

**PM nr
233**

SJÖSPRÅNG

Förste statshydrolog Leif Nyberg

SMHI

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut,
oceanografiska avdelningen, Box 923, 601 19 Norrköping. Tel 011-10 80 00

SJÖSPRÅNG

Häftiga rubbningar av vattenståndet kan ibland iakttas på olika platser runt den svenska kusten. Dessa fenomen brukar kallas sjösprång. Deras uppkomst sammanhänger så gott som alltid med på något sätt extrema vädersituationer, främst med avseende på vind- och lufttrycksförhållanden. Termen sjösprång är något vidlyftig och innefattar dels långperiodiska (flera timmar) rörelser av stormflodskaraktär, dels kortperiodiska (5-20 minuter), plötsligt uppkommande vattenståndsväxlingar. Här skall huvudsakligen den kortperiodiska varianten behandlas. Rörelsernas höjdskala kan vara mellan någon decimeter och en å två meter, i enstaka fall ännu större. Fenomenet tycks ofta uppträda utan märkbar (lokal) orsak, vid lugnt och "vackert" väder.

Allmänt om orsaker

Lufttryckets inverkan på vattenståndet märks mest som en rent statisk effekt ("lagen om den omvända barometern"). Som en tumregel kan man räkna med att en ökning (minskning) av lufttrycket med 1 millibar motsvaras av en sänkning (höjning) av vattenståndet med 1 cm. Många har säkert lagt märke till att vattnet i badviken ofta står lågt vid vackert väder (=högtryck) och högt vid blåsigt och ostadigt väder (=lågtryck). Sådana rörelser är i regel långsamma och odramatiska och kan inte betecknas som sjösprång. Däremot är de mera dynamiska effekter, som uppkommer då en lufttrycksstörning (t ex ett lågtryck eller en kallfront) rör sig över ett havsområde, av stor betydelse för uppkomsten av sjösprång. Ett exempel på sjösprång visas i figur 1. De snabba

rörelserna (period 10-12 minuter) och dessas plötsliga början är typiska. Detta sjösprång orsakades av en åskfront, som passerade över södra Östersjön (ref 1).

Vinden inverkar genom sin friktion mot vattenytan så att denna snedställs; vattenståndet stiger vid pålandsvind och sjunker vid frånlandsvind. Sådana rörelser är i allmänhet små, men kan bli betydande i samband med hårda vindar och djupa lågtryck, då också lufttryckseffekterna är stora. Ett exempel på en sådan stormflod visas i figur 2. Vid detta tillfälle passerade ett kraftigt oväder över södra Sverige; vinden nådde tidvis orkanstyrka (ref 2). Detta fenomen är uppenbarligen av annan karaktär än det i figur 1.

Långa och korta vågor

För en våg, som fortplantar sig på havsytan, gäller allmänt att

$$c^2 = \frac{g\lambda}{2\pi} \cdot \operatorname{tgh} \frac{2\pi h}{\lambda} \quad (1)$$

där c = vågens fashastighet ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

g = jordaccelerationen ($\approx 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)

λ = våglängden (m)

och h = vattendjupet (m)

För s k korta vågor (vindsjö, dyning), där $\lambda < 2h$, är $\operatorname{tgh} \frac{2\pi h}{\lambda} \approx 1$, och hastigheten beror enbart av våglängden:

$$c^2 = \frac{g\lambda}{2\pi} \quad (2)$$

För långa vågor, där $\lambda \gg h$ gäller approximativt att $\operatorname{tgh} \frac{2\pi h}{\lambda} = \frac{2\pi h}{\lambda}$, och hastigheten beror enbart av

djupet:

$$c^2 = gh \quad (3)$$

Sjösprång, jämte tidvatten och seicher, har karaktären av långa vågor. (Seicher kallas de fria egensvängningar eller stående vågor, som ofta uppträder i sjöar, vikar och havsbassänger).

