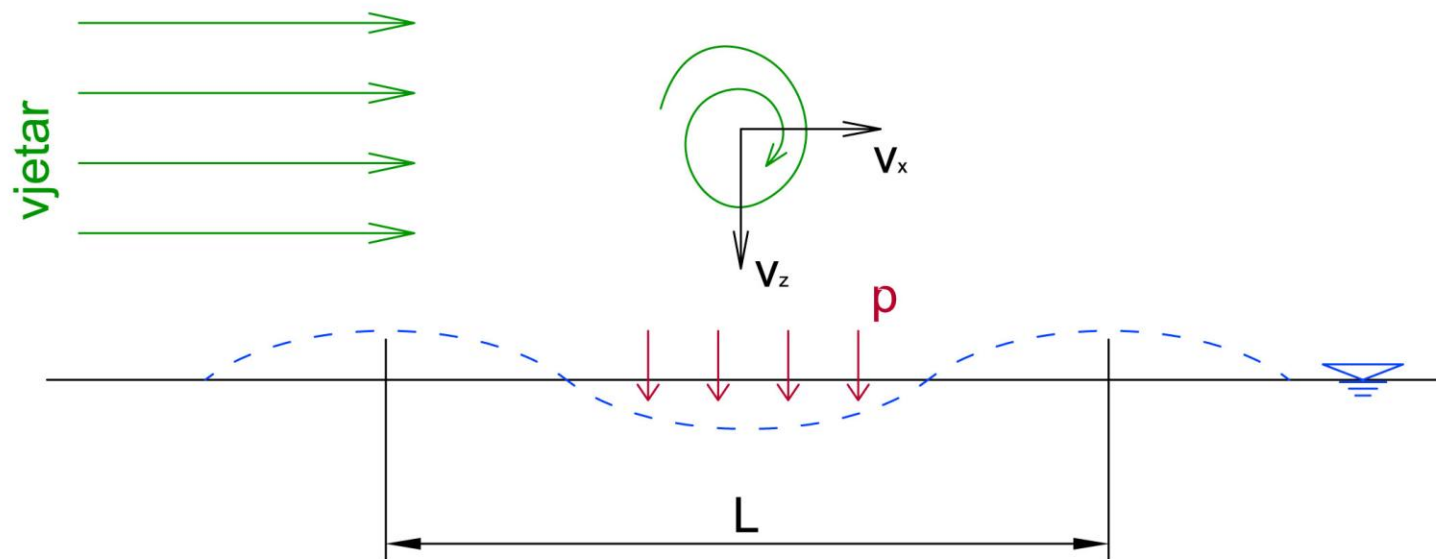
Lokalni spektar pomaka f.p.m.

NASTAJANJE VJETROVNIH VALOVA

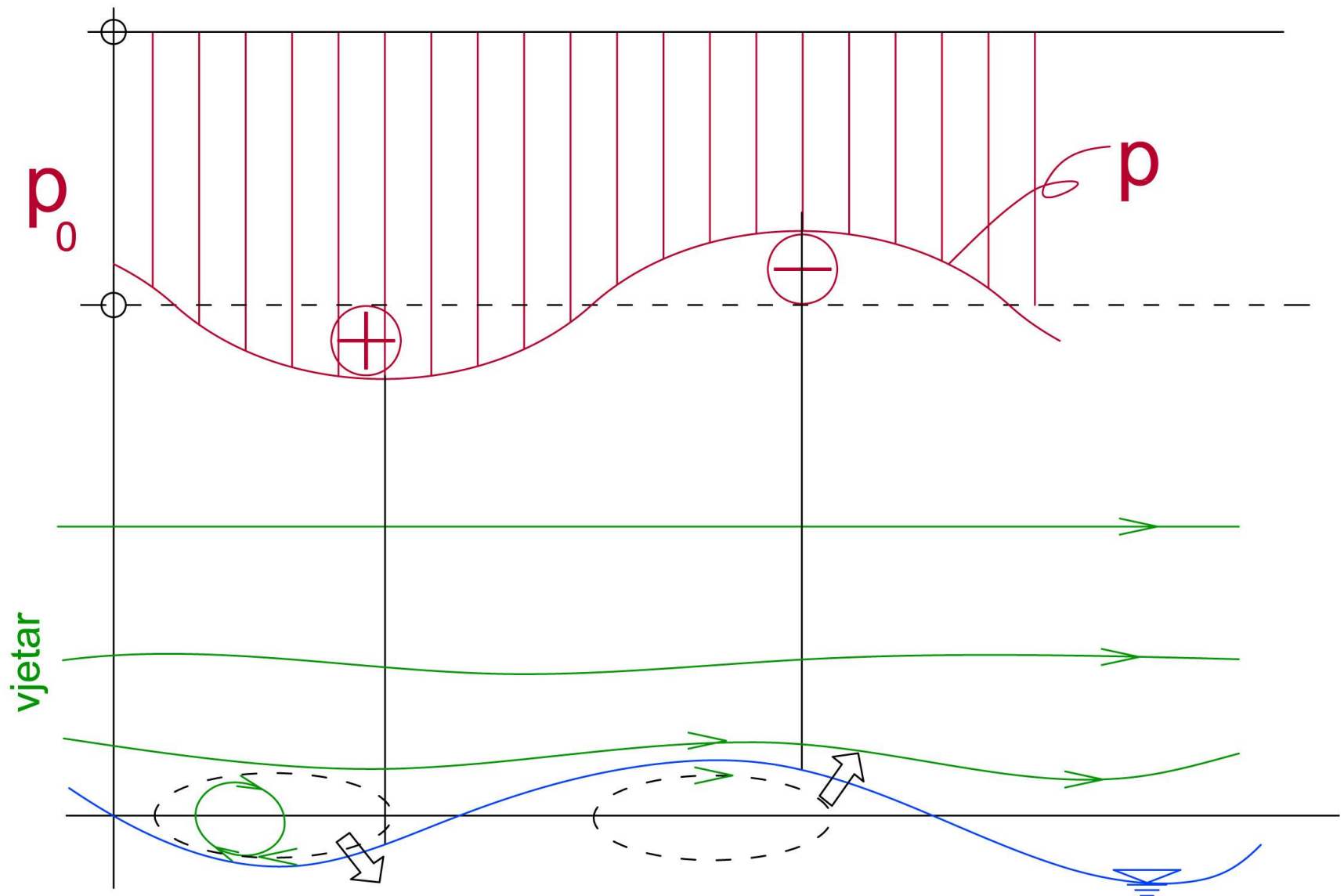
GENERATIVNI PROCESI VJETROVNIH VALOVA

- ***početna (inicijalne) generacije*** - rezonantni mehanizam
- ***valovito strujanje zraka*** bez odvajanja strujnice
- ***lomljenje valova***

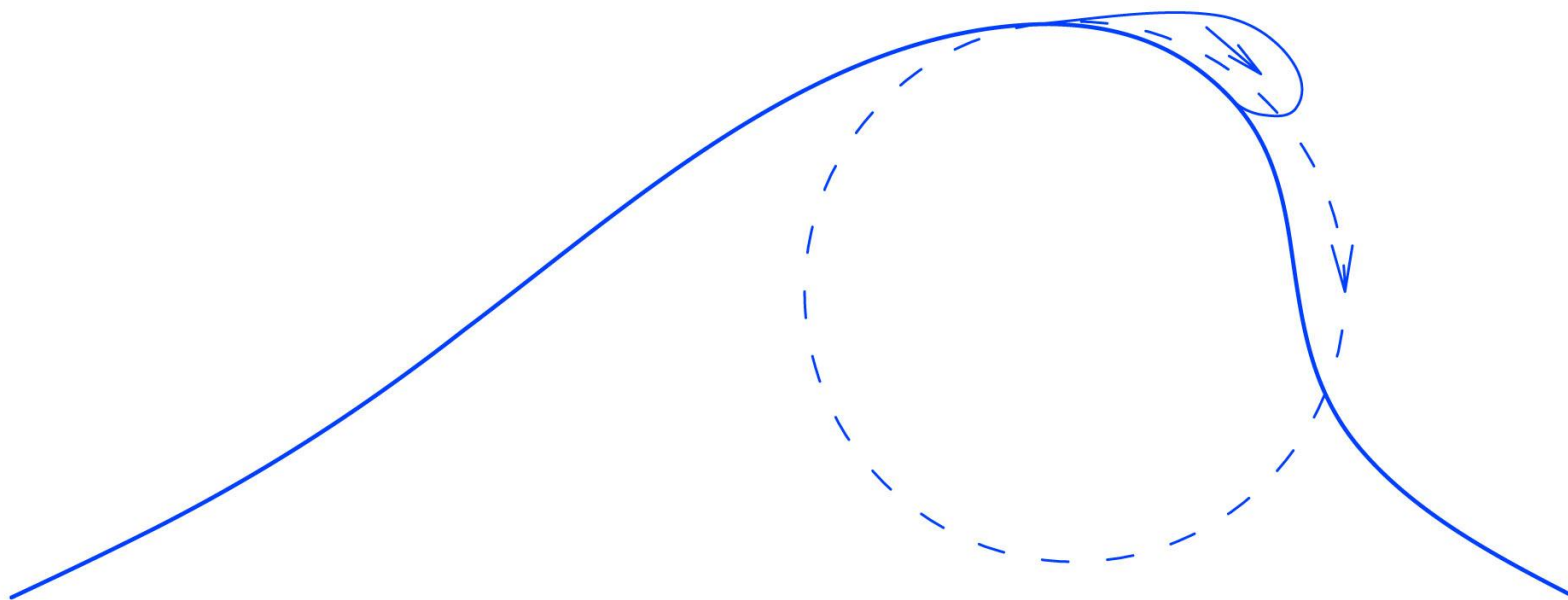
1 Inicijalna generacija (rezonantni mehanizam)



2 Valovito strujanje zraka



3 Lom valova



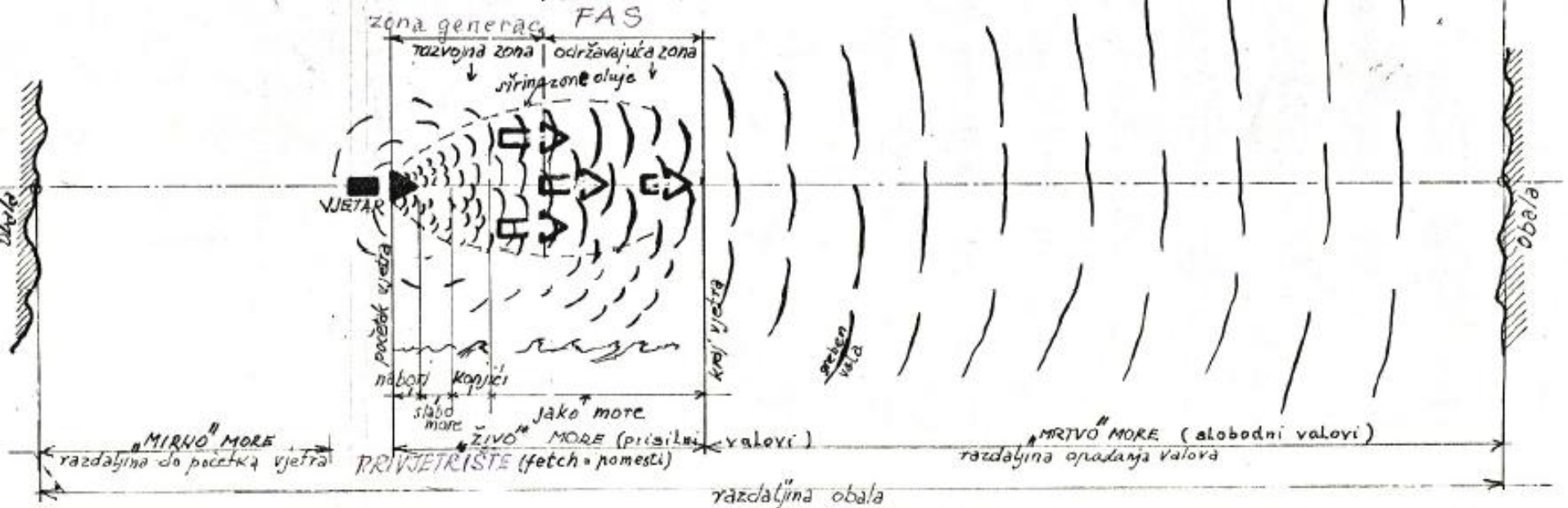
Tokom puhanja vjetra nad morem generiraju se istovremeno valovi raznih visina, dužina i perioda koji ovise ovisi o:

- privjetrištu – veličini morske površine iznad koje puše vjetar,
- vjetru; t.j. o brzini i trajanju vjetra,
- dubini mora i
- dužini zamiranja – veličini morske površine koju valovi prevaljuju nakon što napuste privjetrište.

