

MA EKI FÁR LÆT

SUNDAHÖFN

TILRAUNIR MED ÖLDUHREYFINGU
VINDALDA ÚR AUSTRI
SKÝRSLA NR 1

ORKUSTOFNUN STRAUMFRÆÐISTÖÐ
NEA HYDRAULIC LABORATORY
REYKJAVÍK ICELAND

MA ESKI ÞATTEL

SUNDAHÖFN

**TILRAUNIR MED ÖLDUHREYFINGU
VINDALDA ÚR AUSTRI
SKÝRSLA NR 1**

BJÖRN ERLENDSSON
HANNES J. VALDIMARSSON
JÓNAS ELÍASSON

GERT FYRIR HAFNARSTJÓRANN Í REYKJAVÍK, JAN. 1974

OSSFS 7420

OCTOBER 1974

EFNI:

1. Inngangur og ágríp
2. Aðstæður í Sundahöfn
3. Tilraunir og niðurstöður
4. Ályktanir af niðurstöðum

TEIKNINGAR:

1. G 180 - 75, 650, G 75
2. G 50 - H 25
3. A 13° N
4. N 29° A
5. Norður
6. Líkan

Myndaskrá		Az	T sek.	H fl.
1-8	Sundahöfn	°		
9	Kleppsbalki (AB)	103	3.5	III
10-12	Sundahöfn	103	3.5	III
13	G75	90	3.5	III
14	G50+H25	90	3.5	III
15	G180	90	3.5	III
16	G50	90	3.5	III
17	AB	90	3.5	III
18				
19				
20	Sh 73	90	3.5	III
21	G180	103	3.5	III
22	G50 H25	103	3.5	III
23	G75	103	3.5	III
24	G50	103	3.5	III
25-27	AB	0°	2.8	III
28-29	AB	29°	2.8	III
30-31	Sh 73	29°	2.8	III
32-33	Sh 73	29°	2.8	III
34	AB	29°	3.2	III

1. Inngangur og ágríp.

Árið 1969 var lokið byggingu núverandi Korngarðs og Sundabakka í Vatnagörðum. Var þá þegar gert ráð fyrir, að er til stækkunar kæmi yrði byggður nýr bakki, Kleppsbakki, samsíða Korngarði um 280 metra langur.

Í hinni Nýju Sundahöfn kom fljótt í ljós að töluverð ágjöf kom þegar vindurinn stóð upp í hornið milli bakkanna. Olli þetta nokkurri truflun á vinnu, en flutningaskipum stóð hinsvegar ekki hætta af öldugangi þessum.

Haustið 1973 þegar bygging Kleppsbakka kom á dagskrá, óskaði hafnarstjórinn í Reykjavík eftir því við Straumfræðistöð OS að gerðar yrðu líkantilraunir með öldur í Sundahöfn með og án Kleppsbakka svo séð yrði hvaða áhrif bygging hans hefði á hið ríkjandi ástand, svo og hvaða áhrif hugsanlegar gagnaðgerðir hefðu.

Undirbúningur tilraunanna hófst í nóvember 1973, og smíði líkans hófst síðan í desember, og voru þær síðan framkvæmdar í desember og janúar af Birni Erlendssyni og starfsliði OS, undir umsjón Jónasar Elíassonar prófessors. Umsjón af hálfu Reykjavíkurhafnarannaðist Hannes J. Valdimarsson verkfræðingur. Var mikill hluti verksins unninn undir beinni stjórn hans og leitast var við að hafa sem nánast samstarf við sérfræðinga hafnarinnar, og voru þeir tíðir gestir í húsakynnum Sfs meðan á mælingum stóð. Reyndist þetta samstarf einn mikilvægasti þáttur verksins.

Tilraunir voru framkvæmdar með öldur frá áttunum 0-103°. Fljótlega komu í ljós nokkrir erfiðleikar við mælingarnar vegna mikils frákasts í líkaninu, sem tafði mjög framkvæmd mælinganna. Einnig kom í ljós, að ágjöfin var af stærra svæði en haldið hafði verið í fyrstu. Var þá ákveðið að reyna áhrif skjólgarðs frá enda Kleppsbakka í líkaninu. Megin niðurstöðu tilraunanna verður að telja, að unnt er að skýla höfninni fyrir vindöldum úr austan og suðaustanátt með 50-75 metra löngum garði frá enda Kleppsbakka. Þessi garður hefur ekki áhrif í norðlægum og norðaustlægum áttum, en þær eru miklu sjaldgæfari. Hinsvegar kom í ljós í keyrslum með norðanátt, sem aðeins voru skoðaðar en ekki mældar, að líkt ástand og nú ríkir í horninu milli Korngarðs og Sundabakka í austanátt, myndast milli Sundabakka og Kleppsbakka í norðanátt, ef Kleppsbakki er byggður með þéttu þili.

2. Aðstæður í Sundahöfn.

2.1 Öldulag.

Í norðlægum og austlægum áttum nær vindbára til Sundahafnar. Samkvæmt öldulínuriti í skýrslu no 3 um ölduhreyfingu í Viðeyjarsundi, des. 1967, öldulínurit mynd nr.2 fást eftirtaldar ölduhæðir og tíðnir fyrir mismunandi vindhraða.

Tafla 2.1.

Vindhraði	Vindstefna og atrenna, Az og F									
	Signifikant ölduhæð og meðalsveiflutími									
	360°		29°		77°		90°		103°	
	1.3km		1.0km		2.3km		1.9km		2.3km	
m/s	m	sek	m	sek	m	sek	m	sek	m	sek
20	0.6	2.3	0.6	2.1	0.8	2.7	0.7	2.6	0.8	2.7
25	0.8	2.5	0.7	2.3	1.0	3.0	0.9	2.8	1.0	3.0
30	0.9	2.6	0.9	2.5	1.2	3.2	1.1	3.0	1.2	3.2

Meðalölduhæð er $H_s = 1.6 \cdot H$

eða meðalölduhæð $\bar{H} = \frac{H_s}{1.6}$

Tíðnir 2.0-3.5 sek gefa djúphafsöldulengd 6.2-19.1m. Þessar öldur taka ekki botn fyrr en á 7 metra dýpi eða minna. Aldan hagar sér því sem djúphafsalda væri frá upptökum og að bakka í Sundahöfn. Því má búast við að ölduhæðir séu dreifðar samkvæmt Rayleigh. Sveiflutímar eru þannig dreifðir að 60-140% af meðalsveiflutíma er nokkuð algengt. Úthafsöldur er koma í V-lægum áttum eru ekki með í þessari athugun, en um eiginleika þeirra er fjallað í sérstakri skýrslu Sfs til hafnarstjóra.

2.2. Vindur.

Vindmælingar liggja fyrir frá Reykjavíkflugvelli (tafla 2.2) og Geldinganesi, sem er marktækari mælistaður fyrir Viðeyjarsund. (sjá töflu 2.3) Geldinganesmælingar eru of stuttar svo vitneskja um tíðnir vindátta og hraða fáist af, en þær eru notaðar til að leiðrétta hinar.

Tafla 2.2

Vindhraði og vindstefnur á Reykjavíkflugvelli 1950-1959(incl)

Vindhraði í m/s

Vindstefna	Az°	1/2 til 14,1/2m/s	15 til 19,1/2m/s	20 til 24,1/2m/s	25 til 29,1/2m/s	30 til 34,1/2m/s	Fjöldi athugana
	350	714	48	9	3		
0	1044	107	23	5	2		1181
10	935	109	19	4			1067
20	733	88	17	1			839
30	320	25	1	1			347
40	370	10					380
50	414	1	1				416
60	679	2					681
70	1244	13	3				1260
80	1562	38	2				1602
90	1655	45	13				1713
100	1104	30					1134
110	921	32	5				958
120	895	50	8				953
130	877	93	31				1001
Fjöldi ath. 350° til 130°		13467	691	132	14	2	14306

Fjöldi athugana úr öllum áttum.

29216

Tafla 2.3.

Vindátt. Vindhraði og tíðni á Geldinganesi
í % af Reykjavíkurflugvelli.

Az°	tíðni(%)	hraði(%)
350	60.4	70.9
360	11.5	71.1
10	28.1	54.8
20	46.6	84.3
30	88.9	95.1
40	106.7	192.2
50	51.4	95.1
60	164.3	169.7
70	200.0	155.6
80	226.7	142.1
90	129.3	109.1
100	72.9	105.3
110	65.5	105.6
120	123.5	110.9
130	119.2	115.9

Af töflu 2.3. sést að vindar frá N-lægum áttum eru sjaldgæfari og hægari á Geldinganesi en á Reykjavíkurflugvelli. A-lægar áttir eru aftur á móti hvassari og algengari, sérstaklega á bilinu azimuth 60° til 90°.

2.3. Ágjöf á bakkana.

Þegar hvessir úr austlægri átt, verður af nokkur ágjöf jafn skjótt og báru reisir á sundinu. Ekki eru mælingar til af þessu fyrirbrigði, því fór Ejórn Erlendsson og tók myndir af, og fylgja 8 þeirra þessari skýrslu.

Aðstæður voru sem hér segir:

Myndir teknar: 4.1. 1974 kl. 15-16.

Veður (Rvk-flugv.): A 32 hnútar, rigning.

Vindhraði (á staðnum): 18 m/s (~36 hnútar)

Sveiflutími öldu: 3.0-3.5 sek.

Vindhraðinn er mældur uppi í stafni skips er lá við bakka með handvindmæli. Hann er líklega nokkuð svipaður og mundi mælast á bersvæði við venjulegar mæliaðstæður. Öldutíminn var mældur á bauju, reiknað er með að mæliniðurstaðan svari til signifikant sveiflutíma, eða meðalsveiflutíma, 2.4-2.8 sek, sem passar vel við töflu 2.1. Þegar tekið er tillit til að vindhraðinn á að vera 20% stærri á Geldinganesi en á flugvellinum samkvæmt töflu 2.2. eða um 19 m/s.

2.4. Sjávarföll og sog.

Samkvæmt flóðtöflum eru sjávarhæðir svo sem hér segir:

Meðalstórstraumsflóð	3.94 m
Meðalstórstraumsfjara	0.12 m
Meðalsjávarhæð	2.07 m

Flóð og fjara eru mest hinn stjarnfræðilegi þáttur sjávarfalla en áhlaðandi og áhrif loftþrýstings má telja innan við 0.5 m. Önnur frávik eru hverfandi.

Nokkur sog (seiching) eru í Reykjavík, en uppruni þeirra er ókunnur. Er þeim lýst í skýrslu nr. 1 um öldu-hreyfingu í Viðeyjarsundi, Sfs feb. 1966.

3. Tilraunir og niðurstöður.

3.1. Bygging líkans.

Líkanið var byggt úr vatnspéttum krossviðarplötum með sléttum botni sem svarar til 8 m dýpis. Var þetta gert með það fyrir augum að hafa líkanið nægilega létt svo breyta mætti um ölduátt með því að snúa líkaninu í húsinu. Eykur þetta mjög möguleika til prófunar á mismunandi ölduáttum, þar sem nýta má langás hússins fyrir allar öldustefnur og kom þetta sér vel.

Ströndinni frá Vatnagörðum að Kleppsskaftier sleppt, en það kemur ekki að sök, þar eð vindáttir svo suðlægar að skjóls gæti af henni að neinu marki voru ekki prófaðar.

Sem líkankvarði var valinn 1:40, sem gefur tíma og hraðakvarða 1:6.325. Þessi kvarði er nokkurnvegin sá stærsti sem hægt er að nota, því ef hann er gerður stærri verður líkanið það stórt, að ekki er hægt að snúa því í húsinu. Kvarðinn er hinsvegar nægilega stór til að hægt er að prófa öldur niður í 2.5 sek. öldutíma. Umhverfis líkanið var múraður veggur og innan í hann settur flái úr 2-3 sentimetra steinum til öldudeyfingar.