Vågor kan också karaktäriseras genom sin period. Vindvågor och dyning har perioder av storleksordningen 5-30 sekunder, tidvatten ca 12 timmar. Dessa typer av vågor är allmänt sett betydligt vanligare än sådana i det mellanliggande registret. Munk (ref 3) anger att den genomsnittliga energinivån för vågor med perioder mellan några minuter och några timmar ligger flera tiopotenser lägre än för vågor med både lägre och högre frekvens. Inom detta mellanregister återfinns bland annat sjösprång.

Tsunamis

De fruktade katastrofvågor (jap. tsunami), som då och då uppträder i Stilla Havet, har principiellt mycket gemensamt med sjösprång. Tsunamis är dock betydligt kraftigare fenomen, och de orsakas i allmänhet inte heller av meteorologiska skeenden. De genereras vanligen av jordbävningar på havsbotten, varvid i ett typiskt fall en grupp långa vågor utbreder sig i alla riktningar från jordbävningsområdet. Eftersom havsdjupet i Stilla Havet är stort (4 000 - 5 000 m), blir dessa vågors hastighet mycket hög, av storleksordningen $200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Våglängden blir också betydande, ett par hundra kilometer. Vågornas period är av liknande storleksordning i olika fall, ca 10-30 minuter. (Detta överensstämmer anmärkningsvärt väl med perioden för de sjösprång, som iakttagits i Sverige). Våghöjden är troligen obetydlig (högst någon meter) ute på fritt vatten, men när vågorna närmar sig land, uppkommer en stort "bränningsfenomen". När vattendjupet minskar, minskar också vågens hastighet och längd, varvid vågen så att säga hinner ifatt sig själv och kan torna upp sig till ansevärd höjd, ibland tio meter eller mer. (Samma effekt kan i princip iakttas vid en långgrund havsstrand. Dyrning, som kan vara så lång och låg att den knappt syns längre ut, tornar upp sig och bryter när den kommit in på grunt vatten). Ett exempel på vattenståndsvariationer i samband med en tsunami visas

i figur 3. Orsaken var en jordbävning på havsbotten utanför västra Alaska, ca 13 000 km nordväst om Valparaiso. Stor förödelse anställdes i Alaska och på Hawaii, där vågorna var över 10 m höga.

Seebären, gust bumps

Vid södra kusten av Nordsjön förekommer några gånger per år ett med sjösprång besläktat fenomen (ty. Seebär, eng. gust bump). Flera beskrivningar finns i litteraturen, t ex ref 5. En "Seebär" skiljer sig från sjösprång av den typ som visats i figur 1 genom att oftast bara en verkligt utpräglad våg förekommer. Skillnaden mellan hög- och lågvatten är vanligen 50-100 cm, rörelsens period omkring en timme. Orsakerna till fenomenet är utan tvekan av meteorologisk art. Timmerman (ref 6) studerade 20 fall av "gust bumps" på holländska kusten under åren 1956-1968. Han fann i samtliga fall orsaken vara att en kallfront med ungefär kustparallell sträckning rört sig sydostvart in mot kusten. Uppskattningar av fronternas hastigheter vid passerandet av södra Nordsjön gav till resultat att dessa låg inom ett ganska snävt intervall, 29-36 knop, med 30-32 knop som oftast förekommande. Timmerman studerade även 6 fall med samma typ av frontpassage, men där hastigheten låg utanför intervallet 29-36 knop. Inga "gust bumps" observerades vid dessa tillfällen.

Enligt Timmerman genereras en utpräglad "gust bump" på följande sätt. Beroende på vindens konvergens vid en front uppkommer en liten vattenståndshöjning. Denna störning fortplantar sig som en lång våg med hastigheten $\sqrt{gh}$. Med de i södra Nordsjön aktuella djupen är denna hastighet omkring 32 knop (motsvarande $h = 28$ m). Om fronten rör sig med ungefär samma hastighet, förstärks vattenståndshöjningen undan för undan genom resonans. Om frontens hastighet är väsentligt olik $\sqrt{gh}$, fås ingen resonans och inte heller någon utpräglad effekt på vattenståndet.

