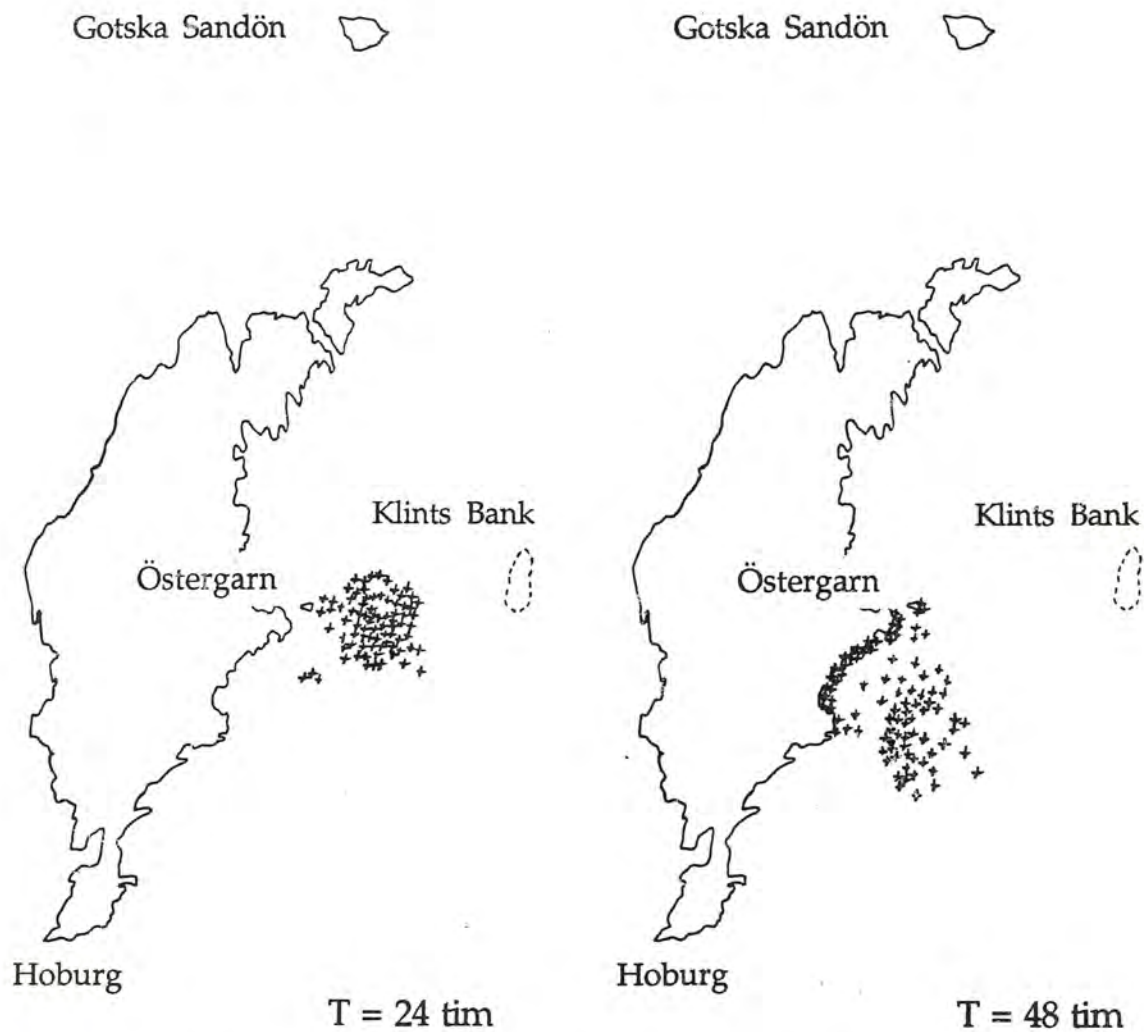




SPRIDNINGSBERÄKNINGAR KLINTS BANK

SPRIDNINGSBERÄKNINGAR KLINTS BANK

Cecilia Ambjörn, Torbjörn Grafström
och Jan Andersson

Norrköping 1990

SAMMANFATTNING

Gotlandsolja AB har uppdragit åt IVL att genomföra en miljökonsekvensutredning med anledning av planerad provborrning efter olja på Klints Bank öster om Gotland. SMHI har fått i uppdrag att genomföra punkt 2 i denna utredning, som berör spridning av ett tänkt oljeutsläpp.