3.2. Byrjunartilraunir.

Byrjunartilraunir hófust fyrstu vikuna í desember 1973. Var byrjað með uppstillingu þar sem ölduvélar voru í framhaldi hver af annari, en þá eru tíðnibreytingar fljótlegastar. Athugað var, hvort um sívaxandi toppamyndun utan frá Kleppsvík og inní horn gæti verið að ræða, og reynt að líkja eftir öldulaginu þegar ágjöf var. Byrjunartilraunir voru gerðar með áttina $Az=103^\circ$ þegar annað er ekki tekið fram. Fljótlega kom í ljós, að toppamyndunin vegna frákafts frá görðunum var nokkuð jöfn á svæðinu milli garðanna og þar að auki breiddist mikið frákast þaðan og á móti hinni innkomandi öldu og truflaði mælingar á henni. Einnig tók langan tíma að skipta um tíðni vegna þess að ölduorka tilheyrandi gömlu tíðninni var lengi að deyja út.

Á fundi með hafnarstjóra og Hannesi Valdimarssyni verkfræðingi var ákveðið að tilhögun skyldi breytt á þann veg, að vélarnar yrðu færðar lengra frá líkaninu til að minnka áhrif fráköstuðu öldunnar og auka orkudeyfinguna og líkaninu síðan snúið þegar breyta skyldi um átt.

Að þesum breytingum loknum voru tilraunir hafnar að nýju. Í skoðunarferð 4.1. sem áður getur um, kom í ljós að toppamyndun var áberandi út með bökkum hafnarinnar og á milli þeirra og var þannig minna bundin við sjálft hornið en áður var álitíð. Starfsmenn Reykjavíkurhafnar, þeir er sérþekkingu höfðu á staðháttum í Sundahöfn, aðstoðuðu við að koma upp prófanaáætlun er líktist sem mest eðlilegum aðstæðum. Þessar byrjunartilraunir leiddu til að ákveðið var að prófanir skyldu fara fram með ölduhæðir og tíðnir svo sem hér segir:

Tafla 3.1.

Tíðni	Ölduhæðir		
	I	II	III
sek	m	m	m
2.8	0.4	-	-
3.2	0.5	0.6	0.8
3.8	0.6	0.8	1.1
4.7	0.7	1.0	-

Þegar þessar ölduhæðir og sveiflutímar voru notaðir komu fram mikil toppamyndun á þeim stöðum í líkaninu þar sem frákasts gætti mest. Þar sem mestu topparnir mynduðust komu af og til skvettur upp í loftið, og mynntu þær mjög á aðstæður í höfninni, nema vindinn sem ber skvettturnar á land vantaði. Skvettturnar sýndu sig að hafa lakkandi áhrif á ölduhæðina til samræmis við að þeim fylgir nokkur orkueyðing samskonar og öldubroti.

Ennfremur kom í ljós að þegar mjög hátt var í sjó jókst mjög bein ágjöf á garðana, þ.e.a.s. topparnir við garðana náðu uppá þekju. Kom mönnum saman um að slíkt væri óraunhæft sem aðalgrundvöllur prófanana, svo ákveðið var að nota þess í stað hálfvallinn sjó sem fasta vatnshæð í öllum prófunum. Þannig eru allar prófanir gerðar með algengustu sjávarhæð, en það samsvarar 10 m dýpi í höfninni.

Þer því að hafa í huga að verri aðstæður en þær, sem hér eru prófaðar, skapast þegar saman fer mikið flóð og öldugangur. Þær aðstæður, sem prófaðar eru, eru hinsvegar eins nærri þeim aðstæðum, sem algengastar eru, þegar vinna stöðvast vegna ágjafar í Sundahöfn.

Tilraunir voru hafnar með fláa í horninu, þannig gerðan, að grjóti var fyllt í hornið með halla 1:1.5 þannig að lengd fláans var 20 m við botninn. Strax kom í ljós að engin merkjanleg bót var að honum, nema rétt í horninu sjálfu, og var tilraunum með fláa í horninu þá hætt, því ljóst var að toppamyndunin var ekki eins bundin við sjálft hornið og áður var álitnið heldur var toppamyndun og ágjöf töluverð á öllu svæðinu milli bakkanna og meðfram þeim.

Byrjunartilraunir með Kleppsbakkann leiddu í ljós að engu máli skipti hvar hann var staðsettur innan þeirra marka sem hann skyldi byggður, ennfremur kom í ljós að ágjöf lagaðist nokkuð. (Az=103 eða 13° sunnan austurs)

Byrjunartilraunir voru gerðar með skjólgarð úr grjóti í framlengingu Kleppsbakkans. Gáfust þær svo vel, að ákveðið var að gera samanburðarmælingar á þeim helstu tillögum, er til greina þóttu koma. Fljótlega kom í ljós, að bestu lausnirnar voru óheppilegar frá skipsstjórnarsjónarmiði séð, og var þá bætt við nýjum tillögum, þar sem frekara tillit var tekið til þeirra sjónarmiða. Verða þessar tillögur gerðar að nánara umtalsefni hérna á eftir.

Byrjunartilraunir voru gerðar með norðlægar áttir, og teknar myndir af þeim en engar mælingar gerðar. Kom í ljós að toppamyndunin var mjög lík í horninu milli Kleppsbakka og Sundabakka og verið hafði í hinu horninu ú austlægum áttum. Munurinn er hinsvegar sá að úr þessari átt eru öldur sjaldgæfar og auk þess styttri fyrir sama vindhraða sem tafla 2.1 sýnir. Svaran það raunverulega til, að sveiflutími 2.8 sek. kemur í stað 3.2 í austanátt. Tilraunir með austanátt höfðu hinsvegar leitt í ljós, að fyrir öldu með þennan sveiflutíma var frákast mjög mikið en skvettumyndun mikið minni og þar af leiðandi ágjöf. Tilraunir með 3.2 sek. öldu úr þessari átt sýndu svipaða skvettumyndun og í austanátt. (sjá myndir) Frekari prófanir með þessa átt voru hinsvegar ekki gerðar þar sem ekki var sama reynsla að styðjast við og fyrir austanátt.

3.3. Niðurstöður tilrauna.

Tafla 3.2 sýnir heildarniðurstöður allra tilraunanna. Gerðar voru tilraunir með 6 af þeim 9 möguleikum sem koma fram í töflu 3.1. Ölduhæðir eru mældar í þúktunum sem sýndir eru á myndunum, og í úrvinnslu er tekið meðaltal yfir mælihópana sem sýndir eru. Ennfremur er hver mæling þriendurtekin og þá hnikrað til sveiflutímanum um 5% til að jafna út "resonans" áhrif, sem annars koma fram í einhverjum punktum þegar aðeins einn sveiflutími er notaður. Þannig er t.d. notaðir sveiflutímar 2.9, 3.2 og 3.5 og meðaltal þeirra er notað sem niðurstaða fyrir 3.2 sek. Uppgefin niðurstaða fyrir hvern mælihóp er því meðaltal af 3 sveiflutímum og 3 punktum eða 9 tölum. Sjálf mæliniðurstaðan er öldustuðullinn K.

$$K = \frac{\text{ölduhæð í mælipunkti}}{\text{ölduhæð innkominnar öldu}},$$

og eru það tölurnar í reitunum.

Tilraunir voru fyrst gerðar með höfnina eins og hún er 1973, kallað "Sundahöfn '73", eru aðeins Sundabakki og Korngarður með í tilrauninni. Aðrar tilraunauppstillingar koma fram á myndum 1-5.

Tilraunir með $Az = 103^\circ$, skulu fyrst ræddar. (Sjá töflu 3.2)

Þegar athuguð er lágsta ölduhæðin í Sundahöfn '73 kemur í ljós að vaxandi sveiflutími veldur vaxandi K.

T	2.8	3.2	3.8	4.7
K	1.23	1.28	1.62	1.72

Taflan sýnir meðal K fyrir alla mælihópa, og breytingu þess með T fyrir ölduhæð I, $Az = 103^\circ$. Orsök aukningar á K við ölduhæð I eru mjög litlar skvettur (lítil ágjöf) og K hækkar því vegna þess, að lengstu öldurnar endurkastast betur, þegar á heildina er litið.

Sé hinsvegar athuguð breyting K með ölduhæð sést að vaxandi ölduhæð veldur minnkandi K.

Tafli 3.2.

Heildarniðurstöður.

	S.t.	Ö.H.	Mælihöpur										
			T	H	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sundahöfn 73	2.8	I	1.56	1.35	0.99	1.15	1.15	1.18					
	3.2	I	1.49	1.29	1.12	0.85	1.23	1.74					
	3.2	II	1.17	1.24	1.02	0.90	1.05	1.54					
	3.2	III	1.19	1.17	0.87	0.81	0.86	1.09					
	3.8	I	1.57	1.86	1.35	1.02	1.57	2.39					
	4.7	I	1.43	2.59	1.28	1.16	1.93	1.98					
Az=103°	AB	3.2	III	0.93	0.93	0.74	0.35	0.71	0.79	0.28	0.37	0.49	
		3.8	III	0.86	0.73	0.51	0.39	0.71	0.73	0.23	0.16	0.37	
		4.7	II	1.07	1.38	0.36	0.27	1.52	1.19	0.20	0.43	0.72	
	G50	3.2	III	0.65	0.70	0.27	0.21	0.34	0.47	0.10	0.12	0.10	
		3.8	II	0.59	0.96	0.27	0.07	0.67	0.78	0.05	0.07	0.07	
	G75	3.2	III	0.45	0.57	0.30	0.08	0.21	0.32	0.04	0.09	0.10	
		3.8	I	0.37	0.68	0.25	0.13	0.53	0.47	0.09	0.09	0.05	
	G50H	3.2	III	0.62	0.72	0.36	0.14	0.32	0.41	0.11	0.06	0.06	
		3.8	I	0.55	0.84	0.37	0.07	0.60	0.67	0.11	0.12	0.07	
	G180	3.2	III	0.85	1.09	0.69	0.13	0.50	0.78	0.21	0.20	0.17	
		3.8	II	0.53	0.71	0.33	0.10	0.63	0.62	0.05	0.06	0.09	
	Az=90°	Sh73	3.2	III	0.97	1.14	1.12	1.11	1.03	1.18			
			3.8	I	1.01	1.59	1.21	0.38	1.57	1.38			
	Az=77°	G50H	3.2	III	0.81	1.07	0.84	0.39	0.80	0.83	0.36	0.26	0.25
			3.8	I	1.25	2.03	0.74	0.14	1.99	1.63	0.16	0.22	0.22
	Sh 73	3.2	II	1.02	0.96	1.43	1.38	1.18	1.10				
		3.8	I	1.19	1.63	0.99	0.85	1.32	1.04				

Tafla 3.3

Sveiflutími 3.2 sek. Ölduhæð III= 0.8 m.

Nr.	Tillögur	Mælihöpur											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Sundahöfn 1973	1.19	1.17	0.87	0.81	0.86	1.09						
2	Með Kleppstakka(KB)	0.93	0.93	0.74	0.35	0.71	0.79	0.28	0.32	0.49			
3	KB + garður G50	0.65	0.70	0.27	0.21	0.34	0.47	0.10	0.12	0.10			
4	KB+G75 m	0.45	0.57	0.30	0.08	0.21	0.38	0.04	0.09	0.10			
5	KB+G50 + H25	0.62	0.72	0.36	0.14	0.32	0.41	0.11	0.06	0.06			
6	KB+G180 (75m langur)	0.85	1.09	0.72	0.13	0.50	0.78	0.21	0.20	0.17			
7	Sundahöfn 1973	0.97	1.14	1.12	1.11	1.03	1.18						
8	KB + G50 + H25	0.81	1.07	0.84	0.39	0.80	0.83	0.36	0.26	0.25			
9	Sundahöfn 1973	1.02	0.96	1.43	1.38	1.18	1.10						

Tafla 3.4.
sveiflutími 3.8 sek.