DIAGRAM VISINE VALA



TLOCRT RAZVIJANJA VALA



ZNAČAJKE VALOVA ŽIVOG MORA

Su unutar privjetrišta, tj. prisiljeni valovi podvrgnuti djelovanju vjetra.

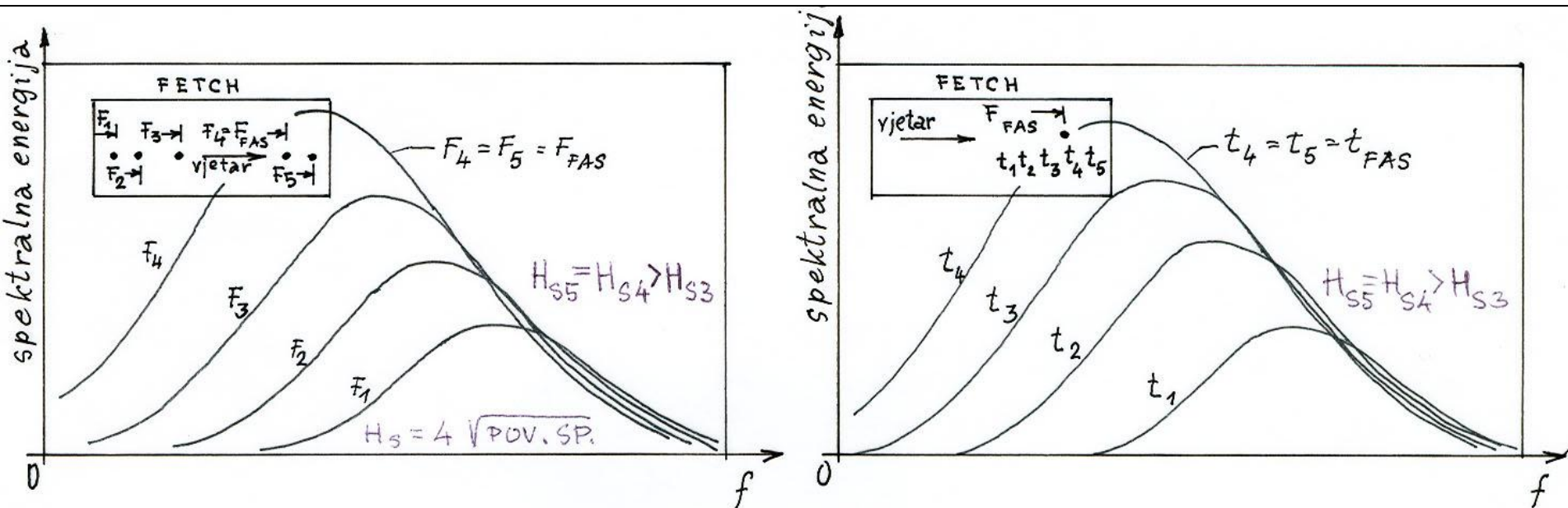
Imaju 2 stanja:

- nepotpuno razvijenog mora ili stanje razvitka (zona razvojnih mehanizama) gdje vjetar stalno dodaje svoju energiju valovima, valna visina raste.
- potpuno razvijenog mora gdje se valna visina i drugi parametri konstantni. Prijenos energije s vjetra na valove više nije moguć, pa valna visina više ne raste. Stanje mora je stacionarno.

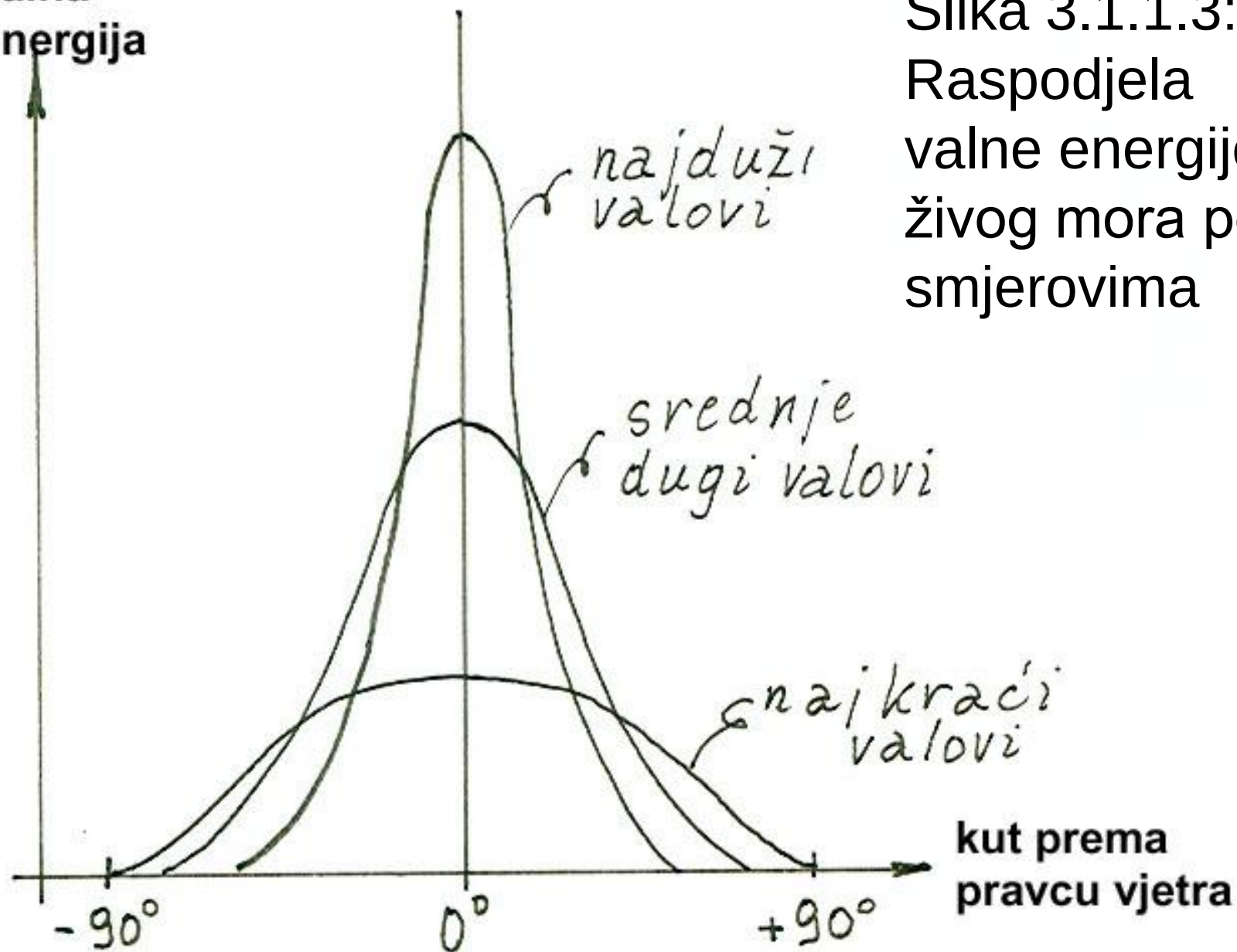
Fizička površina živog mora je mnogo konfuznija nego li kod valova mrtvog mora.

Strmina valova je velika: $H/L = 1/10-1/20$

Stanje potpuno razvijenog mora FAS (Fully Arisen Sea) je stanje mora kad se postiže maksimalni mogući transfer energije vjetra na valove iznad kojeg nije moguć njen porast; t.j. nije moguć porast valne visine



valna
energija



Slika 3.1.1.3::1
Raspodjela
valne energije
živog mora po
smjerovima

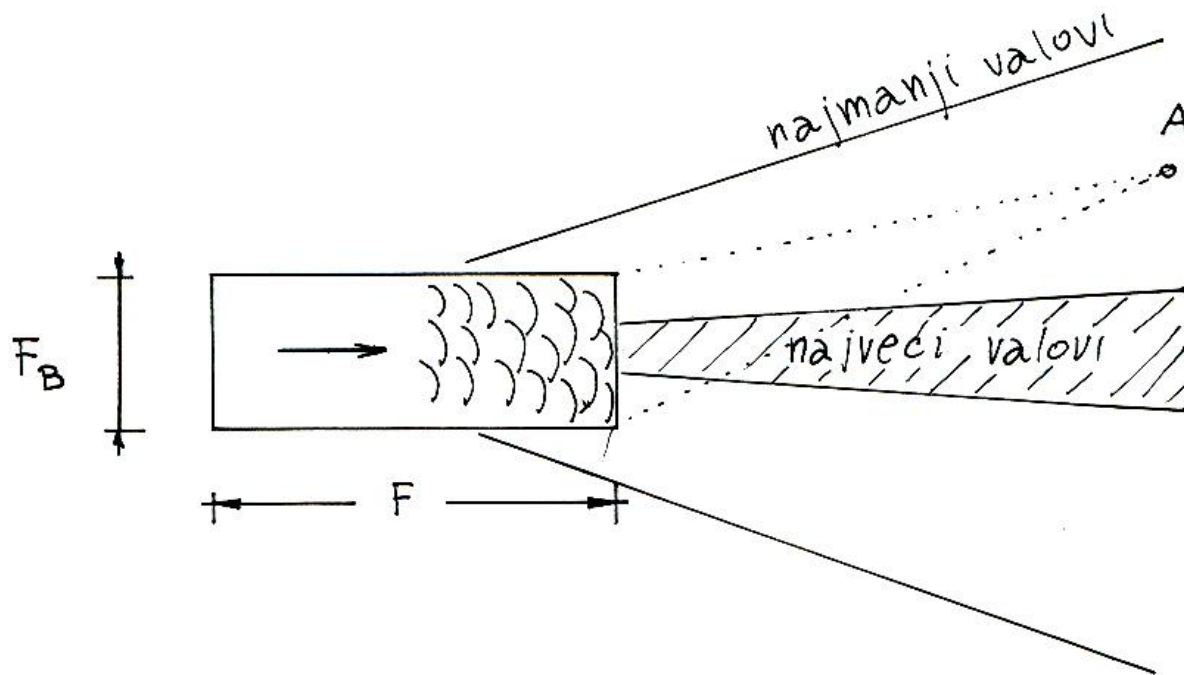
ZNAČAJKE VALOVA MRTVOG MORA

Su izvan privjetrišta, tj. slobodni valovi koji nisu podvrgnuti djelovanju vjetera.