Det är värt att notera, att de i figur 1 och 2 visade rörelserna vid Ystad inträffade endast en kort tid efter två av de av Timmerman undersökta fallen. Samma vädersystem orsakade alltså vattenståndsstörningar på olika platser.

Sjösprång, beskrivningar m m

Renqvist (ref 7) beskriver ett sjösprång som uppträdde den 15 maj 1924 i södra Finland. Iakttagelser gjordes vid ett 25-tal platser, från Jungfruskär i väster till Porkala Rönnskär i öster. Maximala vattenståndsskillnader var ca 1,2 m och rörelsernas period varierade mellan 5 och 15 minuter. Åskväder iakttogs på flertalet platser eller i dessas närhet; häftiga vindbyar förekom här och var. Renqvist refererar även ett antal historiska iakttagelser runt Östersjöns kuster, de flesta från 1800-talet.

Den 22 maj 1979 iakttogs sjösprång på flera platser utmed den svenska kusten, huvudsakligen i Bottenhavet (ref 8). Även på den finska sidan iakttogs störningar (material från de finska mareograferna föreligger i skrivande stund ännu inte). Väderläget var inte särskilt dramatiskt, inga hårda vindar eller utpräglade fronter förekom. Däremot iakttogs lokala åskväder vid svenska kusten. Området med åska rörde sig ungefär från Blekinge till sydvästra Bottenhavet under dygnets första hälft. En sammanfattning av observerade vattenståndsstörningar ges i följande tabell. Några platser med vattenstandsregistrering, där ingen störning märktes, har också tagits med (markerade med --).

Tabell. Iakttagelser av sjösprång den 22 maj 1979
(se även karta, figur 4)

Plats	Tidpunkt för sjösprångets början	Max skillnad hög-lågvatten, cm	period, minuter
Marviken	--		
Gustaf Dalén	--		
Oxelösund	0200	10	ca 20
Landsort	0830	7	ca 30
Grundkallen	--		
Forsmark	1100	12	20
Kuggören	1145	123	12
Spikarna	1200 ca	30	ca 20
Gaviksfjärden	1030?	40	10
Sydostbrotten	1300	15	ca 15
Ratan	1430	15	ca 15
Furuögrund	1600 ca	10	ca 10
Kalix	--		

Störningarna varade i allmänhet 5-10 timmar. Den extrema amplituden i Kuggörens hamn torde främst sammanhånga med den lokala bottentopografin, som på något sätt varit gynnsam ur resonanssynpunkt. Möjligen kan också den av vädret orsakade vattenståndsstörningen ha varit särskilt utpräglad i detta område; den närbelägna pegeln vid Spikarna uppvisar ju också en relativt stor amplitud.

Vid Kallerö i Kallrigafjärden (Öregrundsgrepen) har SMHI drivit en pegelstation under åren 1970-75. Eftersom egenperioden för Kallrigafjärden kan uppskattas till något mellan 10 och 20 minuter, skulle man kunna vänta sig att sjösprång ibland uppträdde här. En genomgång av pegeldiagrammen gav inte ett enda fall av kortperiodiga sjösprång. Vid några tillfällen förekom relativt stora vattenrörelser med omkring 2 timmars period. Denna periodlängd förefaller vara knuten till en seiche i hela Öregrundsgrepen.

Det kan tyckas egendomligt och påfallande att sjösprång och tsunamis, som är av så olika storleksordning beträffande energi och våghastighet, ändå har perioder som är så lika. Någon fysikalisk förklaring till detta finns inte, utan likheten verkar mera bero på en slump.

Bland teoretiska uppsatser som behandlar liknande problem, dvs vågors utbredning från en lokalt begränsad störning, kan nämnas ref 9, 10 och 11. De matematiska svårigheterna vid lösning av detta s k Cauchy-Poisson's problem är relativt stora. De lösningar som ges i de nämnda uppsatserna gäller i allmänhet för mycket stort vattendjup, alltså för korta eller intermediära vågor (ekv (2) resp (1) ovan sid 2). I ref 10 visas t ex såväl observationer som en tillhörande teoretisk lösning, där vågorna har en period av 30-100 sekunder. Dessa vågor uppträdde i åtskilda grupper, med ca 20-30 minuter mellan amplitudmaxima.