Nr.	Sundahöfn	Alduhátt	Mælihöpur											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Sundahöfn 73	I	1.57	1.00	1.35	1.02	1.57	2.39						
2	KB	III	0.86	0.73	0.51	0.39	0.71	0.73	0.23	0.16				0.37
3	KB + G50	II	0.59	0.91	0.27	0.07	0.67	0.78	0.05	0.07				0.07
4	KB + G75	II	0.37	0.68	0.25	0.13	0.53	0.47	0.09	0.09				0.05
5	KB + G50 + H25	I	0.55	0.84	0.37	0.07	0.60	0.67	0.11	0.12				0.07
6	KB + G180,75	II	0.53	0.71	0.33	0.10	0.63	0.62	0.05	0.06				0.09
7	Sundahöfn 73	I	1.01	1.59	1.21	0.38	1.57	1.38						
8	KB + G50 + H25	I	1.12	2.05	0.74	0.15	1.71	1.71	0.17	0.23				0.20
9	Sundahöfn 73	I	1.19	1.63	0.99	0.85	1.32	1.04						

Mælihópur

H	1	2	3	4	5	6	K
I	1.51	1.77	1.18	1.04	1.47	1.82	1.46
II	1.17	1.24	1.02	0.90	1.05	1.54	1.15
III	1.19	1.17	0.87	0.81	0.86	1.09	1.00

K er meðaltal af öllum sveiflutímum. Lítum á mæli-
hópana 1, 2, 6 í þessari röð. Fyrir H_I er $K > 1.5$ sem
þýðir mikið frákast, og K fer heldur vaxandi úteftir
frá horninu. Fyrir H_{II} er K lægra en enn vaxandi út-
eftir. Fyrir H_{III} er K hinsvegar litlu stærra en 1.0
og mjög svipað í 1.2 og 6.

Þegar ölduhæðin var aukin (úr H_I í H_{II} og áfram í H_{III}),
komu í ljós vaxandi skvettur úr öldutoppunum á svæðinu
sem mælihópar 1-6 ná yfir, en fafnframt lækkaði K. Af
þessu er ljóst að orkueyðslan í skvettunum veldur
minnkandi ölduhæð, og K lækkar mest þar sem skvetturnar
byrja fyrst, en það er í horninu nr. 1 og 2 og út
með Korngarði nr. 5. Lengra úti í nr. 6 kemur fyrst
veruleg lökkun þegar hæstu öldurnar eru settar á. Við
Sundabakkann er lökkunin miklu minni. Þessar mæli-
niðurstöður sýna.

a) Mikið frákast í horninu hindrar orkuflutning
inní hornið þegar ölduhæðin er lítil. Öldu-
hæðir eru þá svipaðar milli bakkanna, nema minnstar
við Sundabakka.

b) Þegar ölduhæðin vex byrja skvettur (ágjöf) í
horninu og breiðist síðan út með Kornbakka.
Lægri ölduhæð í horninu, en því sem samsvarar fullu
frákasti, veldur orkuflutningi frá öldunni og inn
í horn.

c) Mikil ölduhæð veldur miklum skvettum á öllu
svæðinu milli bakkanna, nærri öll ölduorkan fer
í að skvetta upp vatni og ölduhæð milli bakkanna
lík því sem er fyrir utan. ($K = 1.0$)

Þessar mæliniðurstöður eru túlkaðar á þann veg að skvetturnar í líkaninu séu hliðstæðar ágjöfinni í náttúrunni. Lækkað K er að sjálfsögðu ekki hægt að nota sem mælikvarða á auknar skvettur þar sem K lækkar einnig ef betra skjól er skapað.

Prófanir sem gerðar voru með aðrar áttir staðfestu þá mynd sem fengist hafði af eðli ágjafarinnar. Þegar stefnunni var snúið í 90° og 77° minnkuðu skvetturnar nema við Korngarð þar sem skvettur héldust svipaðar.

Allar stefnur voru prófaðar í SH '73, $T=3.8$, H_I og kemur nær einhliða lökkun á öllum K-gildum við snúning nema í 5 (Korngarður) og lítil lökkun í 2. Skvettur voru mjög litlar nema lítilsháttar við Korngarðinn. Þegar ölduhæð var aukin minnkaði K en skvettur jukust, einkum í 5 og 2. Sjá ljósmyndir 10, 12 og 12-20.

Samanburðartilraunir með mismunandi útgáfur af skjól-görðum voru gerðar með $Az=103$, $T=3.2$ sek. ölduhæð III. Niðurstöður eru sýndar í töflu 3.3. Mismunandi tillögur á myndum 1 og 2. Þær 4 tillögur sem prófaðar voru höfðu allar sameiginlegt að skvettur hurfu nær alveg. Lægstu K gildin eru fyrir G 75 (garður 75 m þvert á ölduna, mynd 1) og G 50+H 25, (mynd 2). G 180 (mynd 1) gefur lakasta raun, en þessi lausn er hvað hagstæðust frá siglingasjónarmiði.

Samanburður á Sh '73, KB og svo görðunum sýnir, að við það að byggja garðana fæst tilsvareandi bót á öldulaginu og áður er fengin með byggingu Kleppsbakka. Ljósmyndir 9-12 og 21-24. Í grófum dráttum má segja að KB lagar ágjöfina á Sundabakka, garðarnir laga líka ágjöfina á Korngarðinn.

Áhrifin af görðunum minnka skjótt þegar öldunni er snúið norður á við. Við $Az=90^\circ$ er ölduhæðin á Kornbakka að nálgast sama gildi og án garðs, (tilraun nr.8 á töflu 3.3) og skvettur byrjaðar í horninu og út með Kornbakka. Við $Az=77^\circ$ voru áhrif garðanna alveg horfin og engin mæling tekin.

Prófanir á hærri tíðni leiddu engar auknar skvettur í ljós. Tafla 3.4 er hliðstæð töflu 3.3 nema sveiflutíminn er 3.8. Notuð er lægri ölduhæð til að fá fram hvar skvettur eru (lægri K-gildi). K-gildin eru svipuð fyrir $Az=103^\circ$, en hærri þegar garðarnir skýla verr, þ.e. fyrir $Az=90^\circ$. Þetta er til samræmis við að lægri innkomin alda gefur minni skvettur en hlutfallslega stærri ölduhæð.

4. Ályktanir af tilraunum.

Með tilraunum þessum hafa verið kannaðir möguleikar á byggingu nýs Kleppsbakka, Sundahöfn og skjólgarðs fyrir austan vindöldu.

Tekið hefur verið tillit til aðstæðna í Sundahöfn og staðkunnugir menn hafðir með í ráðum um prófunarforsendur og tilhögun svo sem kostur er.

Af niðurstöðum þessara athugana má draga eftirfarandi ályktanir.

Í austlægum áttum einkennist öldulag í Sundahöfn af samverkandi áhrifum innkomandi öldu og fráakastaðrar öldu á öllu svæðinu milli bakkanna. Þegar ölduhæð er lítil endurkastast öll aldan og endurkastið hindrar flutning á ölduorku inn í hornið milli bakkanna.

Með vaxandi ölduhæð verða hæstu öldutopparnir krappari en aldan þolin, og skvetta þeir þá vatni upp í loftið sem verður að ágjöf. Ágjöfin vex með vaxandi ölduhæð á innkomandi öldu og þegar ölduhæðin er í hámarki fer nær öll ölduorkan í skvetturnar.

Þegar austanáttin stendur beint upp í hornið er ágjöf á báða garðana, en í norðlægari áttum færast ágjöfin meir á Korngarð.

Við byggingu nýs Kleppsbakka skapast skjól fyrir ágjöfinni í áttinni $Az=103^\circ$. Aðaláhrifin verða við Sundabakka austanverðan, miklu minni við Kornbakka. Ef hinsvegar skjólgarður er byggður lagast líka ágjöfin á Kornbakka. Bestur árangur næst með G50, G75 og G50+H25 en lakastur með G180. G50 og G50+25H verður því að telja hagkvæmustu garðana.

Í norðlægari öldu minnka áhrif skjólgarðanna og eru sem næst horfin er aldan hefur snúist til $Az=77^\circ$ sem er norðlægasta stefna austanöldunnar.

Við byggingu Kleppsbakka skapast mjög gott skjól fyrir austanátt við Kleppsbakkann og austurhluta Sundabakka.

Í norðanátt verður svipað öldulag milli Kleppsbakka og Sundabakka, og nú ríkir milli Sundabakka og Korngarðs í austanátt. Öldurnar eru hinsvegar af þeirri gerð að lítil ágjöf verður nema þegar um er að ræða óveður, sem hvort eð er stöðvar vinnu. Norðanátt er auk þess sjaldgæf miðað við austanátt. Frákastið er hindrað ef Kleppsbakkinn er byggður með fláa undir, en stórt skip sem liggur við bakkann gerir fláann óvirkann með því að endurkasta sjálft öldunni. Við frákastið myndast ókyrrð við Korngarð sem ekki er nú í norðanátt.

Heildarniðurstaða er því sú að ef Kleppsbakki verður byggður verður Sundabakki kyrrara lægi en áður. Korngarður verður hinsvegar aðeins kyrrari í áttum sunnan við austur ($Az 103^\circ$) en við gerð skjólgarða kyrrist einnig við Korngarð og ágjöf minnkar. Þó hverfa því nær áhrif skjólgarða við Korngarð er alda snýst til $Az 77^\circ$. Ef Kleppsbakki verður byggður sem þéttur veggur getur skapast ágjöf og ókyrrð í norðanátt svipað og nú í austanátt, en þá ókyrrð má minnka með gerð opinnar bryggju.

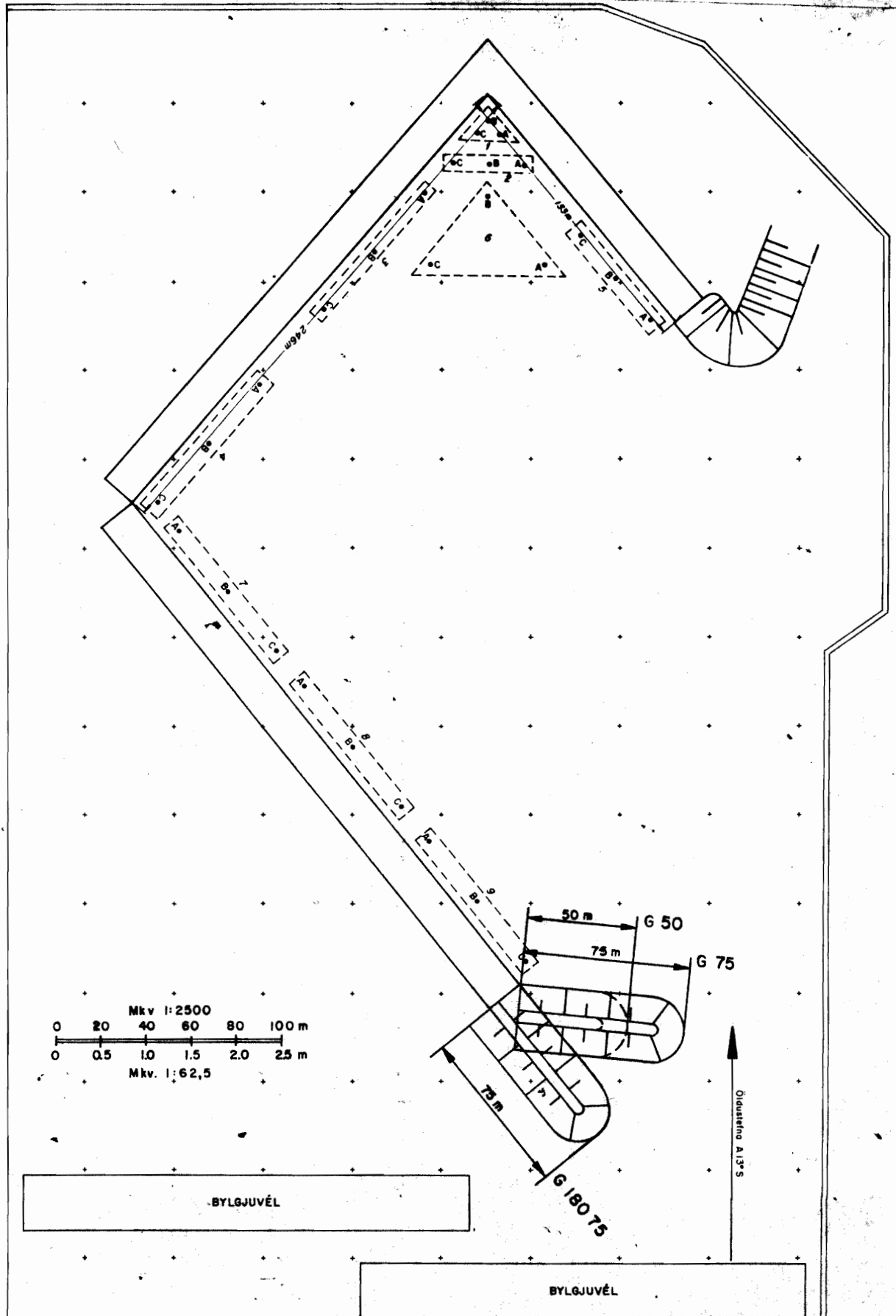
Taka verður fram að ekki er ráðlegt að byggja Kleppsbakka sem þéttan vegg fyrr en kannað hefur verið hvernig áhrif af þeirri framkvæmd verða, þegar vestanöldu leiðir inn sundin utan af hafi. Slík könnun gat ekki farið fram í þessu líkani.