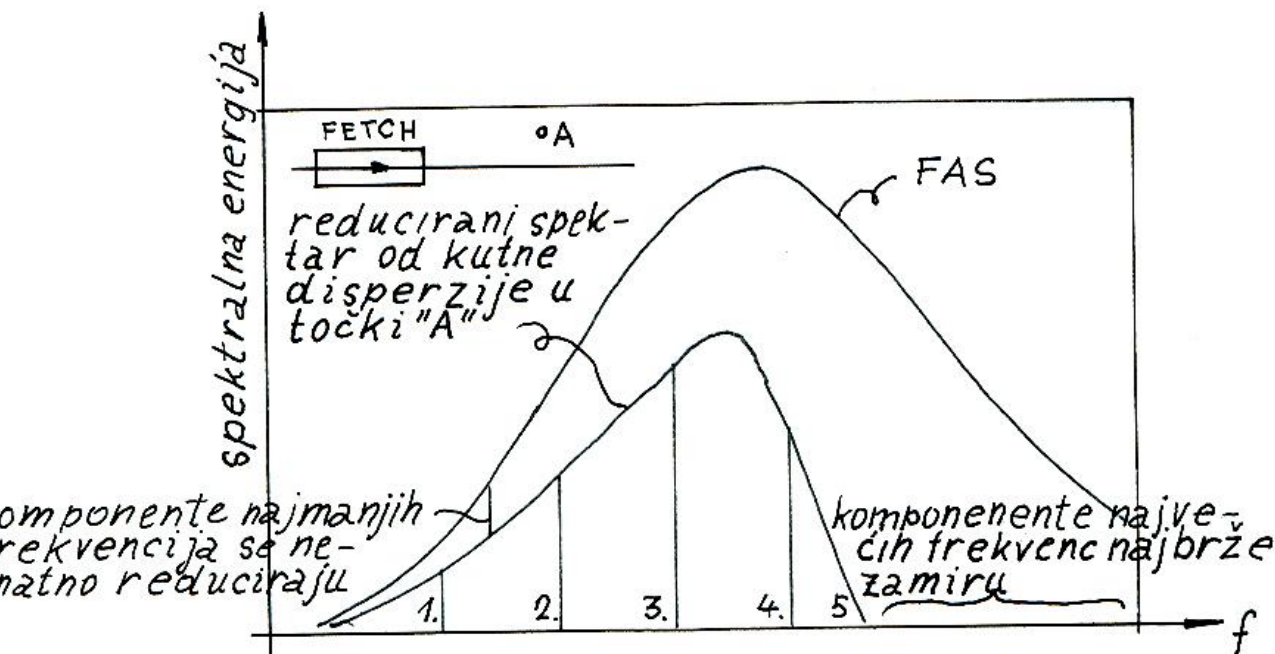
- dugovalno polje,
- stabilan profil vala sinusoidalni i trohoidalni,
- sukcesivno pristizanje najprije najdužih („vjesnici oluje“), a na koncu najkraćih valova,
- mnogo duže traju nego li traje oluja,
- rasprostiranje praktički bez gubitka energije

Fizička površina mora je mnogo manje konfuzna nego li kod valova živog mora.

Strmina valova je mala: $H/L = 1/30-1/200$



SI 3.1.1.4::1
 Redukcija
 valnog
 spektra
 uslijed kutne
 i radijalne
 disperzije



PROGNOZE POV. VJETROVNIH M. VALOVA

Kratkoročne prognoze

- ***I. era*** statističko-vjerojatnosnih metoda za kratkoročne lokalne prognoze statistički reprezentativnih i vjerojatnosnih valnih parametara na konceptu značajnih valova . Utemeljene empirijski i poluempirijski. **Input F , v i t , ili valni zapis Output: H_s i T_s**
- ***II. era*** statističko-vjerojatnosnih metoda za kratkoročne lokalne prognoze statistički reprezentativnih i vjerojatnosnih valnih parametara, ili valnih spektara. Vjerojatnosni valni parametri definirani na konceptu značajnih valova i valnih spektara. Metode su bile utemeljene poluteorijski. **Input F , v i t , ili valni zapis Output: H_s i T_s ili valni spektar**
- ***III. eru***, još uvijek aktualnu, numeričkih regionalnih vremenskih modela za neko šire geografsko područje na kojem se definira veličina i vrijeme nastupa reprezentativnih valnih parametara. **Input model dna i vektorsko polje vjetra u vremenu Output: vektorsko polje H_s (sa smjerovima rasprostiranja) u vremenu**

Dugoročne vjerojatnosne valne prognoze **Input:** rezultati velikog broja kratkoročnih prognoza, **Output:** reprezentativni parametri valnog profila dugih povtsatnih razdoblja ***1 godine do stoljeća.***

KRATKOROČNE LOKALNE PROGNOZE VJETROVNIH MORSKIH VALOVA

- na bazi podataka o vjetru
- na bazi podataka o valovima

KRATKOROČNE LOKALNE STATISTIČKO - VJEROJATNOSNE PROGNOZE MORSKIH VALOVA IZ PODATAKA O VJETRU I. era

U I. eri postoje dvije generacije metoda:

- empirijske (sredina XIX. do sredine XX. stoljeća) i
- poluempirijske (1946. do 1958.)

U **poluempirijske metode** pripadaju:

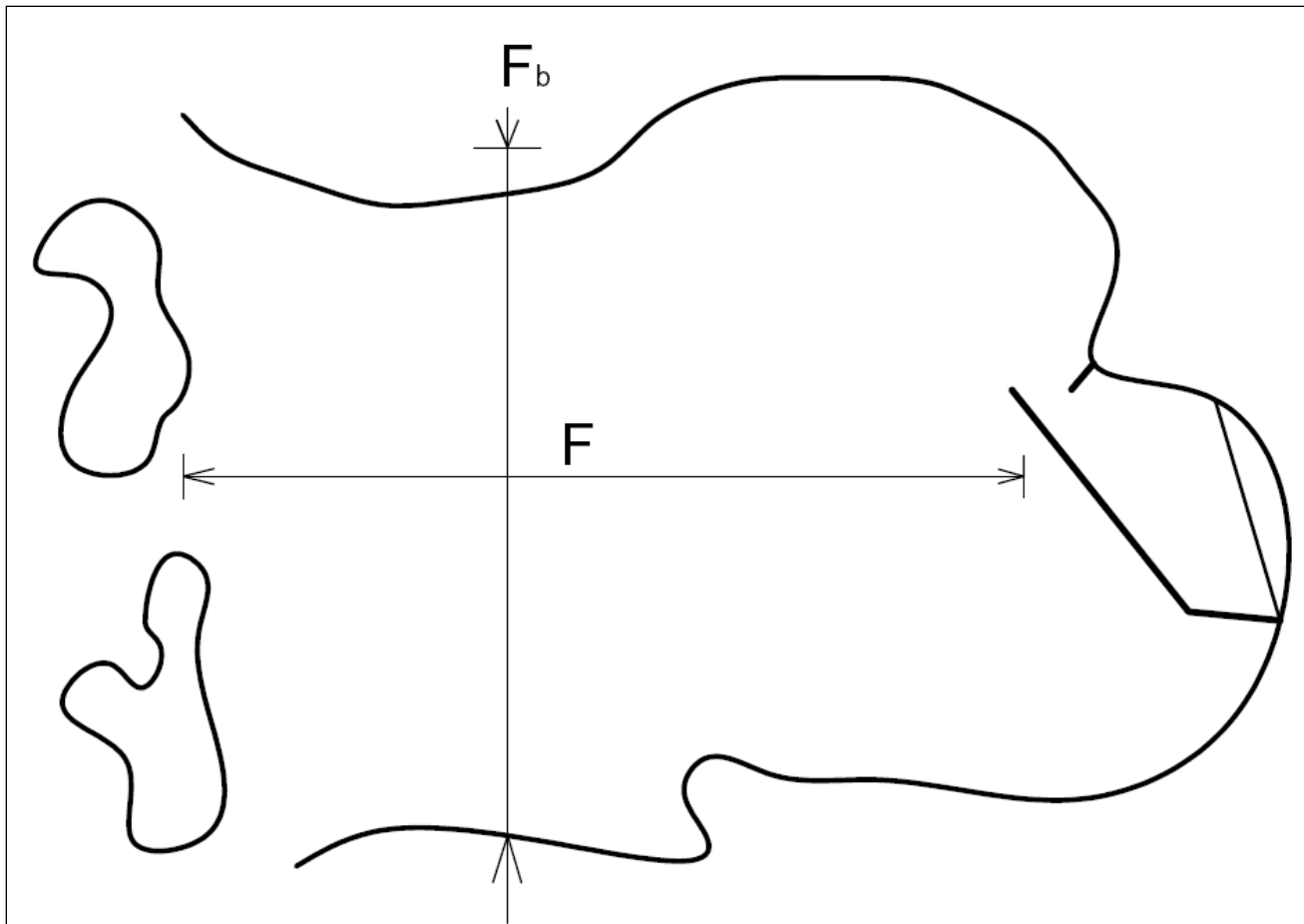
- SMB metoda (Svedrup, Munk, Bretschneider) i
- Groen - Dorrenstein metoda WMO

Ovim metodama mogu se prognozirati statistički reprezentativni i vjerojatnosni valni parametri na konceptu značajnih valova.

Ne mogu se prognozirati valni spektri.