Munk (ref 3) beskriver s k "shelf waves", som närmast kan liknas vid seicher i kustzonen, med vågrörelseriktningen ungefär vinkelrät mot kusten. Dessa kan ha perioder mellan några minuter och några timmar, beroende på kust- och botten-topografi. Perioden kan uppskattas med hjälp av uttrycket

$$\tau = \frac{4}{\sqrt{gh}} L \quad (4)$$

där τ är vågperioden och L och h är lämpliga värden på shelfens bredd respektive djup. Det är troligt att rörelser av denna typ kan ha inflytande på sjösprängens period.

Slutsatser (delvis hypotetiska)

Väderstörningar av typ åskmoln, åskfronter eller kallfronter med vindkonvergens är den grundläggande orsaken till sjösprängens uppkomst. Det är dock inte nödvändigt att vinden är särskilt hård. För att sjösprånget skall nå nämnvärd intensitet fordras att väderstörningen rör sig över havet med en hastighet nära $= \sqrt{gh}$ (se ref 6), så att den tillhörande vattenståndsstörningen förstöras genom resonans. Det mera exakta orsakssammanhanget är dock tyvärr oklart.

Vid stora amplituder är säkerligen lokala resonansfenomen betydelsefulla, t ex om egenperioder hos vikar o d överensstämmer nära med sjösprångets period. Vissa havsområden med relativt jämn botten och djup på ett par tiotal meter verkar vara gynnsamt disponerade för uppkomsten av sjösprång, t ex södra Östersjön (Ystad). En närmare undersökning av sjösprång vid Ystad med tillhörande väderlägen vore intressant.

Sjösprång med upp till några få decimeters höjdskillnad tycks kunna förekomma med en typisk frekvens av några gånger per år. Mera dramatiska språng, med höjdskillnad uppåt en meter eller mer, förekommer ganska sällan, med flera års mellanrum. Sjösprång förekommer säkerligen oftare än man med ledning av rapporterade iakttagelser skulle kunna tro. Då ingen synbar lokal orsak till fenomenet finns, verkar detta mystiskt och tilldrar sig stor uppmärksamhet. Orsaken är i sådana fall knuten till någon tämligen avlägsen väderstörning. Vid stormigt väder kan ofta tämligen stora vattenståndsstörningar iakttas, men dessa förefaller då mera "naturliga" och väcker ingen större förundran.

Vid en bedömning av i vilken grad sjösprång kan utgöra en fara för sjöfarten bör följande beaktas:

I hamnar och vikar kan uppenbarligen vissa olägenheter förekomma; se t ex vad som nämnts ovan om Ystad och Kuggören. Hur stora vattenståndsvariationer, som i liknande fall samtidigt kan förekomma på något avstånd från land, kan för närvarande inte anges. Observationsmaterial finns huvudsakligen från kustlägen och inte från platser till sjöss. Vill man klarlägga risken för stora vattenståndsvariationer i farleder, måste särskilda mätningar göras.

Stark ström kan förekomma i trånga passager, om stora vattenmängder snabbt skall transporteras fram och tillbaka i samband med ett eventuellt sjösprång. Fenomenet tycks under "gynnsamma" omständigheter kunna uppträda i stort sett var som helst längs svenska kusten, och det är för närvarande omöjligt att förutsäga.

Denna översikt rörande vad som är känt om sjösprång och deras orsaker lämnar tyvärr flera frågor obesvarade. Särskilda mätningar, jämte en grundlig genomgång av befintliga data, torde behövas för att öka kunskapen och förståelsen beträffande sjösprångs-fenomenet.