Sundahöfn – Líkantilraun

Gert fyrir Reykjavíkurtöfn

Tilloga nr. I





ORKUSTOFNUN
Straumfræðistöð

Sundahöfn — Líkantilraun

Gert fyrir Reykjavíkurhöfn

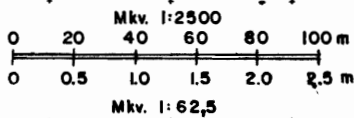
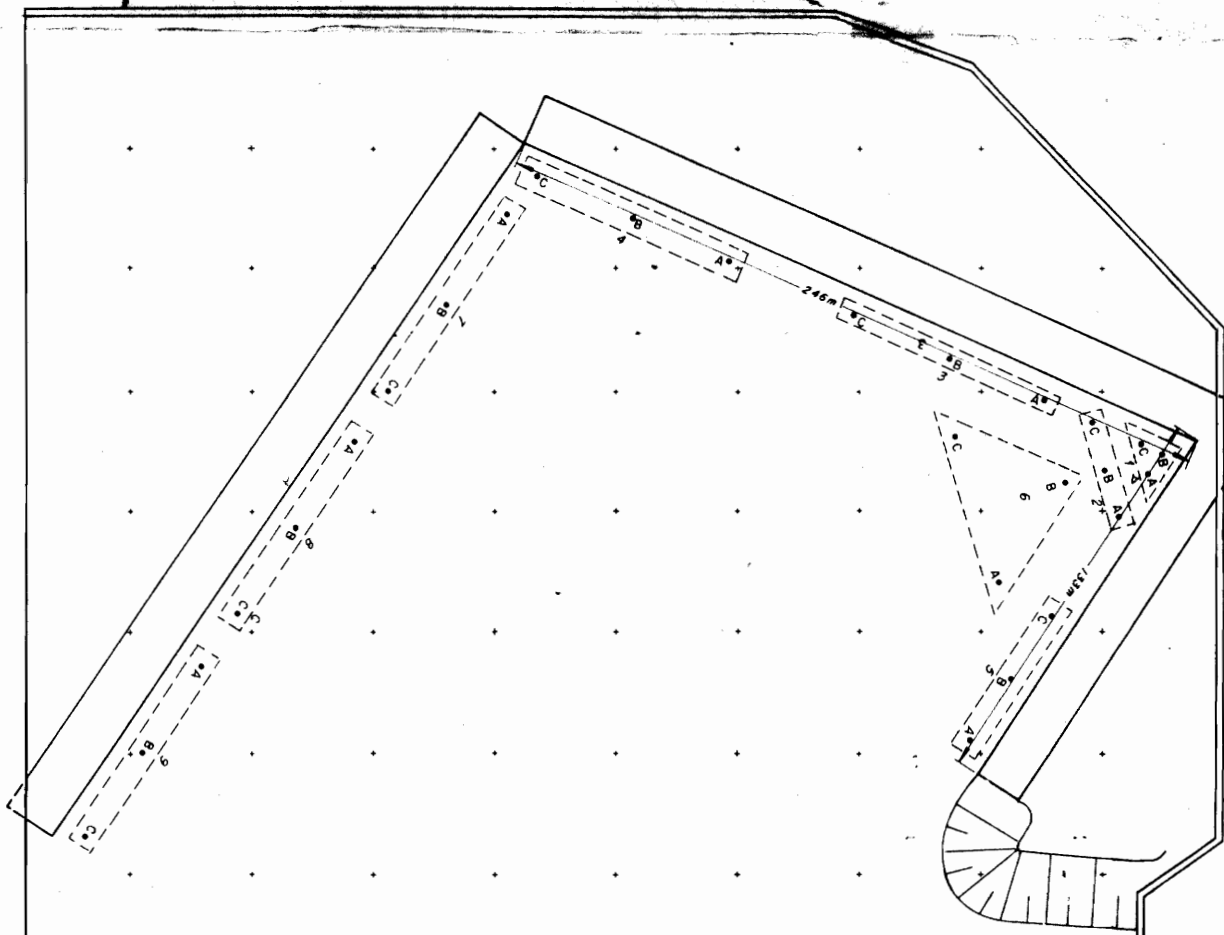
I.2 '74 JE/BE/SL

Tnr. 17

ORS - 4

Fnr. 11563

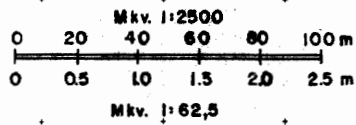
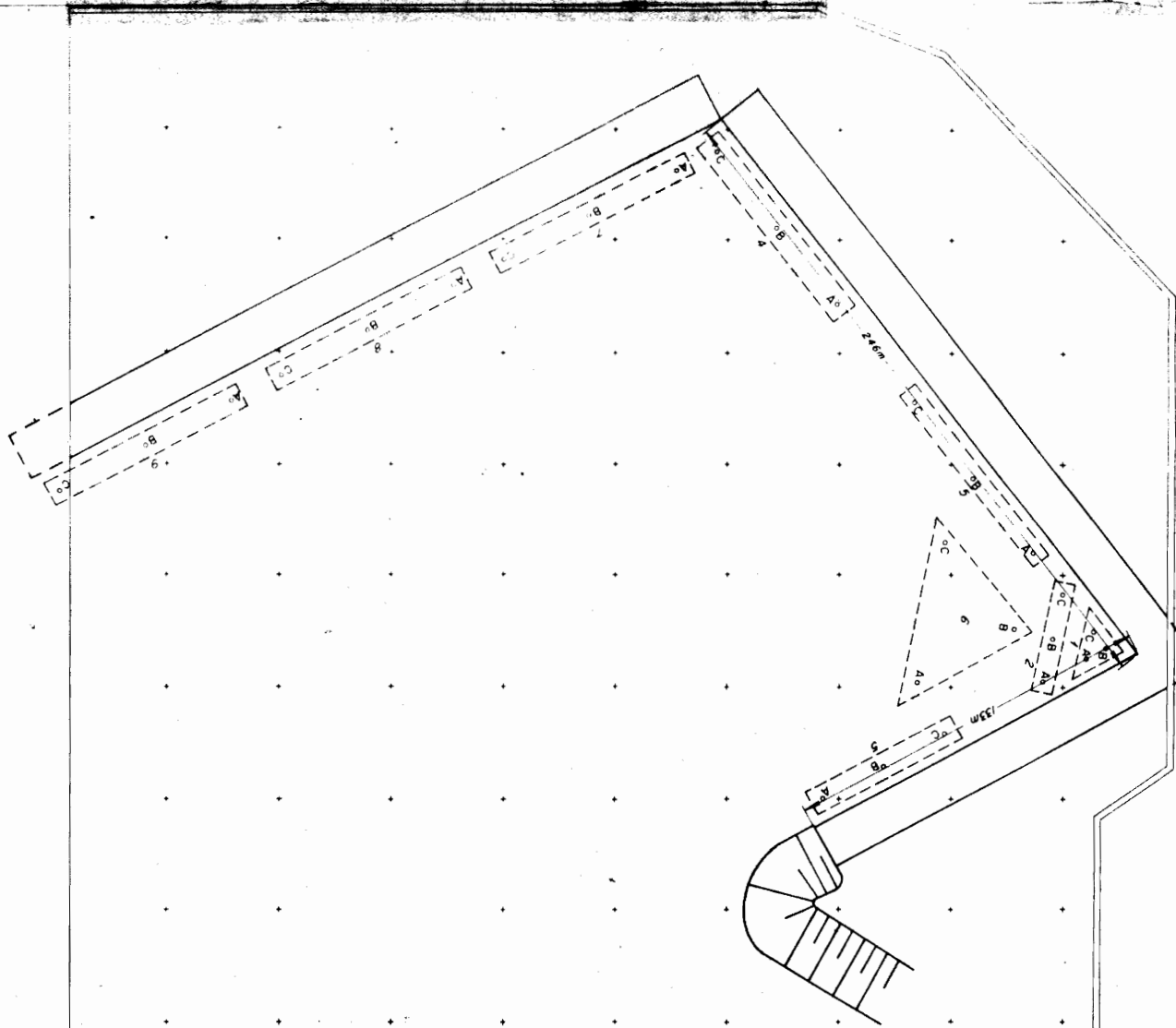
Tillaga nr. 4