Ett numeriskt modellarbete ligger till grund för spridningsberäkningarna. Vinduppgifter är framtagna ur klimatstatistik och utgör historiska observationer från olika säsonger.

Under vinter- och vårsäsongen berörs i majoriteten av fallen Gotlands ost- och sydkust efter 30 dygn eller mindre. I ogynnsamma fall, kraftiga NE-E vindar, når oljan Gotlands kust inom 2 dygn. I enstaka fall berörs också Stockholms skärgård och Öland.

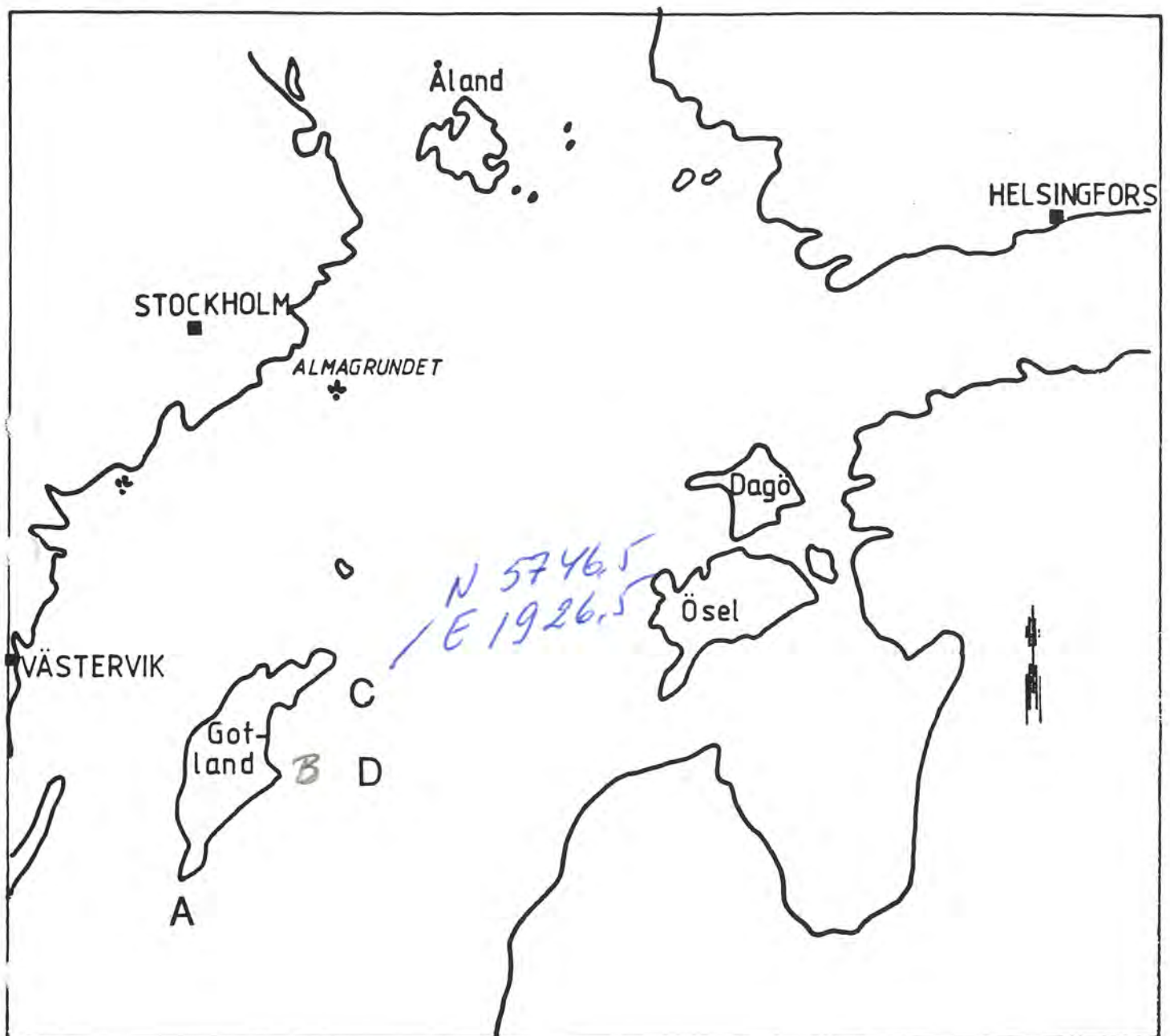
Sommar och höst, med majoriteten av vindar från sektorn S-NW, påverkas i hög grad Baltiska kusten inom 30 dygn. I ogynnsamma fall kan det ske inom 5 - 6 dygn.