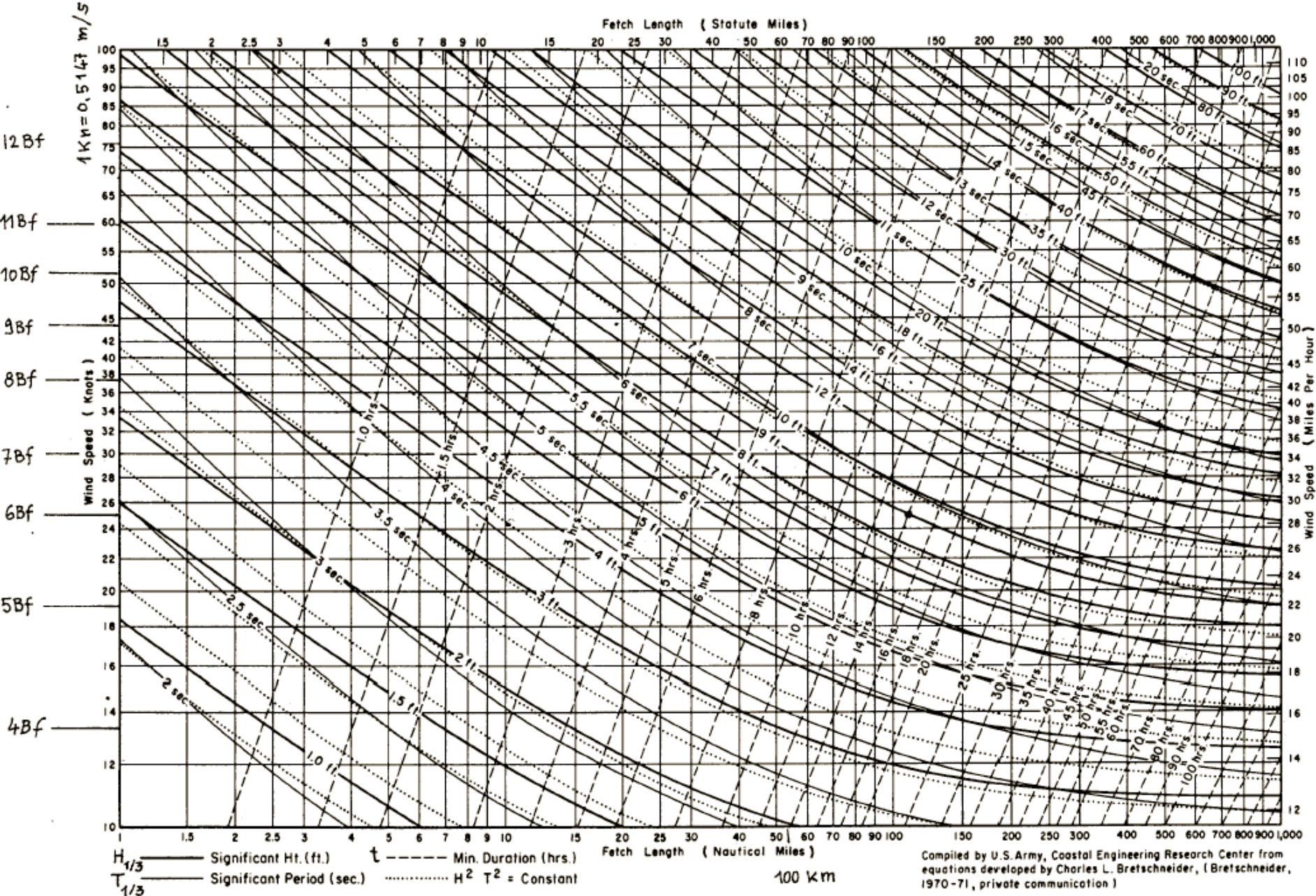
OSNOVNI PODACI ZA PROGNOZIRANJE

VALOVA IZ PODATAKA O VJETRU: smjer, srednja satna brzina $U_{3600}(z_m)$ [m/s], trajanje vjetra t [h], privjetrište F [km] i dubina mora d [m]

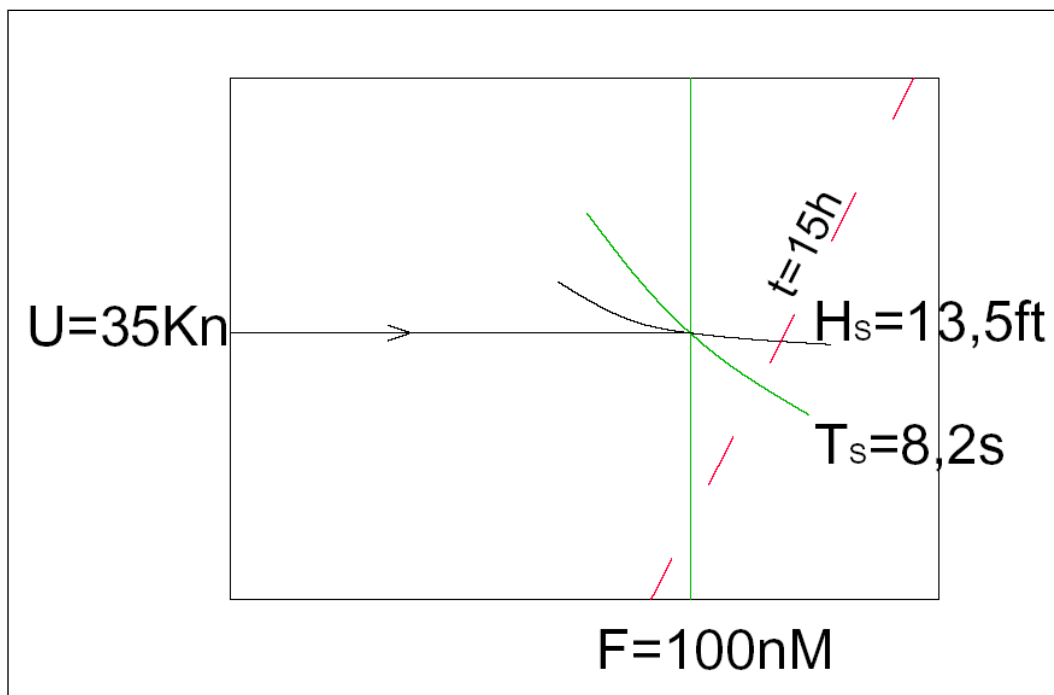


Privjetrište

SMB m. za kratkor. lok. progn. parametara znač. vala

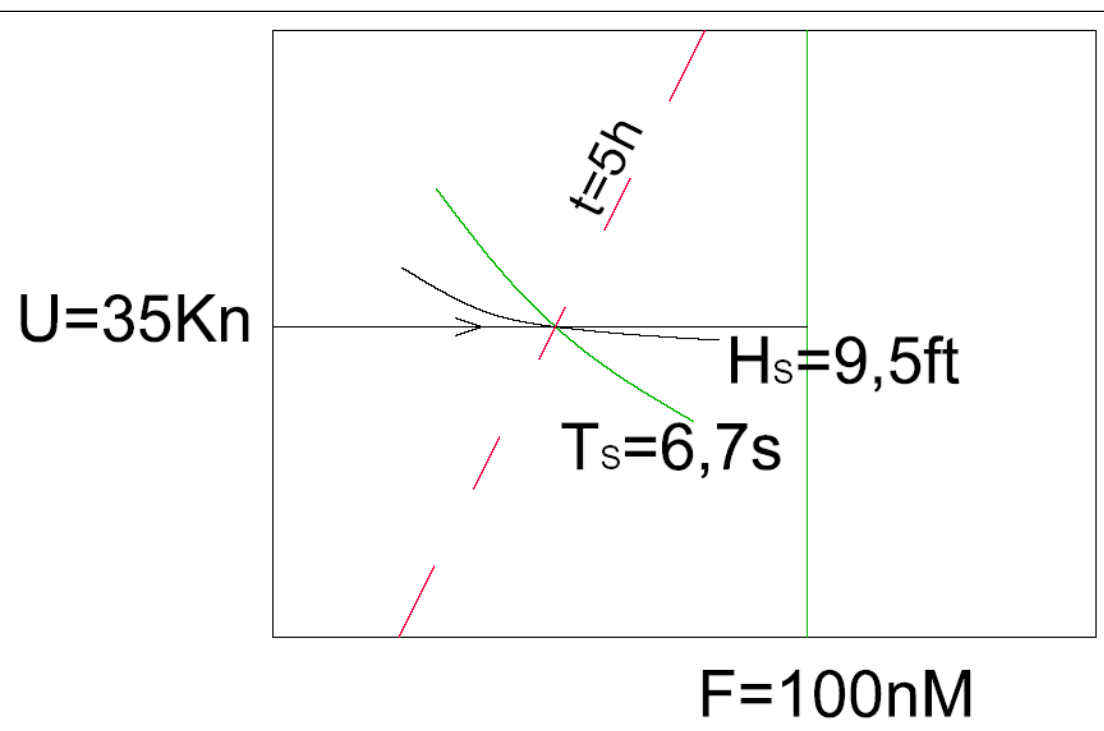


KRATK. LOK. PROGNOZA VALA SMB METODOM ZA SLUČAJ KADA JE MJERODAVNO PRIVJETRIŠTE



- **Zadano:**
 $U=35[\text{čv}\equiv\text{Kn}]=18[\text{m/s}]$
srednja satna brzina
vjetra
- $t = 15 [\text{h}]$ trajanje vjetra
- $F=100[\text{nM}]=185,3\text{km}$
dužina orivjetrišta
- **Rezultat:**
- Na mjestu presjecišta U i F očitava se:
- $H_{1/3} = 13,5[\text{ft}] =$
 $13,5 \times 0,305 \approx 4 [\text{m}]$
- $T_{1/3} = 8,2 [\text{s}]$

LOK. KRATK. PROGNOZA VALA SMB METODOM ZA SLUČAJ KADA JE MJERODAVNO TRAJANJE VJ.



- Zadano:**

$U=35[čv≡Kn]=18[m/s]$
srednja satna brzina
vjetra

$t = 5 [h]$ trajanje vjetra

$F=100[nM]=185,3km$
dužina orivjetrišta

Rezultat:

Na mjestu presjecišta U i
 F očita se:

$H_{1/3} = 9,5 [ft]$
 $= 2,9 \times 0,305 \approx 2,9[m]$

- $T_{1/3} = 6,7 [s]$

KRATKOROČNE LOKALNE STATISTIČKO - VJEROJATNOSNE PROGNOZE VALNOG PROFILA IZ PODATAKA O VALOVIMA I. era

Pripadaju I. eri ali 2. generaciji metoda valnih prognoza-poluemp:

- obrada vizualnog opažanja ili valnog zapisa (Svedrup, Munk, Bretsch. 1940.-tih Tucker, Draper 1960.-tih)
- baza su za poluempirijske m. iz pod.o vjetru(1946. - 1958.) jer su uvele koncept značajnih valova

Ovim metodama mogu se prognozirati statistički reprezentativni i vjerojatnosni valni parametri.

Ne mogu se prognozirati valni spektri.

Rade se iz

- vizualnih opažanja i
- instrumentalnih opažanja ondografom.

KRATKOROČNE LOKALNE STATISTIČKO – VJEROJATNOSNE PROGNOZE REPREZENTATIVNIH PARAMETARA VALNOG PROFILA IZ VIZUALNOG OPAŽANJA VALOVA

H_v odgovara H_s

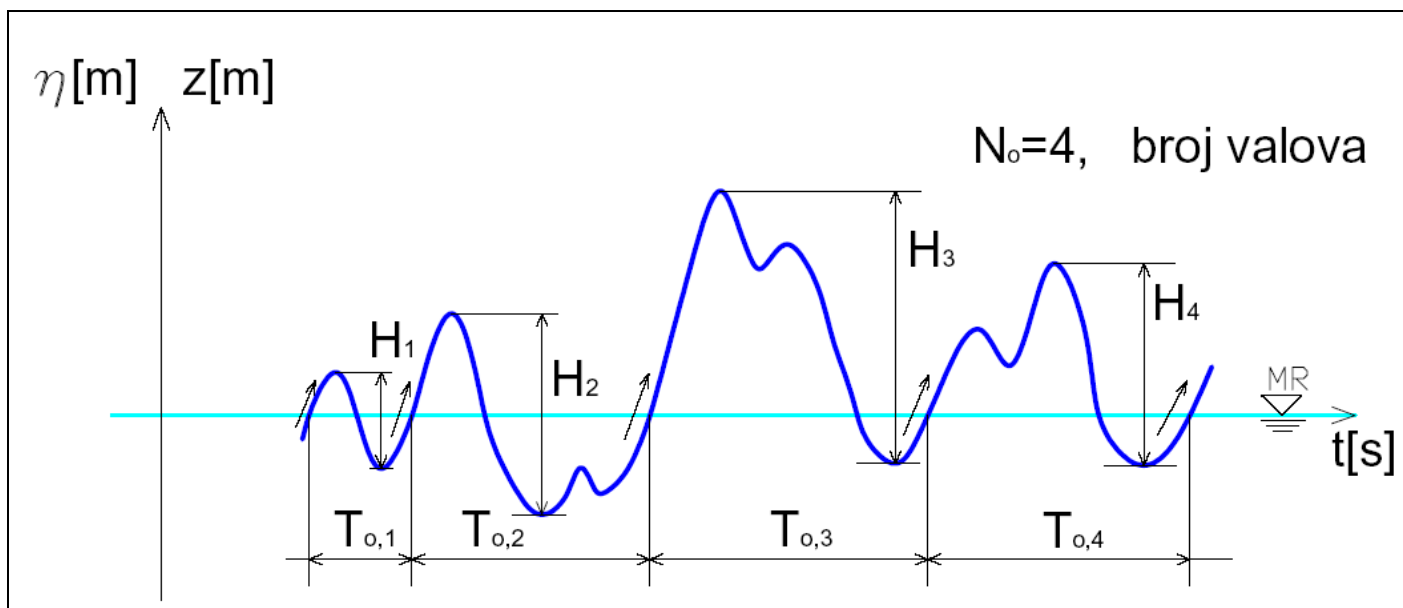
T_v odgovara T_s

Prosječna valna visina i period od 15 do 20 dobro formiranih većih valova u nizu H_v i T_v odgovara značajnoj valnoj visini H_s i T_s (WMO)