↑
Oðustefna N 29° A

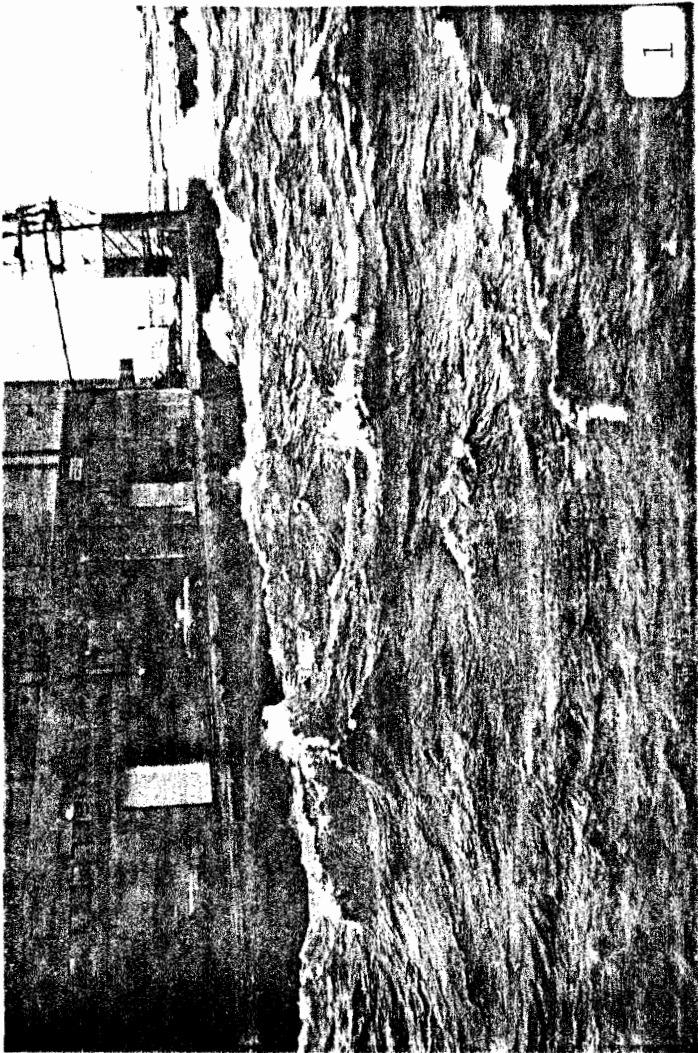
BYLGJUVÉL

BYLGJUVÉL

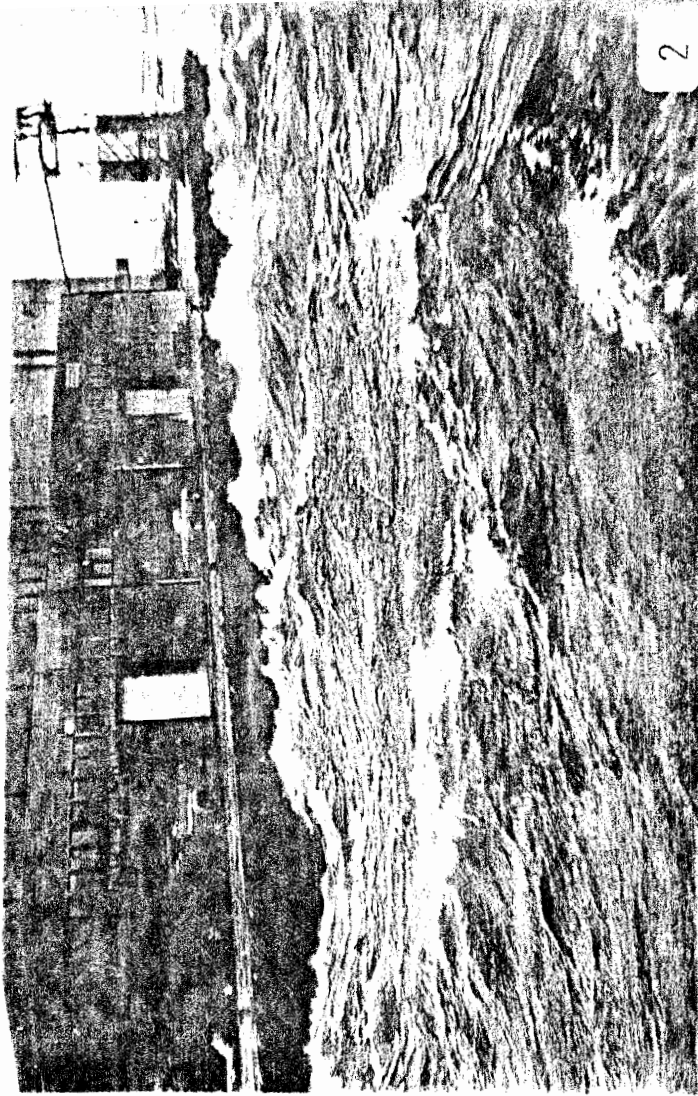


BYLGGJUVÉL

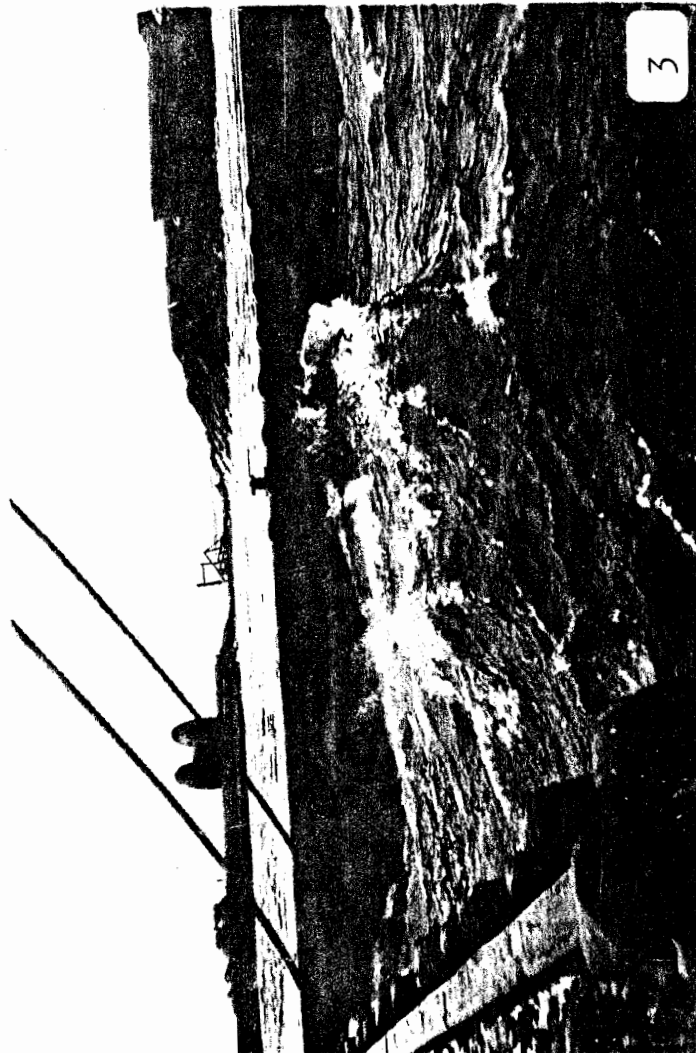
BYLGGJUVÉL



1



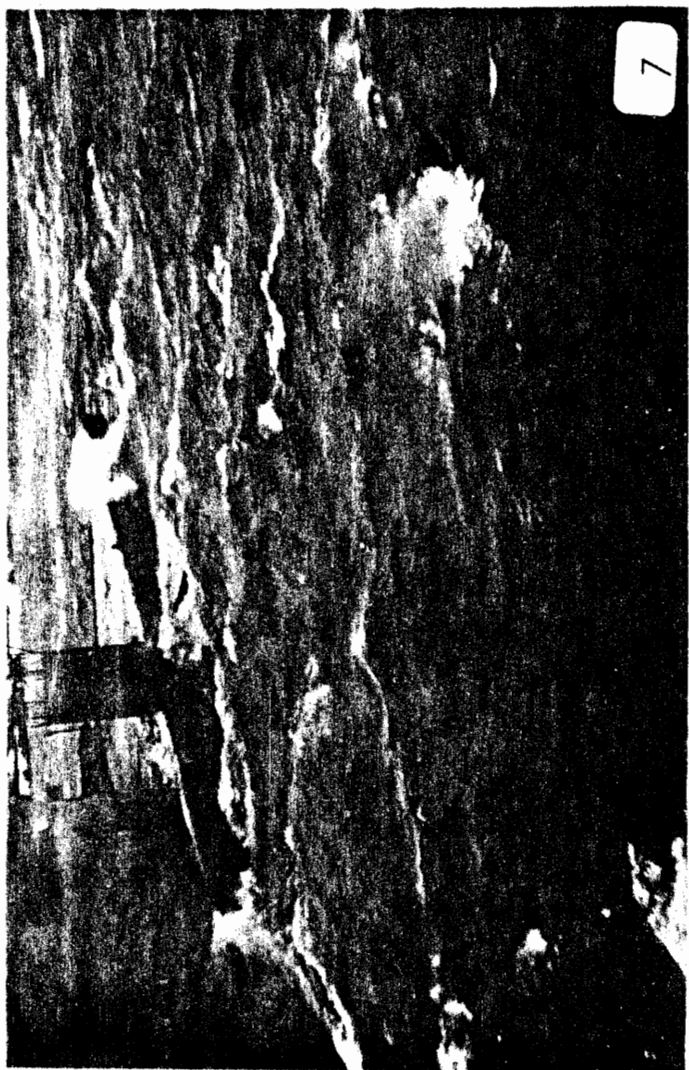
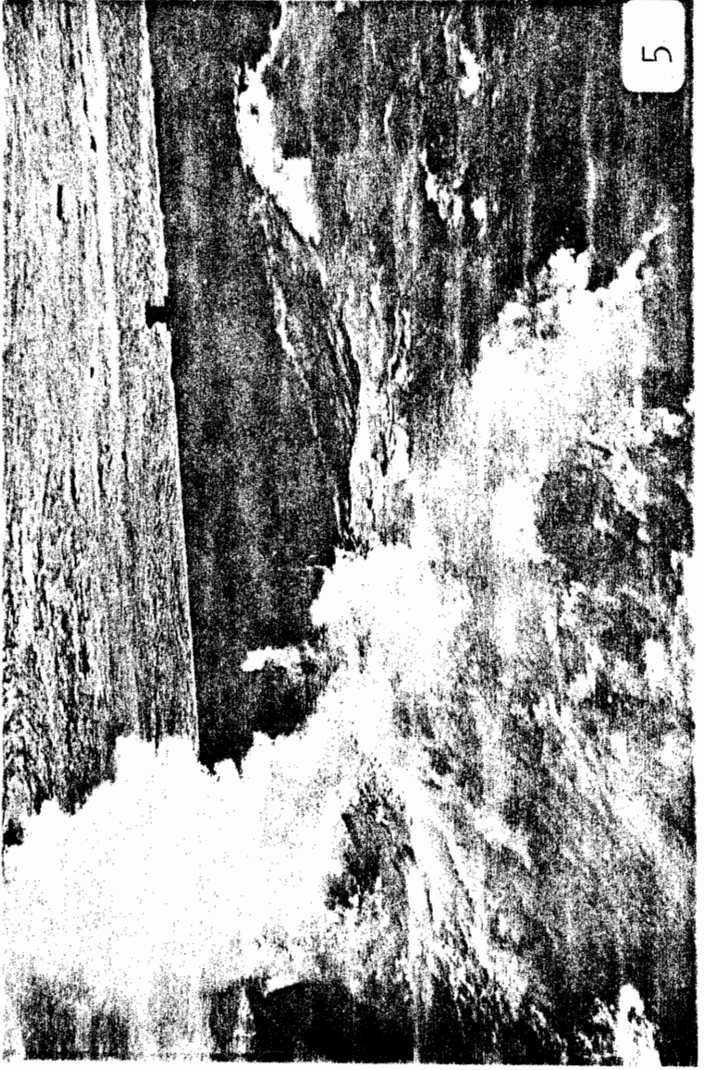
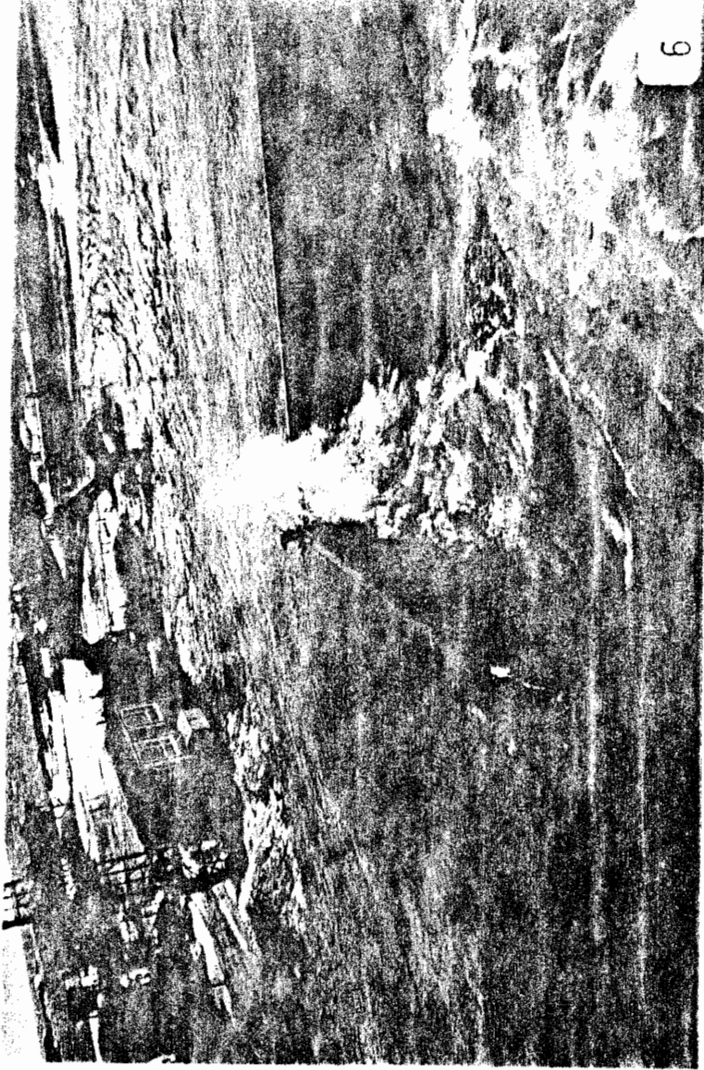
2