Referenser

1. SMHI, månadsöversikt över väderlek och vattentillgång, juli 1959
2. D:o, oktober 1967
3. Munk: Long ocean waves. Kap. 18 i The Sea, vol 1. John Wiley & Sons, New York 1962
4. Defant: Physical Oceanography, vol 2. Pergamon Press 1961
5. Gaye & Walther: Der "Seebär" vom 19. August 1932 in der Deutschen Bucht der Nordsee. Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie 1934-VIII
6. Timmerman: On the connection between cold fronts and gust bumps. Deutsche Hydr. Zeitschr. 24:4 (1971)
7. Rengvist: Ein Seebär in Finnland. Geogr. Annaler 1926
8. Hudiksvalls-Tidningen, 26 maj 1979
9. Noda: Water waves generated by a local surface disturbance. J. Geophys. Res. 76:30 (1971)
10. Unoki & Nakano: On the Cauchy-Poisson waves caused by the eruption of a submarine volcano (1st paper). Oceanographical Magazine 4:4 (1953)
11. D:o, d:o, 2nd paper. Oceanographical Magazine 5:1 (1953)

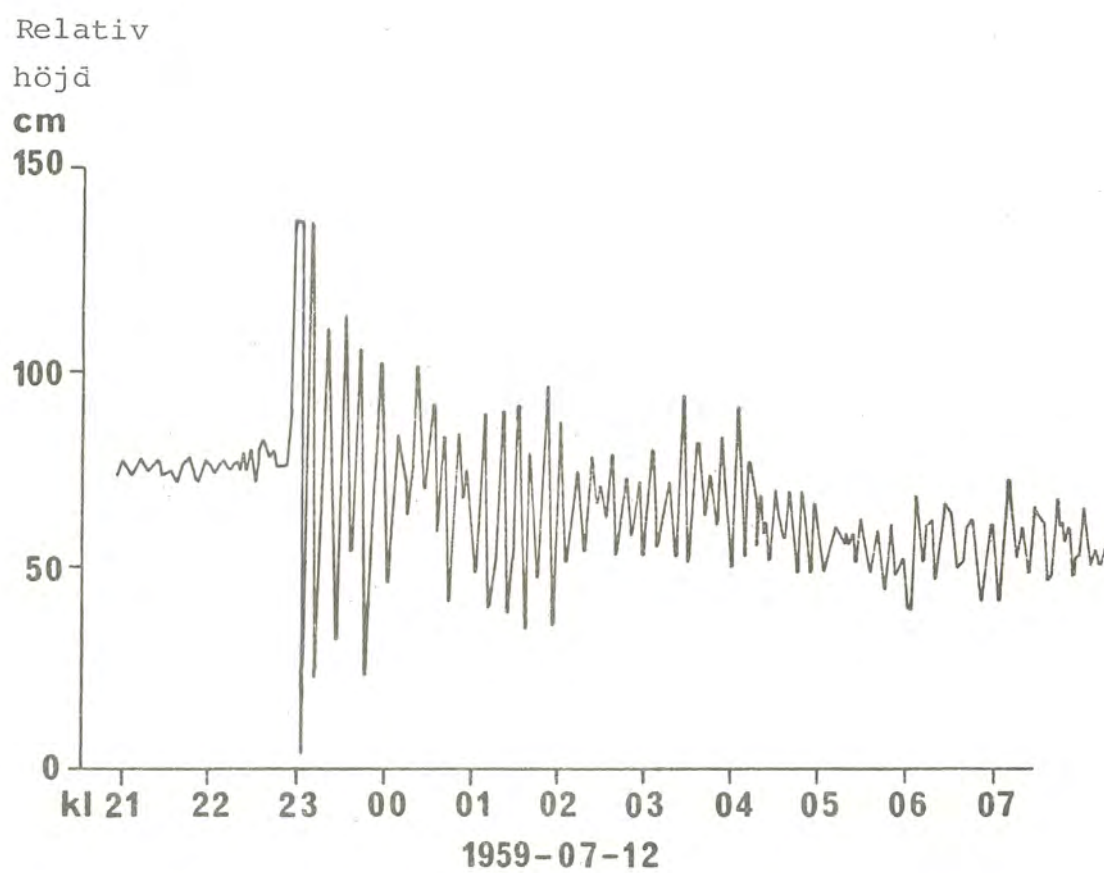


Fig 1. Vattenstånd vid Ystad 11-12 juli 1959.