Under nov-jan är ca var 3:e observerad vindhastighet större än 10 m/s - i 5 % av fallen är vindhastigheten större än 15 m/s.

Högsta uppmätta våghöjden under en 6-månadersperiod är 5.9 m - den kan sannolikt bli upp mot det dubbla.

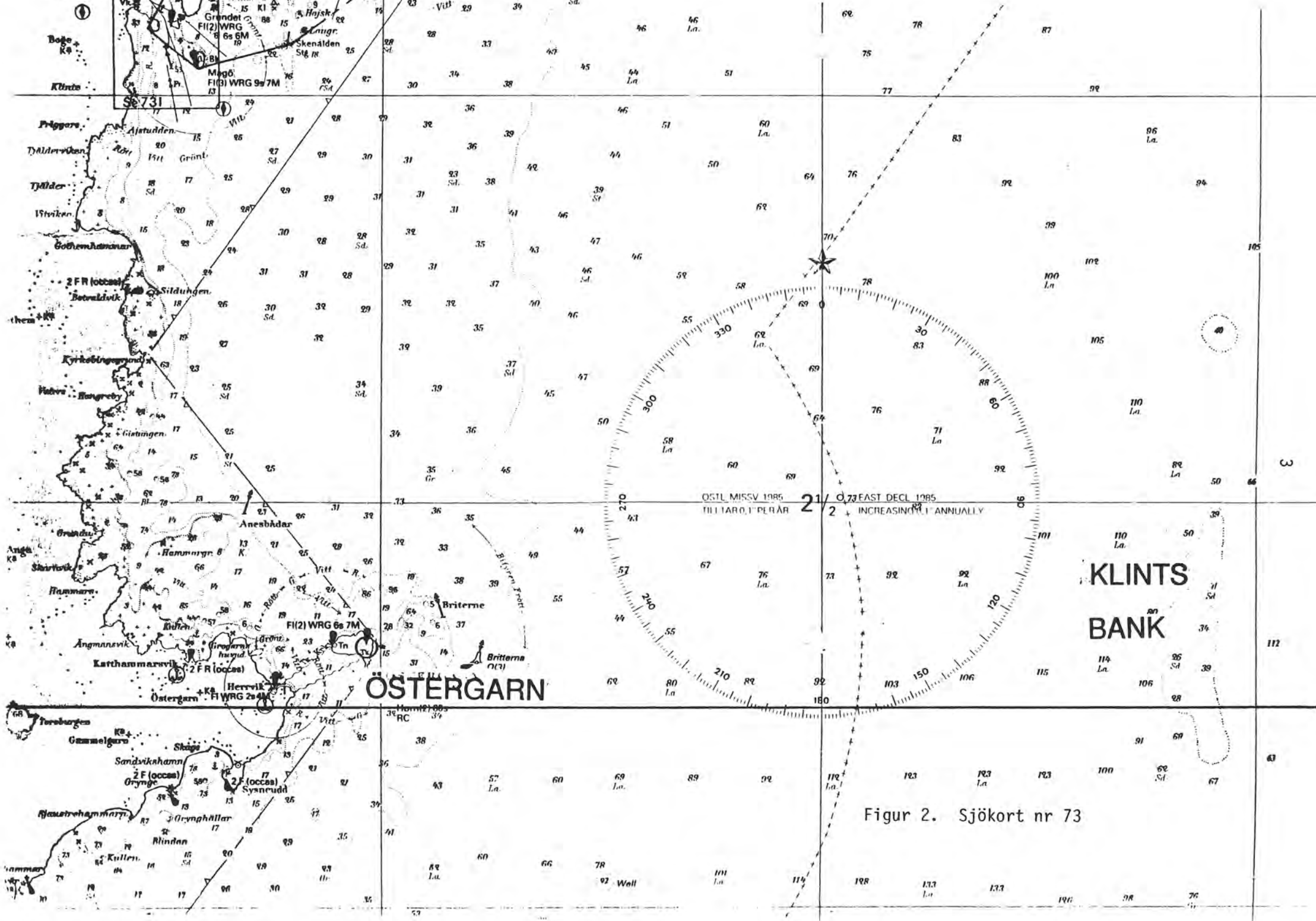
Strömmarna är i medeltal svaga, ofta sydgående - i extrema fall kan dock strömhastigheten uppgå till mellan 50 - 100 cm/s.