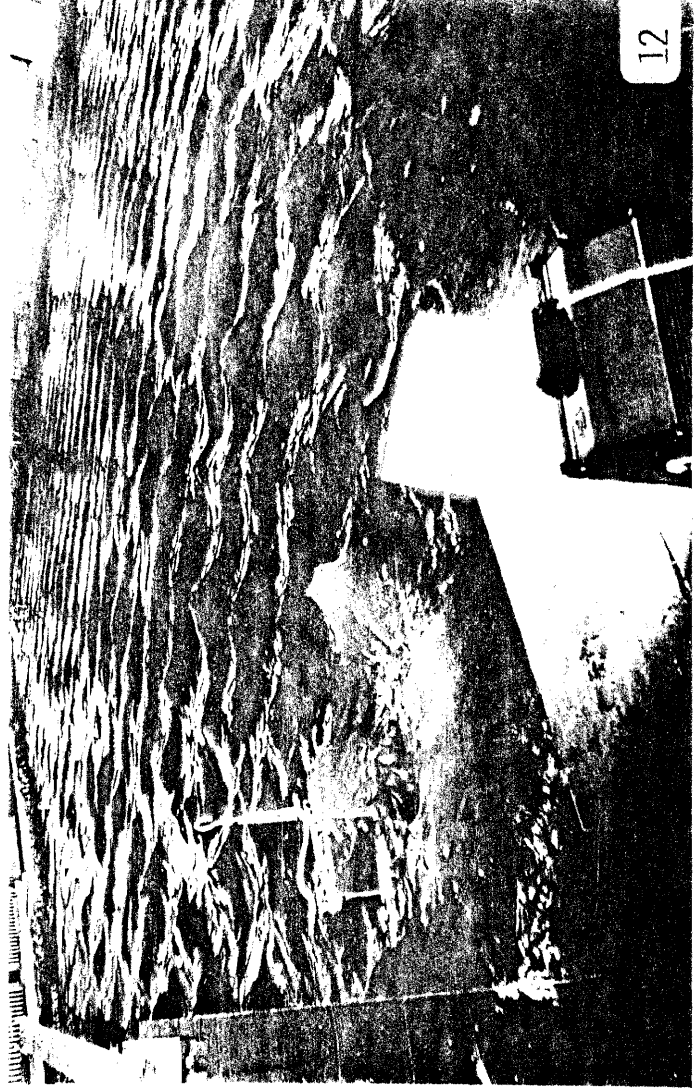
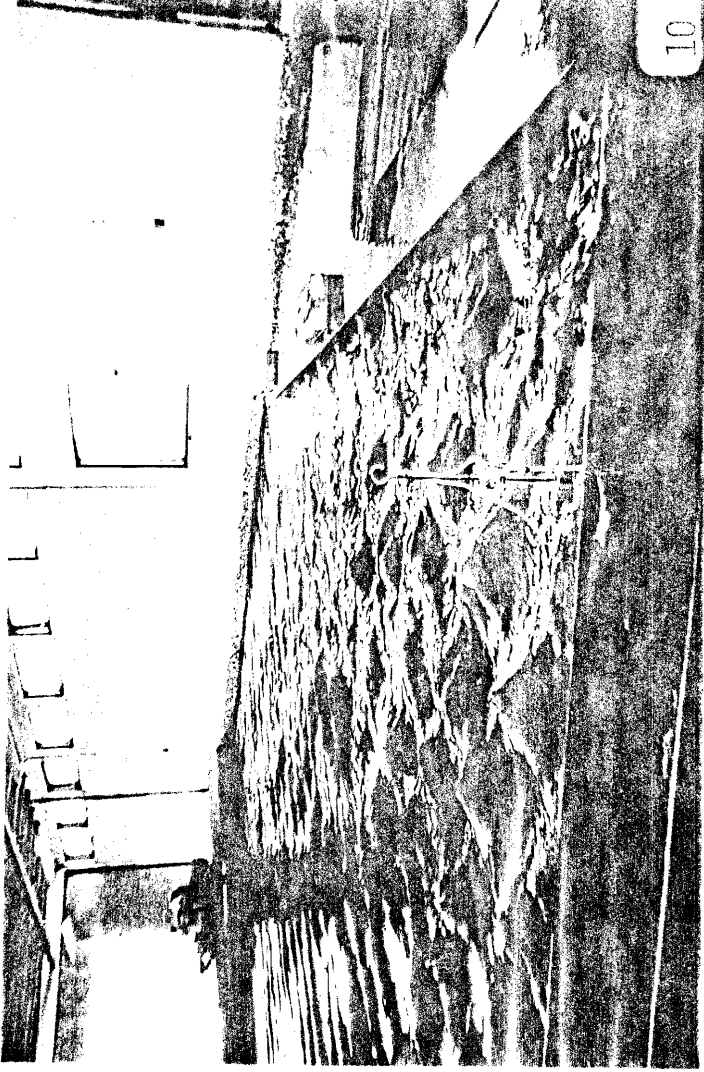


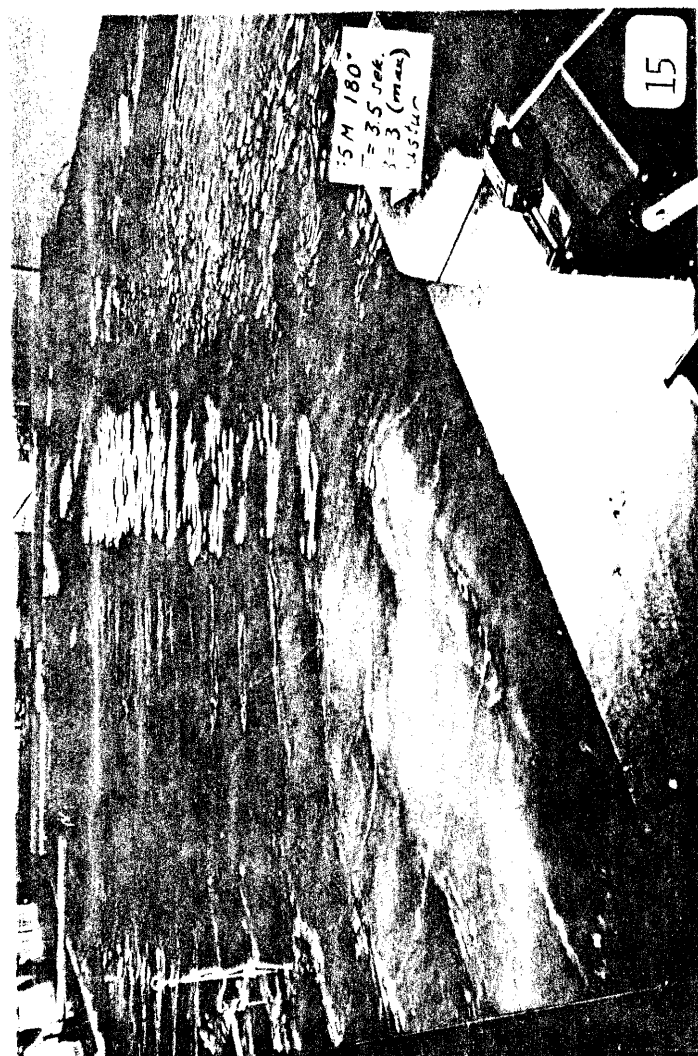
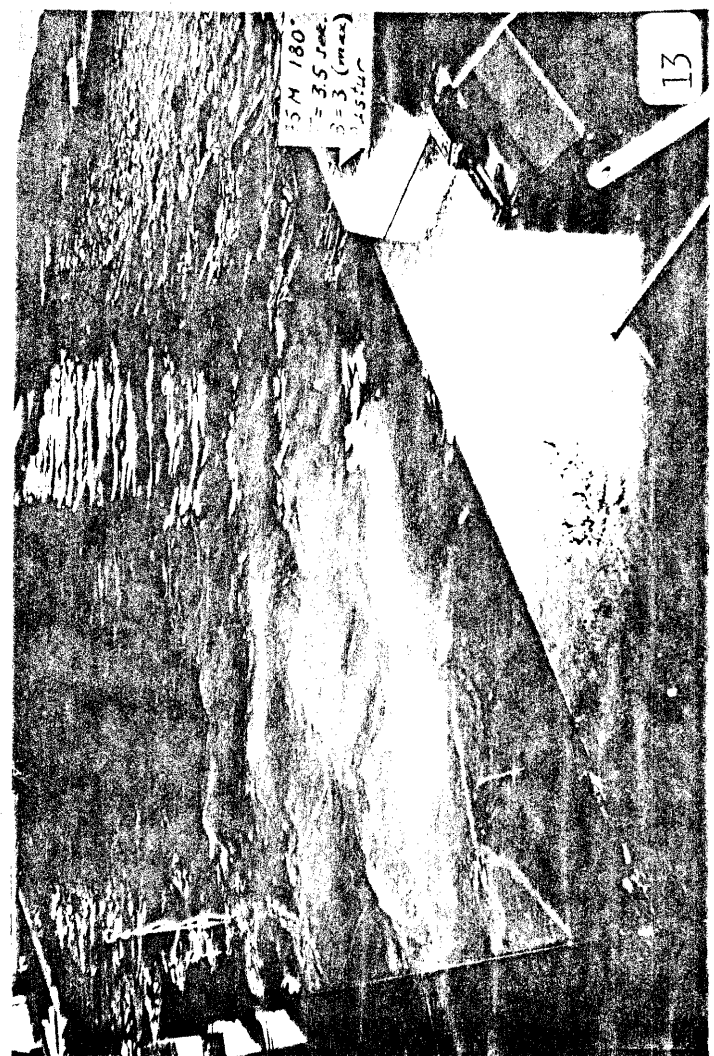
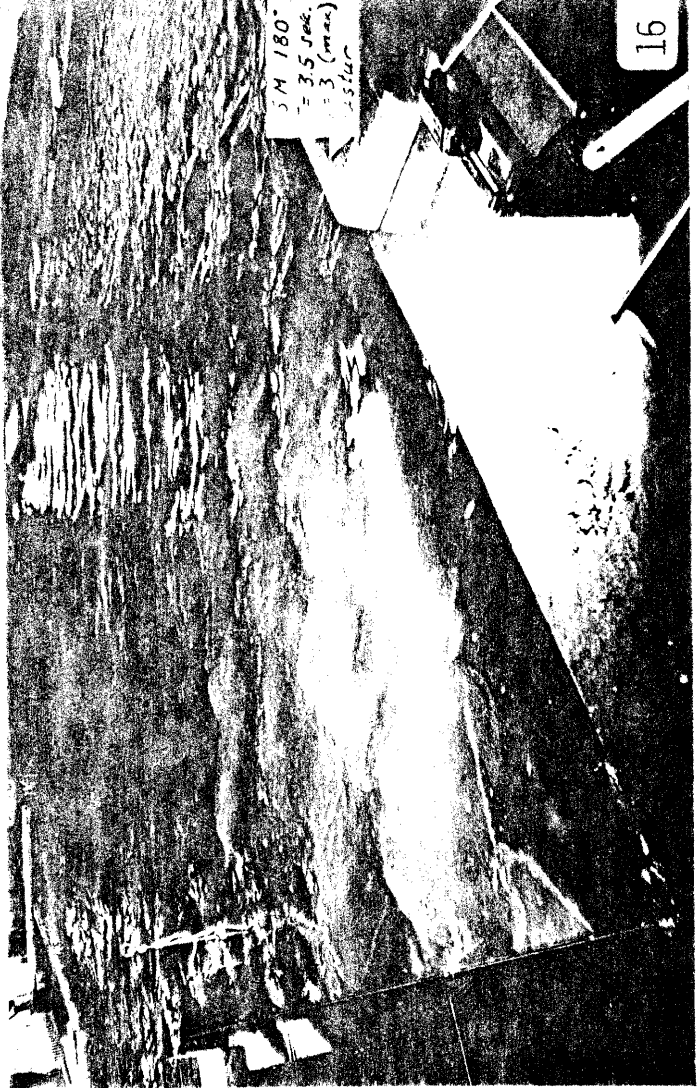
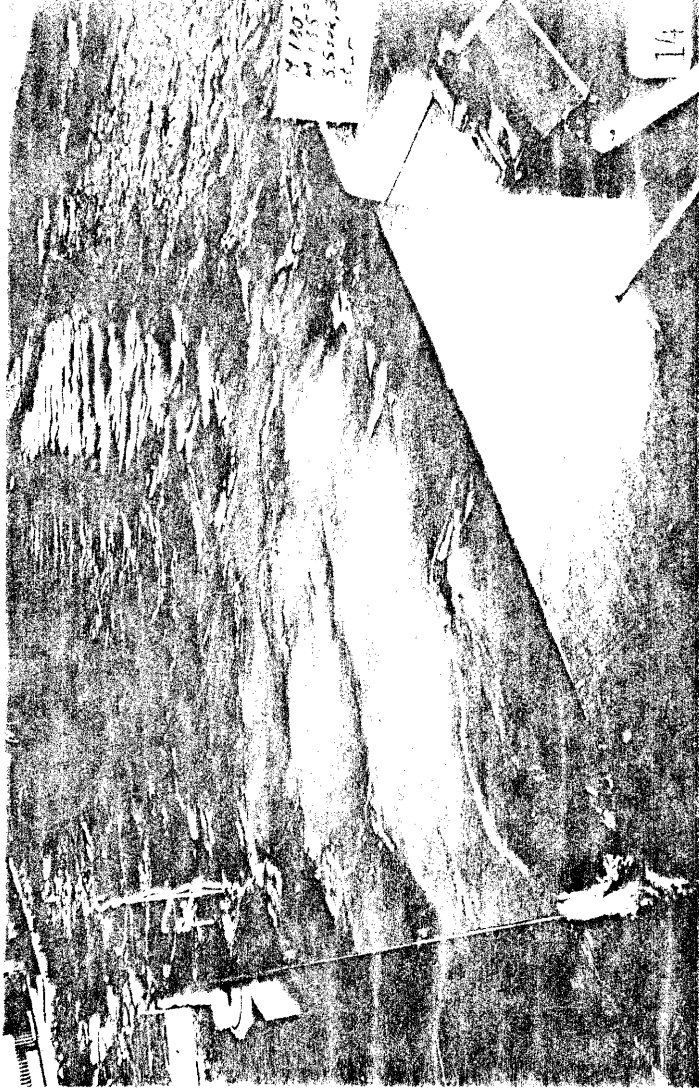
3