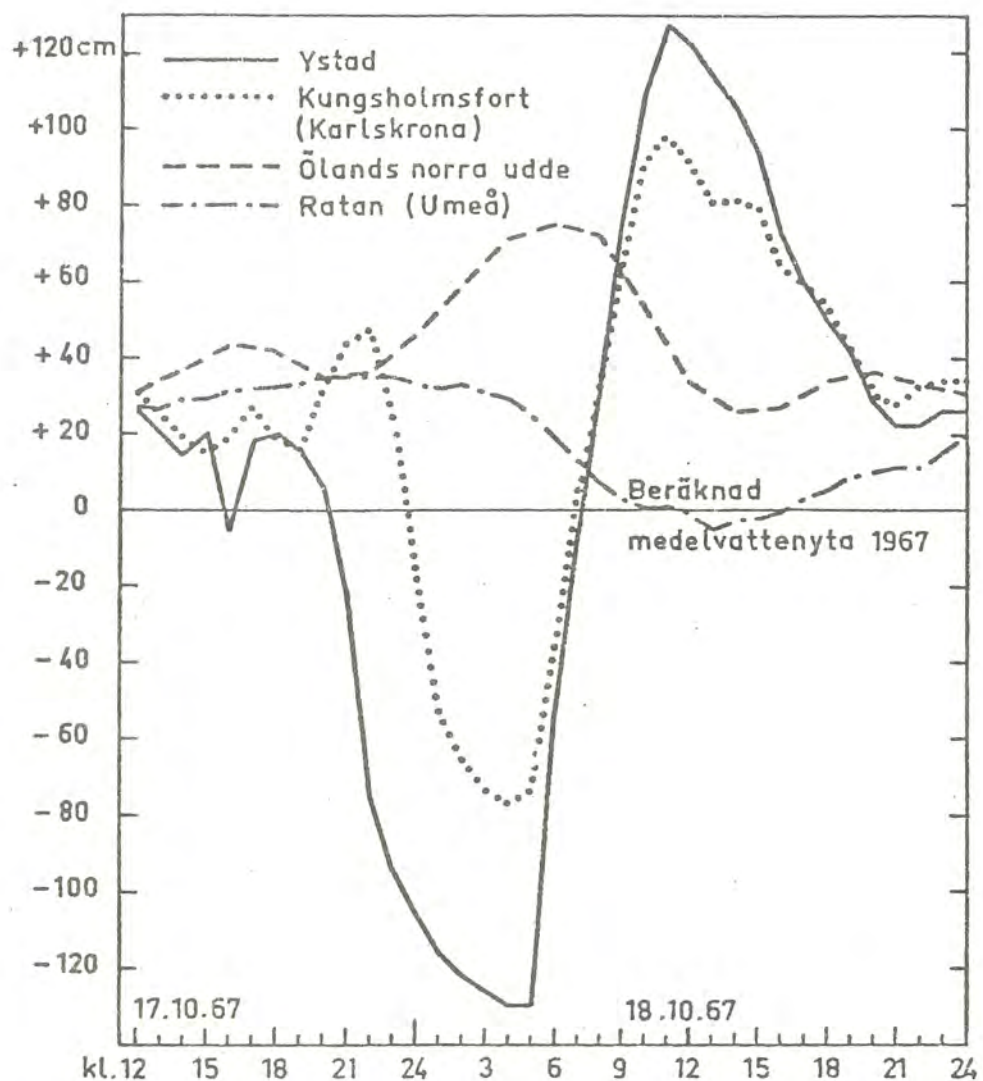


Fig 2. Vattenstånd vid Ystad (samt Kungsholmsfort, Ölands norra udde och Ratan) 17-18 oktober 1967.