KRA TKOROČNE LOKALNE STATISTIČKO - VJEROJATNOSNE PROGNOZE REPREZENTATIVNIH PARAMETARA VALNOG PROFILA IZ INSTRUMENTAL. OPAŽANJA VALOVA

- Rezultat obrade jednog valnog zapisa su: H_s i T_s .
- Dobiju se izračunom, iz parametara valnog profila pojedinačnih valova, prema statističkim definicijama

$$H_{1/3} \equiv H_s = \frac{1}{N_0/3} \sum_{i=1}^{N_0/3} H_i^{\text{opadniza}} \quad T_s \equiv T_{1/3} = \frac{1}{N_0/3} \sum_{i=1}^{N_0/3} T_0(H_i^{\text{opadniza}})$$



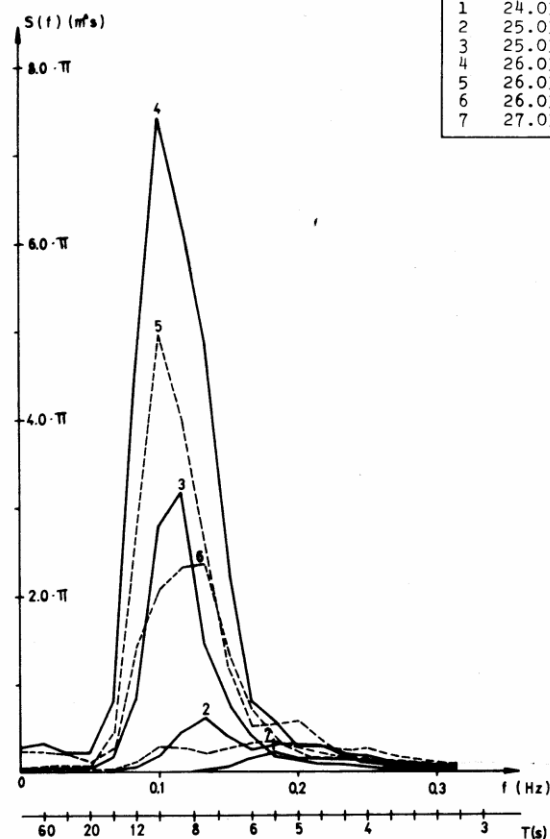
KRATKOROČNE LOKALNE STATISTIČKO - VJEROJATNOSNE PROGNOZE M.VALOVA IZ PODATAKA O VALOVIMA ILI VJETRU

II. era

- **II. era** uvodi spektralne analize u proučavanje valova ranih 50-tih formuliranjem Neumannovog spektra.
- Pierson i dr. 1955 razvijaju prognozu reprezentativnih valnih parametara temeljenu na spektralnoj analizi,
- Mogu se prognozirati značajni valni parametri, ali i valni spektri.
- Najcitiranije su:
- PNJ metoda (Pierson, Neuman, James) za potpuno razvijeno more i
- JONSWAP metoda (Joint North Sea Wave Project) za nepotpuno razvijeno more

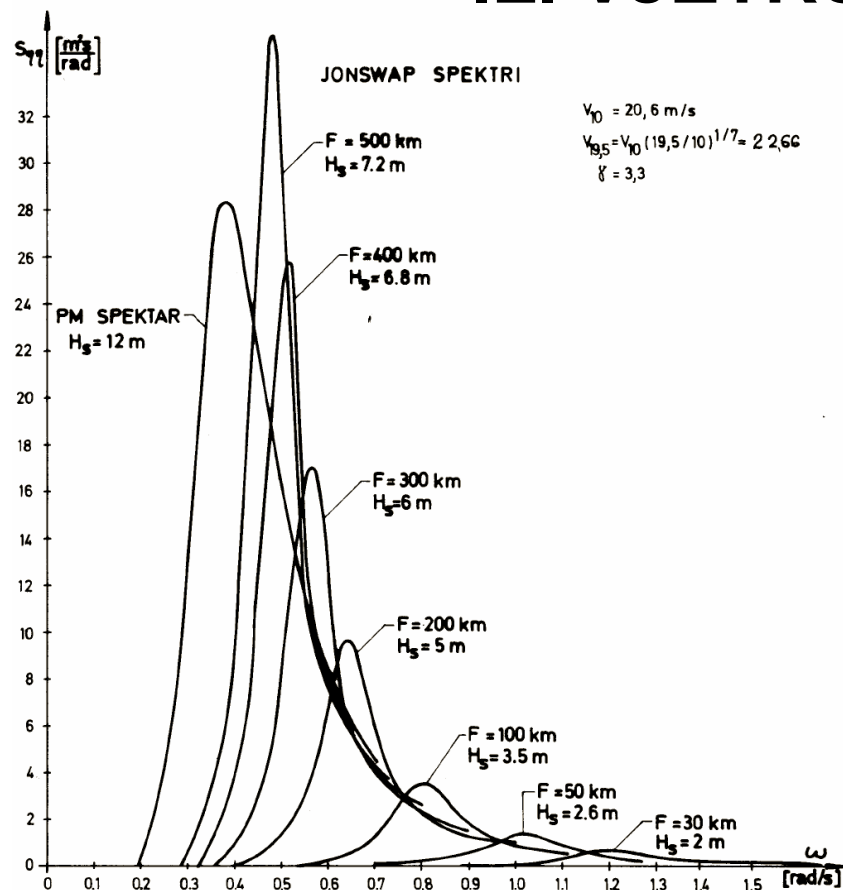
KRATKOROČNE LOKALNE STATISTIČKO - VJEROJATNOSNE PROGNOZE VALNIH SPEKTARA II. ere IZ PODATAKA O:

O VALOVIMA



VS DUBROVNIK				
God. 1983.	Δ T	1,0 S	H _s	
1	24.03.1900 - 1905		1,1	
2	25.03.0100 - 0105		1,75	
3	25.03.1300 - 1305		3,2	
4	26.03.0100 - 0105		5,05	
5	26.03.0405 - 0410		4,0	
6	26.03.2200 - 2205		3,25	
7	27.03.0700 - 0705		1,5	