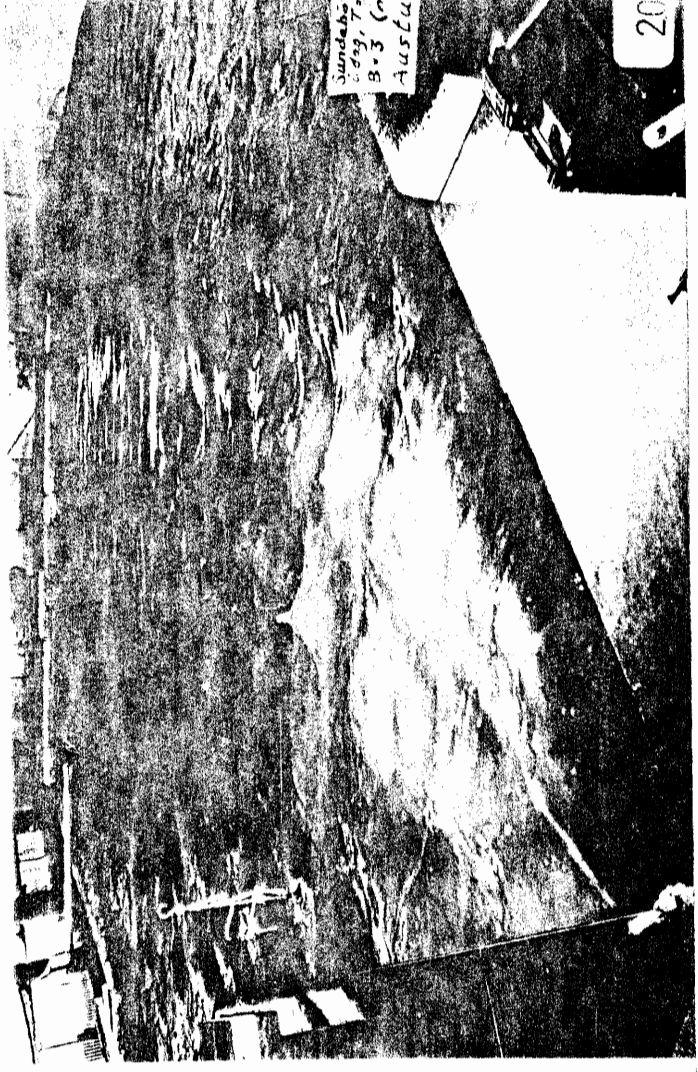
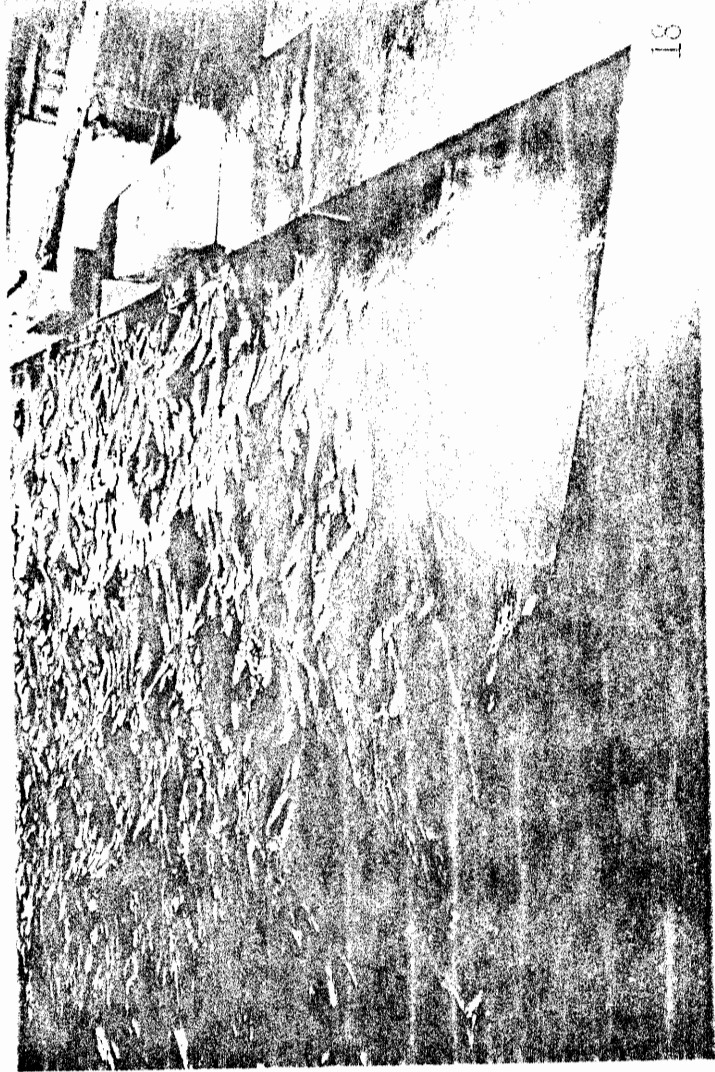


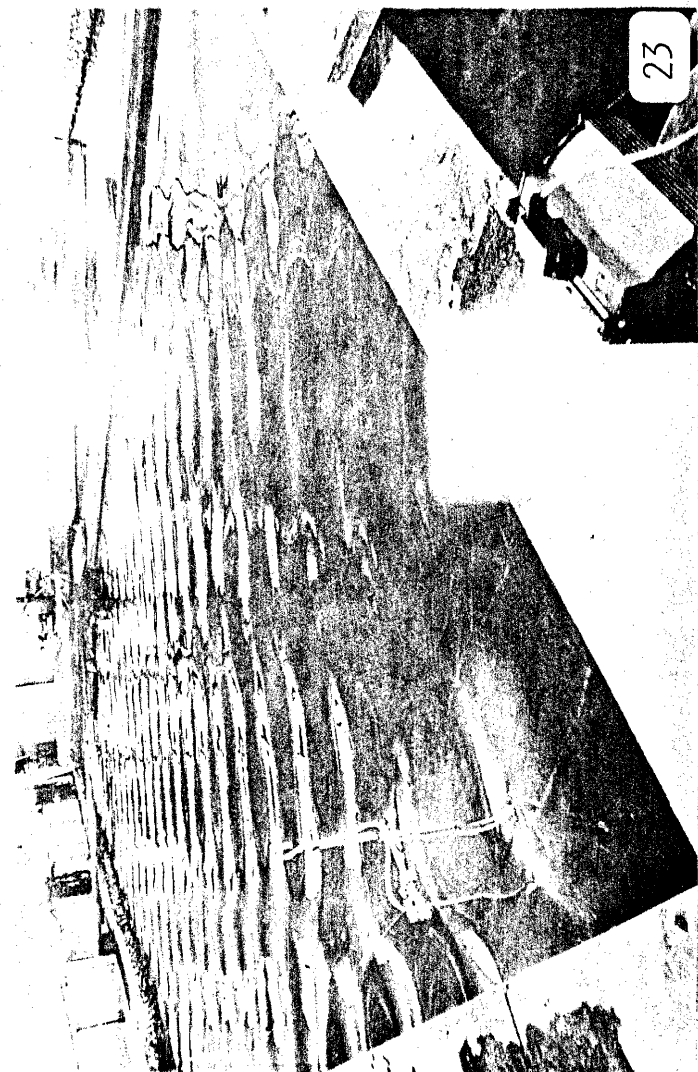
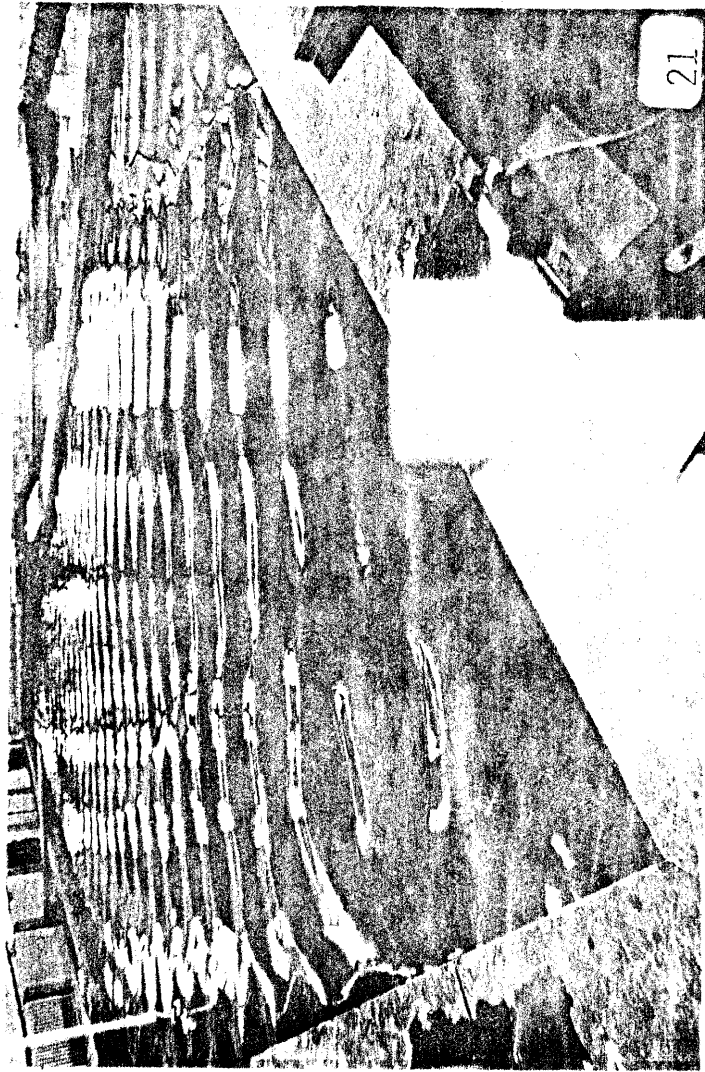
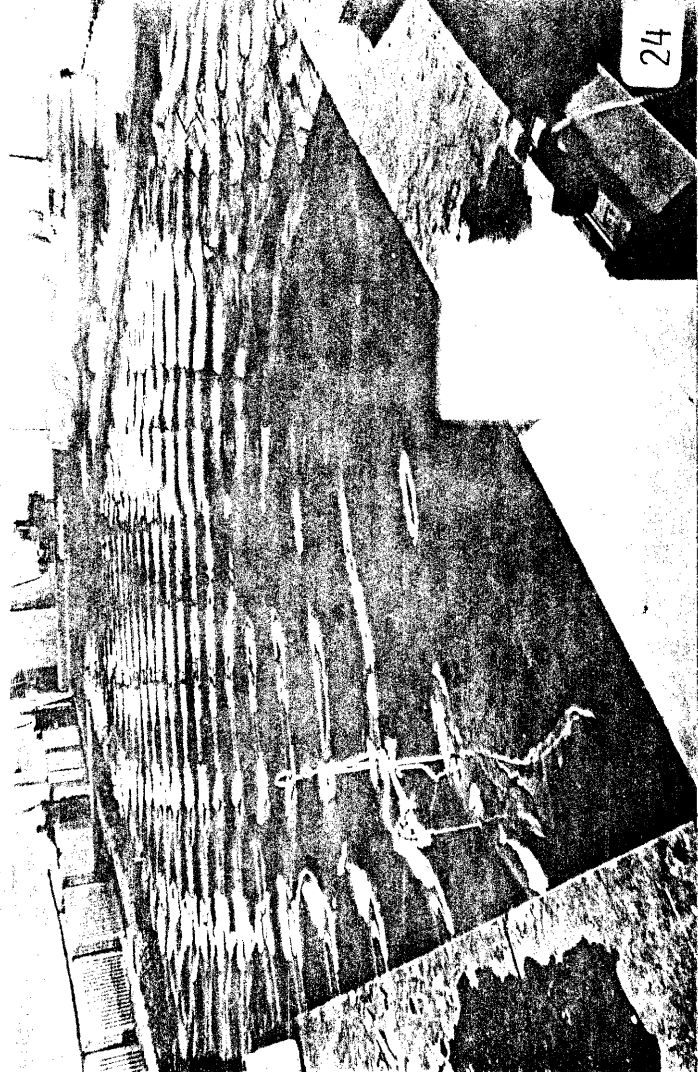
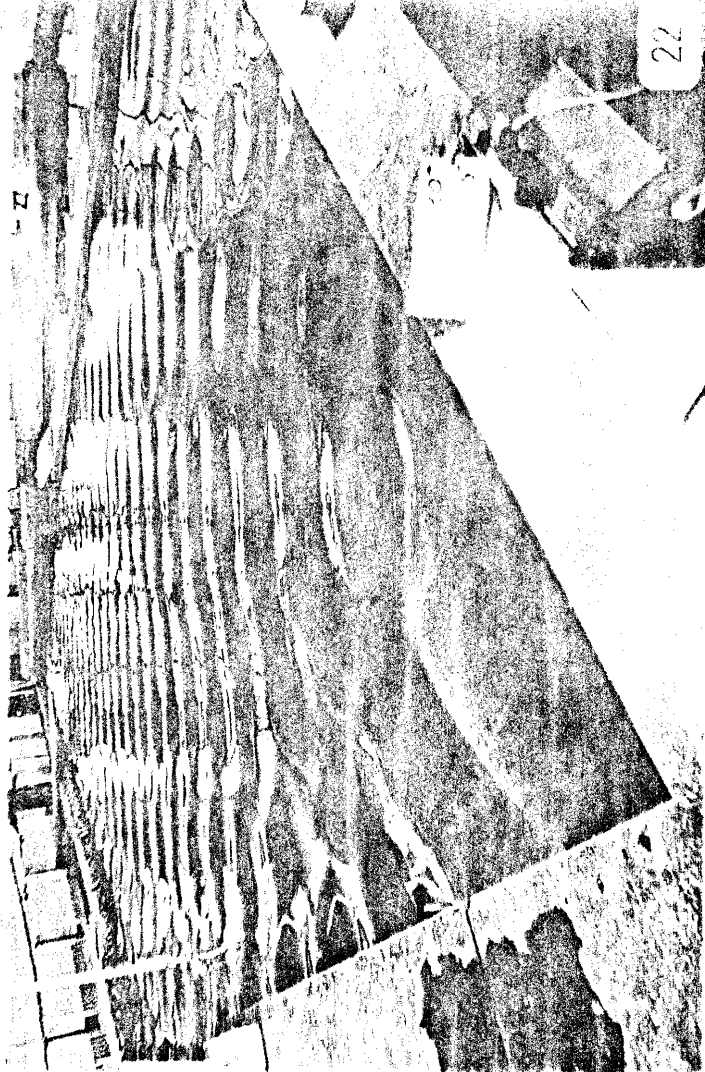
4