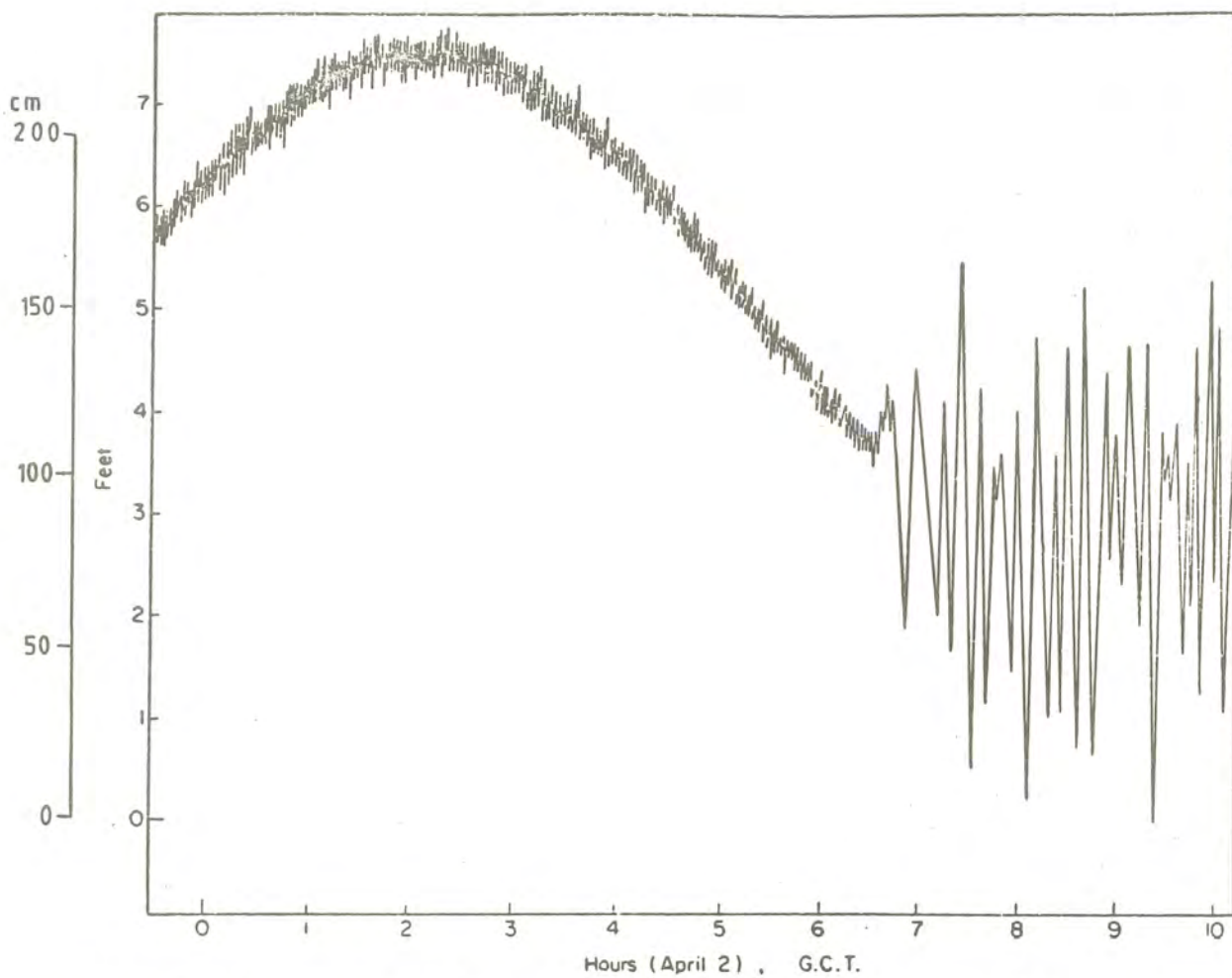


Fig 3. Vattenstånd vid Valparaíso, Chile, 2 april 1946 (after Defant, ref 6, p 240).