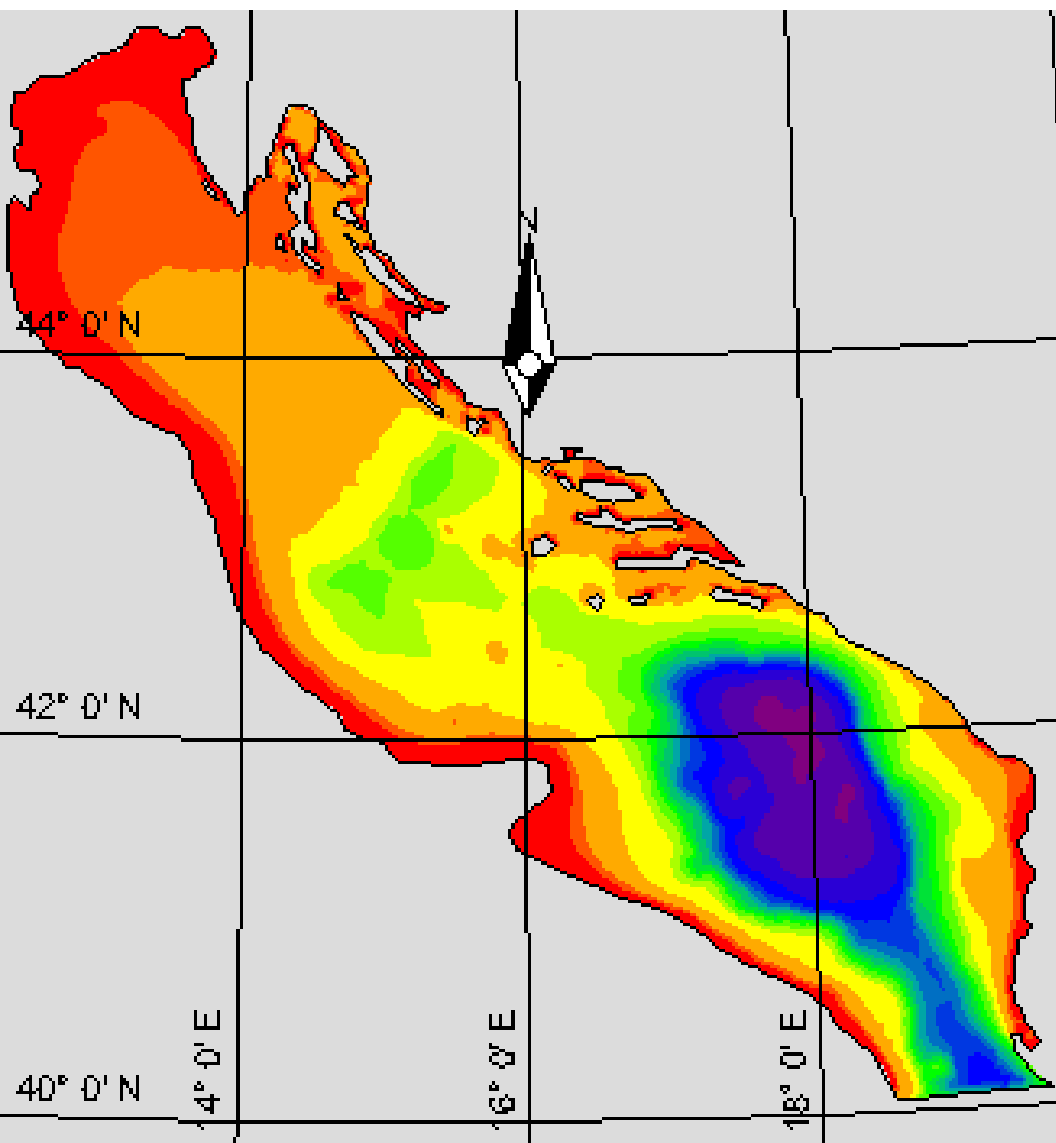
ILI VJETRU



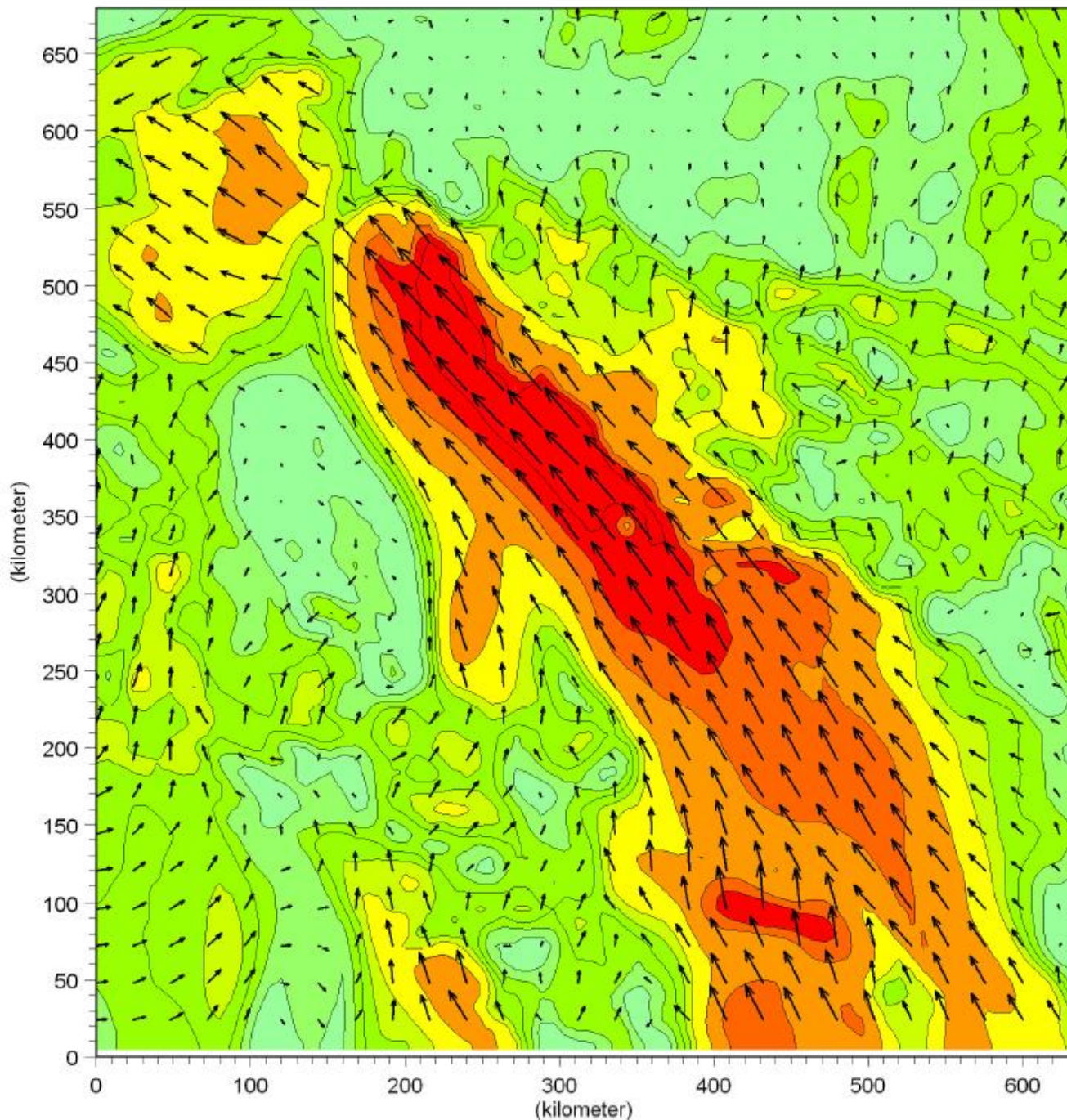
REGIONALNE KRATKOROČNE VREMENSKE PROGNOZE POLJA REPREZENTATIVNIH PARAMETARA VALNOG PROFILA IZ PODATAKA O VJETRU - III. era

- pripadaju **III. eri** valnih prognoza: 1963.- 1998.
- na bazi podataka o vjetru
- numerički modeli valne generac. na bazi energ. ravnoteže JONSWAP valnog sprktra
- danas aktualna 3. generacija koja uključuje i priobalno područje, te interakciju s m. strujom
SWAN: Simulating Waves Nearshore

REGIONALNE KRATKOROČNE PROGNOZE REPREZENTAT. PARAMETARA VAL. ROFILA IZ PODATAKA O VJETRU - III. era



Batimetrijski
input za
MIKE
21/SW

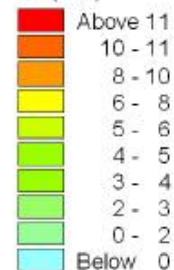


INALADIN_UVP_IV-VI_2008.dfs2

Vjetrovni
input za
MIKE
21/SW

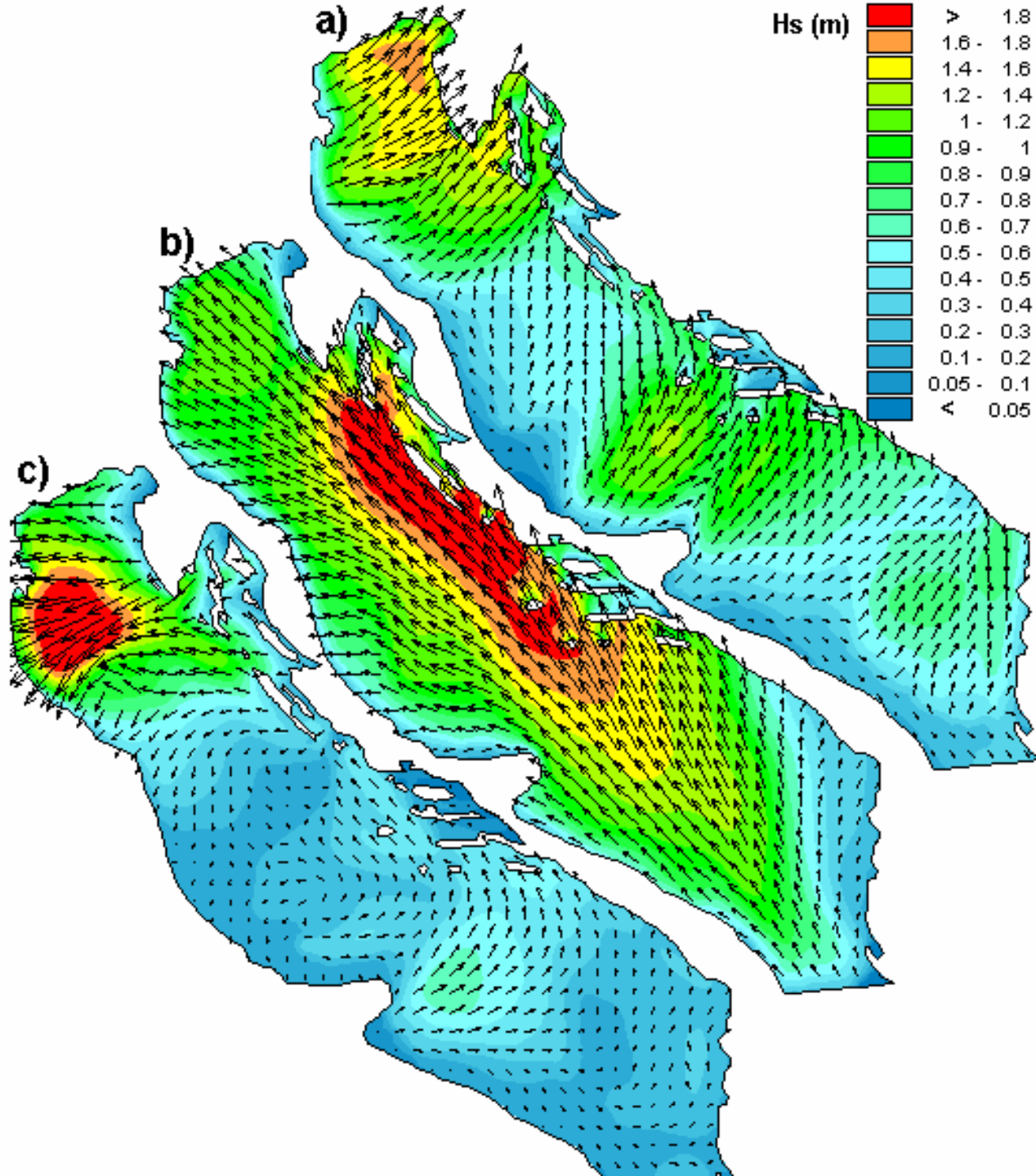
1 m/s

Vx (m/s)