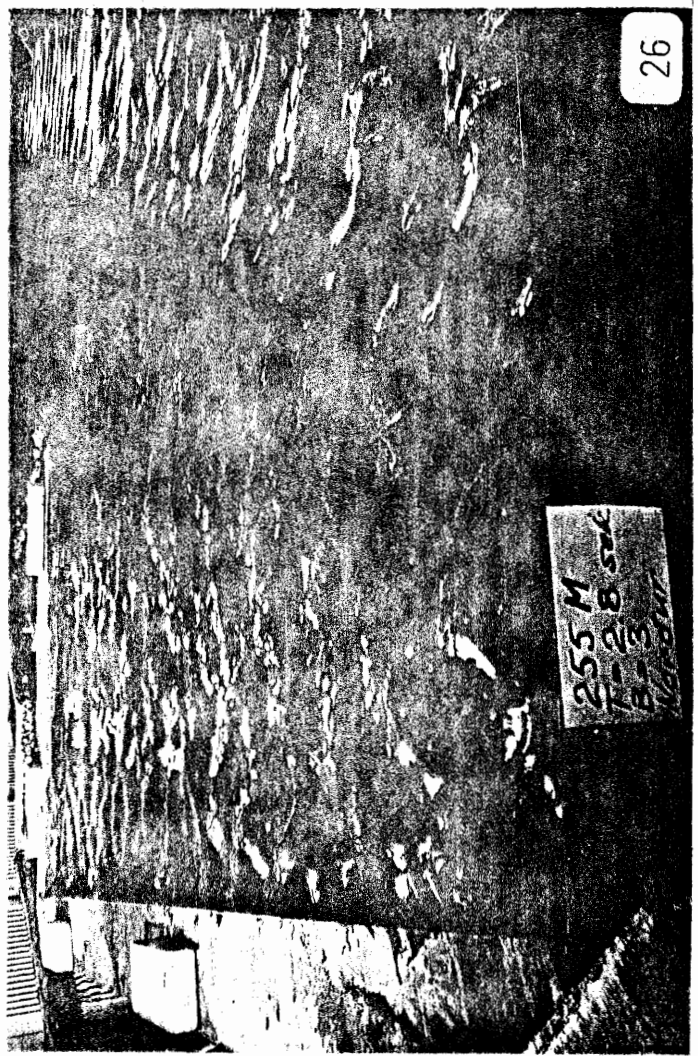
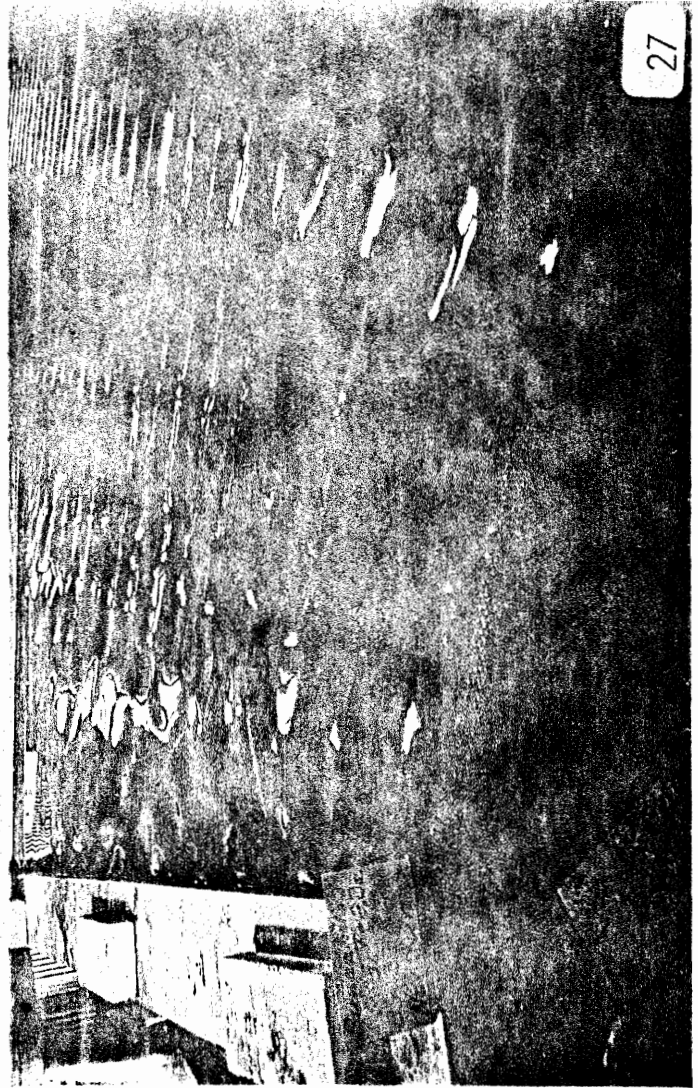














28



29



30



31

Sundehof
C dog, T-2
B-3
N 29°A



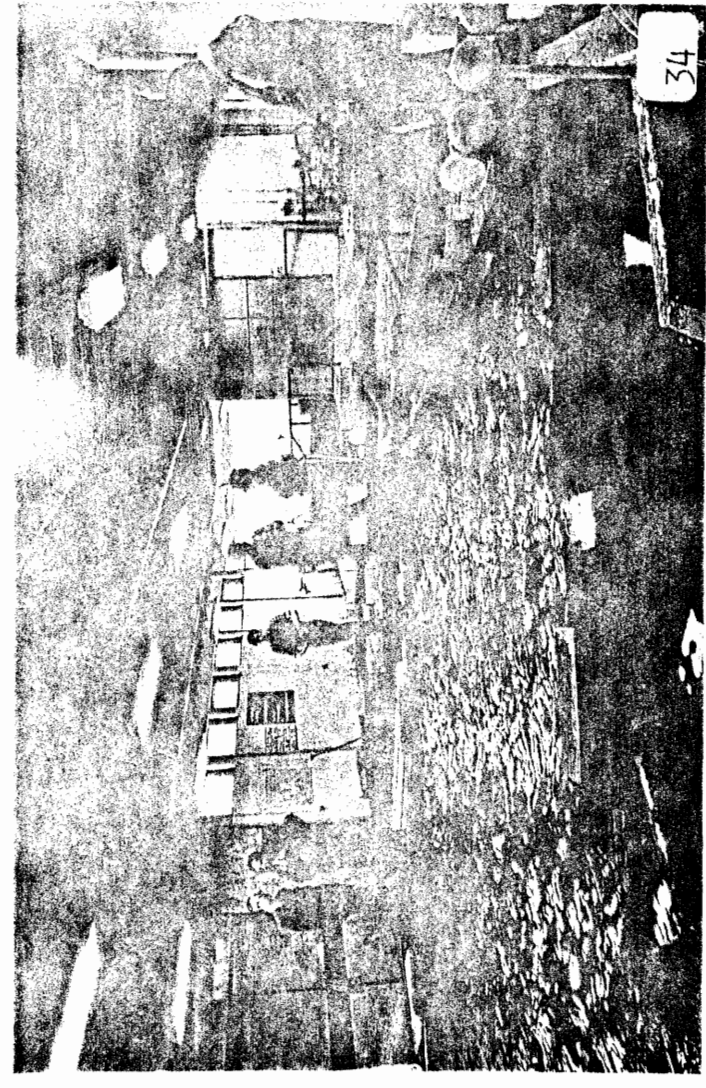
Sands hole
2 day, 1-28
B = 3
N 29°A

32



Sands hole
2 day, 1-28
B = 3
N 29°A

33



34