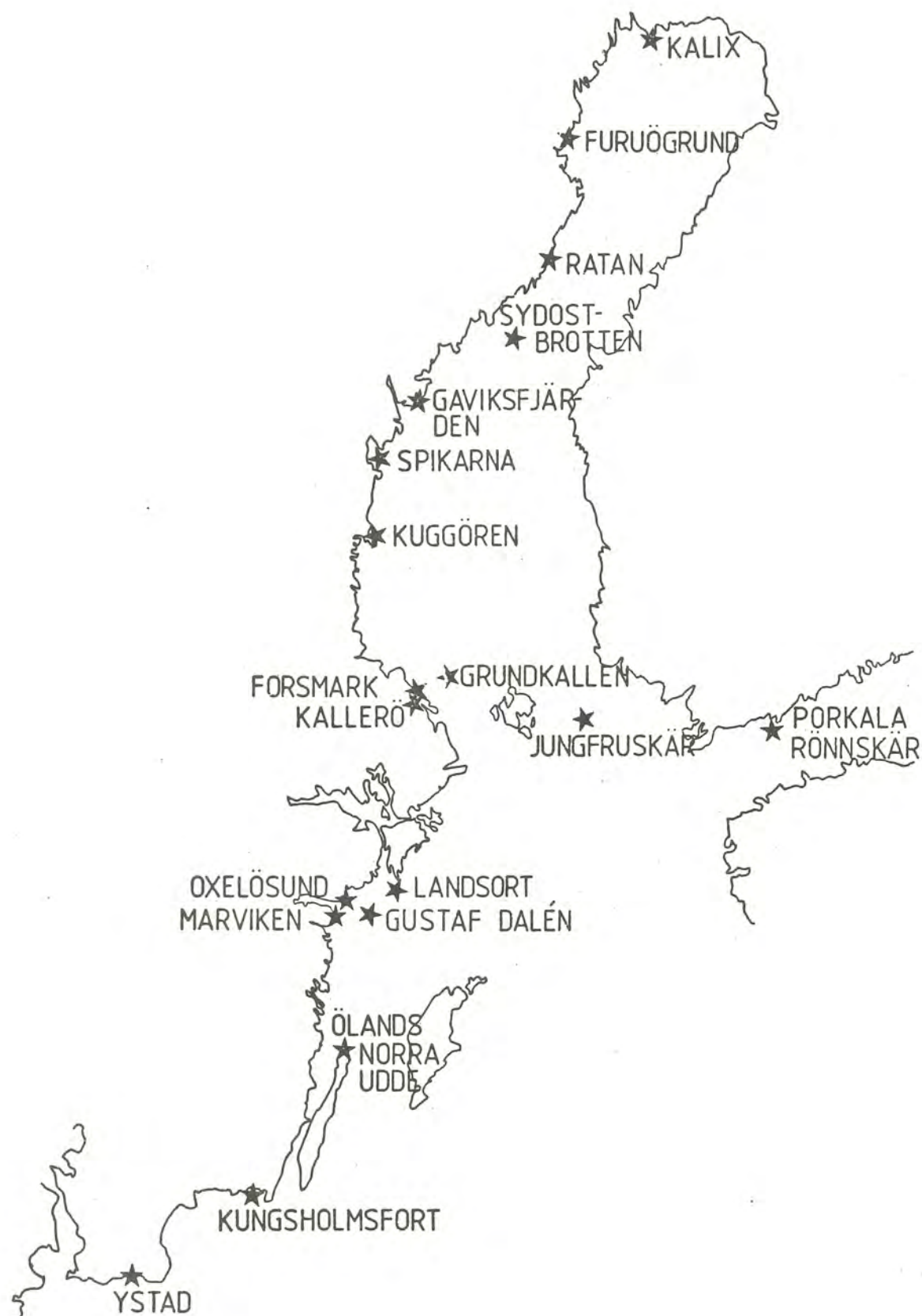


Fig 4. Karta med i texten förekommande ortnamn.