05/18/2008 09:00:00

Scale 1:4269000



Valni
output iz
MIKE
21/SW

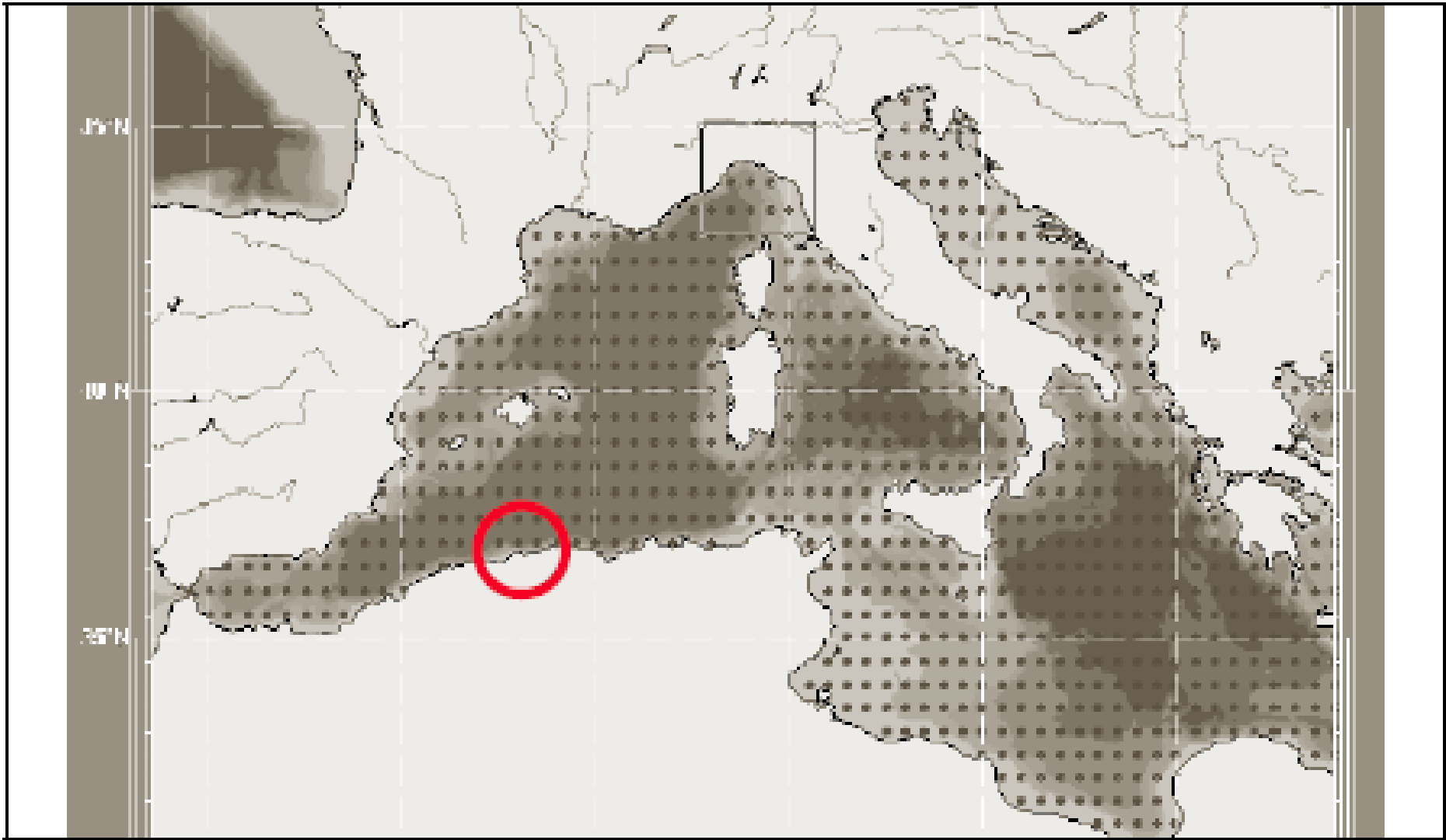


Fig. 3.3 - Mediterraneo occidentale. Distribuzione dei punti WAM

LOKALNE DUGOROČNE VJEROJATNOSNE PROGNOZE VJETROVNIH VALOVA

- ŠTA SE PROGNOZIRA: vjerojatnost nastupa neke vrijednosti slučajnih varijabli $\hat{H}_s, \hat{T}_s, (\hat{H}_s, \hat{T}_s)$ male vjerojatnosti, ili velikog povratnog razdoblja
- NA BAZI PODATAKA O VALOVIMA ILI O VJETRU (matemetički postupak isti)
- IZVOR PODATAKA: veliki broj kratkoročnih prognoza
- FORMIRANJE UZORKA
 - niz godišnjih maksimuma: $T_{reg} \sim 30g$
 - niz prekoračenja: $T_{reg} \sim 10g$
- METODA: prilagodba teorijske distribucije vjerojatnosti ekstrema razmatrane slučajne varijable napodatake iz uzorka; t.j. na emp. distr. (metoda najmanjih kvadrata)

1.) Proračun empirijske raspodjele vjerojatnosti $\hat{H}_s$

$$P(H_{S,i}) = P(\hat{H}_s \geq H_{S,i}) = \frac{2 \cdot F_i - 1}{2 \cdot n} \quad \text{Hazen}$$

$\hat{H}_s$ slučajna varijabla značajne valne visine

$H_{S,i}$ [m] i-ta vrijednost sluč. varijable zn. val. visine

n opseg uzorka sl. v. $\hat{H}_s$

$i=1..n$ redni broj razmatrane vrijednosti $H_{S,i}$ sl. v. $\hat{H}_s$

f_i apsolutna učestalost i-te vrijednosti $\hat{H}_s$

$F_i = \sum_{j=1}^i f_j$ zbirna apsolutna učestalost i-te vrijednosti $\hat{H}_s$

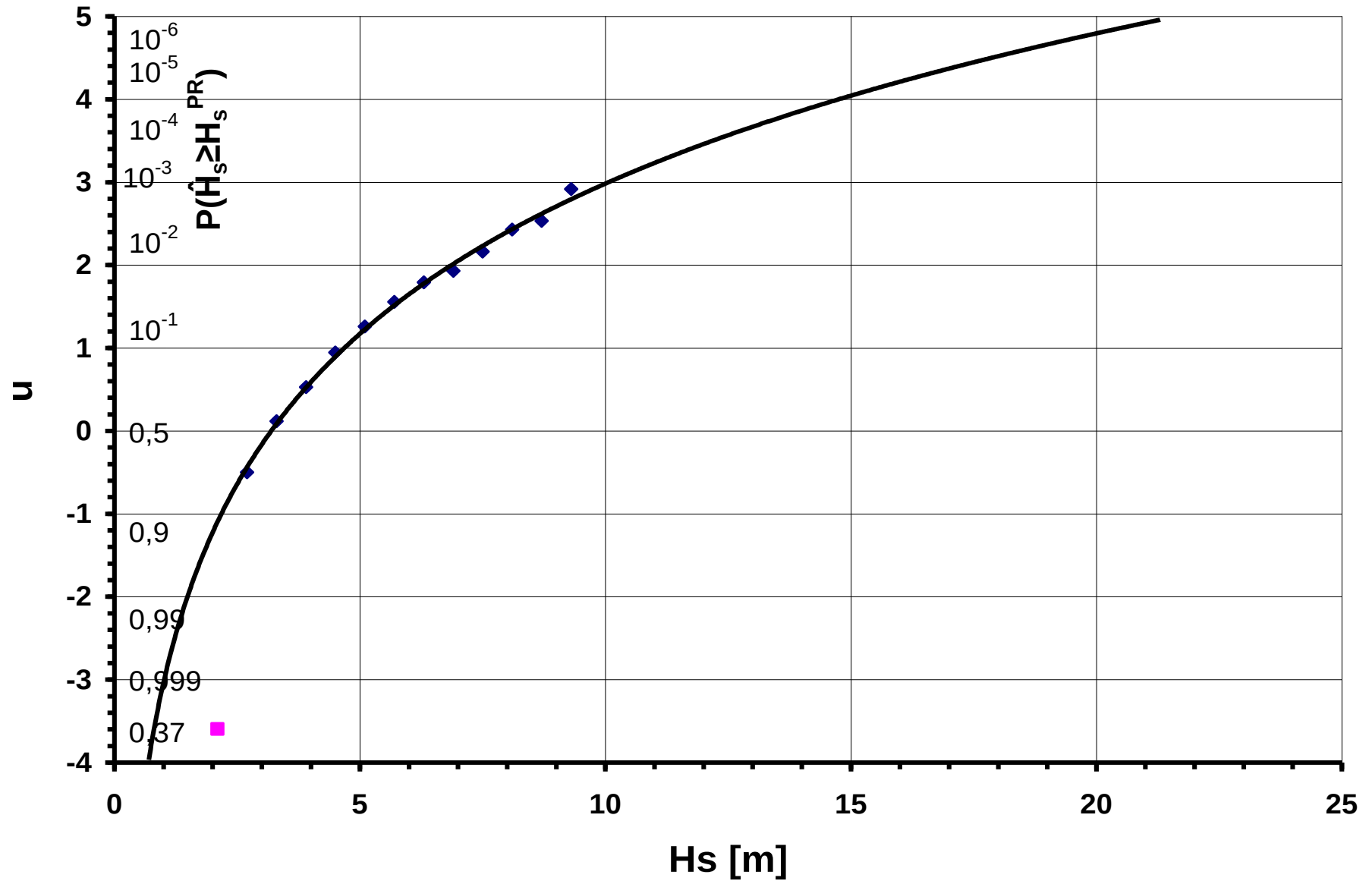
$P(\hat{H}_s \geq H_S) \equiv P(\hat{H}_s)$ vjerojatnost premašenja i-te vrij. $\hat{H}_s$

2) uređivanje uzorka i empirijska raspodjela vjeroj.

Razred i	Razred valnih visina $H_{S\text{gor}} - \text{donje } H_{S\text{donje}}$	Srednja valna visina H_{Si}	Apsolutna učestalost f_i	Zbirna apsolutna učestalost $F_i = \sum_{j=1}^i f_j$	Vjerojatnost premašenja $P(\hat{H}_S \geq H_{Si}) = (2F_i - 1)/2n$
	[m]	[m]			
1	9,60-9,01	9,3	6	6	0,00177
2	9,00-8,41	8,7	12	18	0,00563
3	8,40-7,81	8,1	6	24	0,00756
4	7,80-7,21	7,5	24	48	0,01528
5	7,20-6,61	6,9	36	84	0,02687
6	6,60-6,01	6,3	30	114	0,03652
7	6,00-5,41	5,7	72	186	0,05968
8	5,40-4,81	5,1	138	324	0,10409
9	4,80-4,21	4,5	210	534	0,17165
10	4,20-3,61	3,9	396	930	0,29907
11	3,60-3,01	3,3	480	1410	0,45351
12	3,00-2,41	2,7	738	2148	0,69096
13	2,40-1,80	2,1	960	3108	0,99984
			n =	3108	

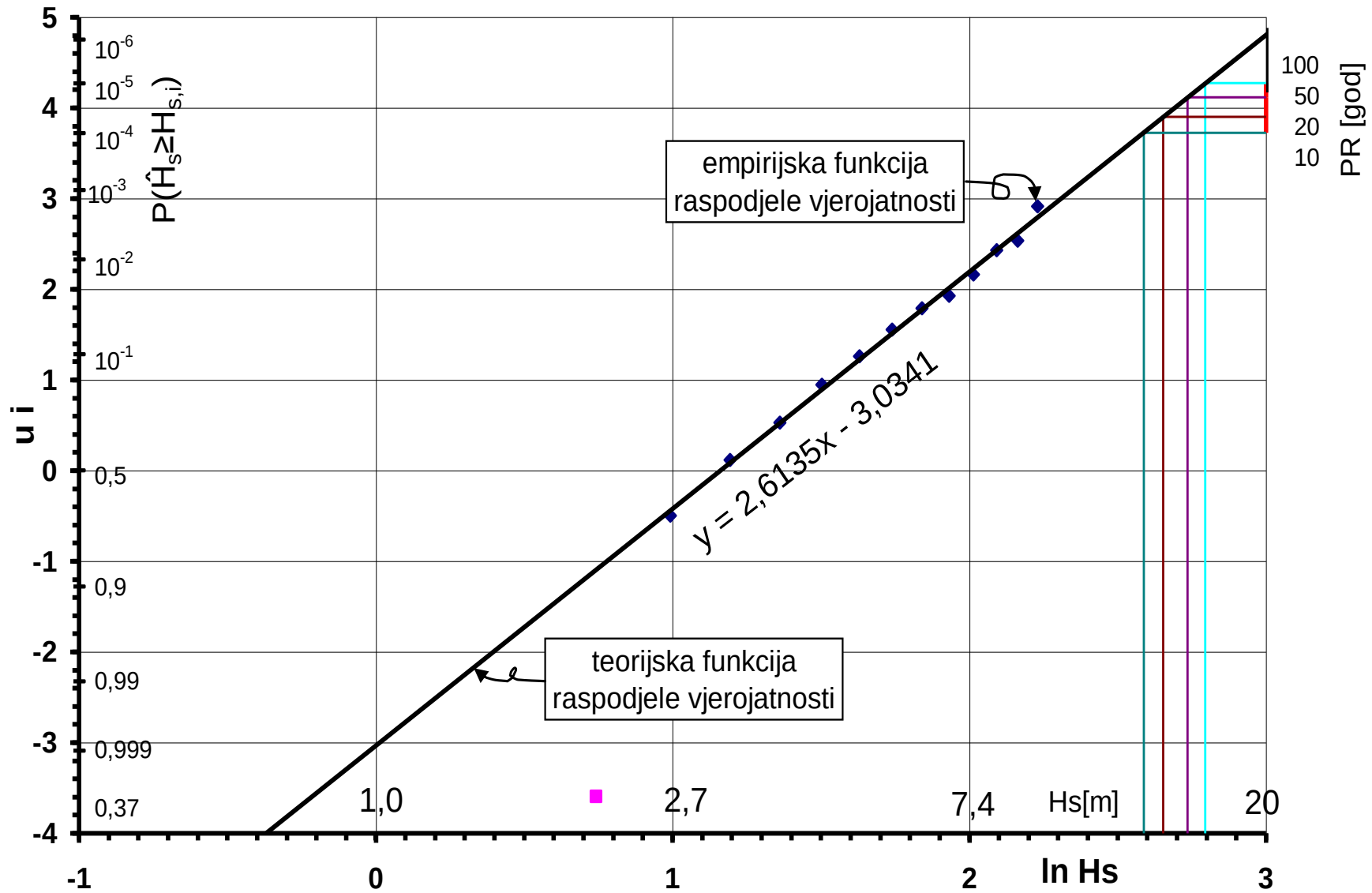
3) Crtanje empirijske Normalne raspodjele vjerojatnosti

a) Normalna (Gaussova)



4) Prilagodba teor. L-N raspodj. vjeroj. na empirijsku pravcem

b) Log-normalna (Galtonova)



5) Dugoročna prognoza H_S^{PR} kad je nacrtana teorijska funkcija raspodjele vjerojatnosti (pravac)

$$PR_{god} = \frac{T_{REG}}{n} \cdot \frac{1}{P(\hat{H}_S \geq H_{S,i})}$$

$$P(\hat{H}_S \geq H_S^{PR}) = \frac{T_{REG}}{n} \cdot \frac{1}{PR}$$

T_{REG} [god] razdoblje besprekidnog opažanja

PR [god] povratno razdoblje

H_S^{PR} [m] znač. val. visina povr. razd. od PR god.

6) Proračun značajne valne visine nekog povratnog razdoblja $\equiv$ dugoročna prognoza značajne valne visine

$$P(\hat{H}_S \geq H_S^{PR}) = \frac{T_{REG} [\text{god}]}{n} \cdot \frac{1}{PR [\text{god}]}$$

- za $PR=100$ [god] ... $P(\hat{H}_S \geq H_S^{100g}) = \frac{3}{3108} \cdot \frac{1}{100} \sim 1 \cdot 10^{-5}$
- preslikavanjem preko pravca na
- za $PR=100$ [god]..... $H_S^{100g}=16,3$ [m]

$\frac{1}{n}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0.00000	00399	00798	.01197	01595	01994	02392	02790	03188	03586
0.1	03983	04380	04776	05172	05567	05962	06356	06749	07142	07535
0.2	07926	08317	08706	09095	09483	09871	10257	10642	11026	11409
0.3	11791	12172	12552	12930	13307	13683	14058	14431	14803	15173
0.4	15542	15910	16276	16640	17003	17364	17724	18082	18439	18793
0.5	19146	19497	19847	20194	20540	20884	21226	21566	21904	22240
0.6	22575	22907	23237	23565	23891	24215	24537	24857	25175	25490
0.7	25804	26115	26424	26730	27035	27337	27637	27935	28230	28524
0.8	28814	29103	29389	29673	29955	30234	30511	30785	31057	31327
0.9	31594	31859	32121	32381	32639	32894	33147	33398	33646	33891
1.0	34134	34375	34614	34850	35083	35314	35543	35769	35993	36214
1.1	36433	36650	36864	37076	37286	37493	37698	37900	38100	38298
1.2	38493	38686	38877	39065	39251	39435	39617	39796	39973	40147
1.3	40320	40490	40658	40824	40988	41149	41309	41466	41621	41774
1.4	41924	42073	42220	42364	42507	42647	42786	42922	43056	43189
1.5	43319	43448	43574	43699	43822	43943	44062	44179	44295	44408
1.6	44520	44630	44738	44845	44950	45053	45154	45254	45352	45449
1.7	45543	45637	45728	45818	45907	45994	46080	46164	46246	46327
1.8	46407	46485	46562	46638	46712	46784	46856	46926	46995	47062
1.9	47128	47193	47257	47320	47381	47441	47500	47558	47615	47670
2.0	47725	47778	47831	47882	47932	47982	48030	48077	48124	48169
2.1	48214	48257	48300	48341	48382	48422	48461	48500	48537	48574
2.2	48610	48645	48679	48713	48745	48778	48809	48840	48870	48899
2.3	48928	48956	48983	49010	49036	49061	49086	49111	49134	49158
2.4	49180	49202	49224	49245	49266	49286	49305	49324	49343	49361
2.5	49379	49396	49413	49430	49446	49461	49477	49492	49506	49520
2.6	49534	49547	49560	49573	49585	49598	49609	49621	49632	49643
2.7	49653	49664	49674	49683	49693	49702	49711	49720	49728	49736
2.8	49744	49752	49760	49767	49774	49781	49788	39795	49801	49807
2.9	49813	49819	49825	49831	49836	49841	49846	49851	49856	49861
3.0	49865	49869	49874	49878	49882	49886	49889	49893	49897	49900
3.1	49903	49906	49910	49913	49916	49918	49921	49924	49926	49929
3.2	49931	49934	49936	49938	49940	49942	49944	49946	49948	49950
3.3	49952	49953	49955	49957	49958	49960	49961	49962	49964	49965
3.4	49966	49968	49969	49970	49971	49972	49973	49974	49975	49976
3.5	4997674									
4.0	4999683									
4.5	4999966									
5.0	0.499999713									

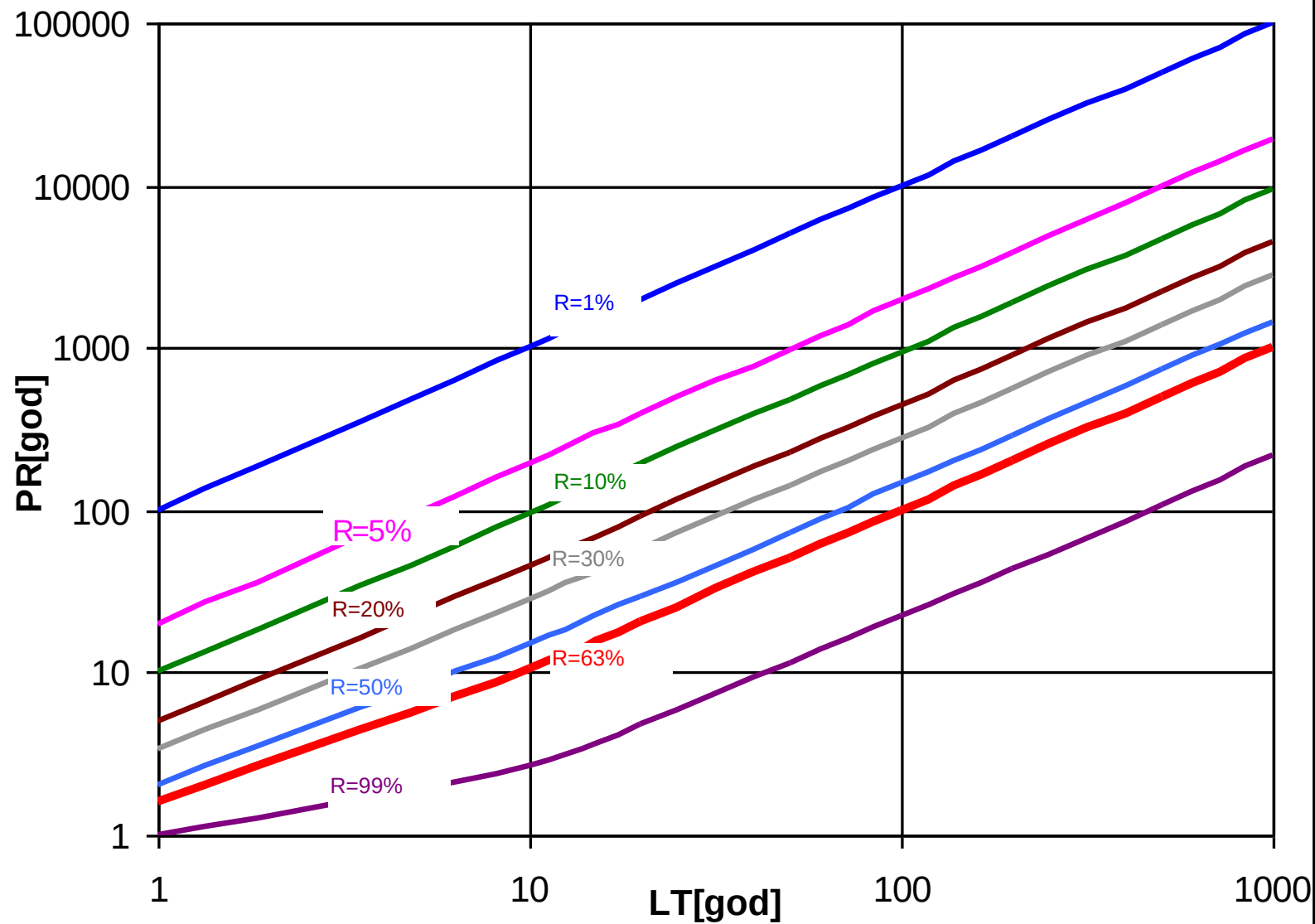
PROJEKTNI VALOVI

PROJEKTNI VAL
prognozirani (ili u rijetkim slučajevima izmjerni)

FUNKCIONALNOST GRAĐEVINE		
1. AGITACIJA BAZENA (PREKRCAJNI DANI)	$H_{1/3}^{5\text{ god}}$	VAL 5- GODIŠNJEG POVRATNOG RAZDOBLJA
2. PRELJEVANJE ¹⁾	$H_{\max}^{5\text{ god}}$	
	$H_{\max}^{100\text{ god}}$	VAL 100- GOD. POV. RAZD.

PRORAČUN KONSTRUKCIJE		
1. NASIPNE GRAĐEVINE (fleksibile konstrukcije)	$H_{1/10}^{100\text{god}}$	VAL 100- GODIŠNJEG POVRATNOG RAZDOBLJA
2. VERTIKALNE STIJENE (krute konstrukcije)	$H_{\max}^{100\text{god}}$	
3. GRAĐEVINE NA PILOTIMA (krute konstrukcije)		

RIZIK



Predmet: PLOVNI PUTEVI I LUKE
Studij: VII/1
Smjer: opći
Usmjerenje: hidrotehničko
Semestar: VIII
Fond sati: 45+45
Godina: 2010.

Gradivo za III. test, 30.04.2010.

2.5-5 Valno opterećenje fiksnih pomorskih kondstrukcija (tlak vala, Morison)

3 REALNI VALOVI

3.1 REALNI POVRŠINSKI MORSKI VALOVI

- 3.1.1 VJETROVNI MORSKI VALOVI [HG]
- 3.1.1.1 Nastajanje vjetrovnih valova
- 3.1.1.2 Spektralni opis valova kratkih perioda od vjetra $+\Delta$ iz [HG]
- 3.1.1.3 Značajke valova živog mora
- 3.1.1.4 Značajke valova mrtvog mora
- 3.1.1.5 Statističko-vjerojatnosni opis vjetrovnih valova $+\Delta$ iz [HG]
- 3.1.1.6 Prognoze realnih valova
- 3.1.1.6.1 Prognoze površinskih vjetrovnih morskih valova $+\Delta$ iz [HG]
- 3.1.1.6.2 Lokalne kratkoročne prognoze vjetrovnih valova
- 3.1.1.6.3 Lokalne dugoročne statističko-vjerojatnosne prognoze
- 3.1.1.7 Projektni valovi [HG]

3-2 REALNI VALOVI DUGIH PERIODA [HG]

- 3-2.1 Plimni valovi: generalni prikaz, astralna mijena, terestrička mijena [HG]
- 3-2.2 Morske razi [HG]