Is förekommer i området endast under mycket svåra isvintrar, vilket inträffar mellan vart 7:e och 10:e år.



- A: Hoburgen position för vind
 B: — " — för våg
 C: — " — för ström
 D: Klints bank

Figur 1. Översiktskarta



MILJÖKONSEKVENsutREDNING ANGÅENDE BORRNING EFTER OLJA PÅ KLINTS BANK

Gotlandsolja AB har uppdragit åt IVL att genomföra en miljökonsekvensutredning med anledning av planerad provborrning efter olja på Klints Bank öster om Gotland. SMHI har fått i uppdrag att genomföra punkt 2 i denna utredning (uppgifter om vind, våg...).

Arbetet omfattar följande:

- Sammanställning av uppgifter om vindar, vågor och strömmar samt isförhållandena för området vid Klints Bank.
- Genomförande av drift- och spridningsanalys för ett oljeutsläpp i området.

Oceanografiska och meteorologiska uppgifter

Den sammanställning av uppgifter, som gjorts är helt baserad på tidigare insamlat material, som bygger på observationer från östra och södra Gotland.

Vinduppgifterna är hämtade från Hoburgen på södra Gotland. Materialet är av god kvalitet och bör relativt väl kunna spegla förhållandena vid Klints Bank.

Uppgifterna om vågförhållandena är hämtade från 6 månaders mätningar utanför Östergarn. Informationen i materialet är inte tillräckligt för att man skall kunna bedöma förhållandena under olika säsonger eller variationer mellan år. Vi har därför gjort beräkningar av vågklimatet med hjälp av vindförhållandena där faktorerna blåstid och stryklängd har beaktats.

Ca en månads observationer av strömmar ligger till grund för den information vi har om de lokala strömförhållandena på östra Gotland - en alldeles för kort period för att man skall nöjaktigt kunna bedöma strömmarna.

Uppgifter om isförhållandena innehåller inga detaljer, eftersom vi sällan får rapporter från fartyg (eller isbrytare) från området.

Vindförhållanden öster om Gotland

Vinduppgifterna från den 10 m höga vindmätarmasten vid Hoburgens fyr på Gotlands sydspets bedöms vara mest representativa för det aktuella området. Vid väderstationerna Herrvik och Fårö saknas vindmätare, varför vindhastigheten uppskattas. Dessa båda stationer är dessutom läade vid många vindriktningar, medan Hoburgen har ett mycket exponerat läge 35 m ö h uppe på en platå med endast lågvuxen vegetation, på vilken fyren är belägen. Över en fri vattenyta, som vid Klints Bank, kan vindhastigheten vara i genomsnitt 15 - 20 % högre, dvs 1 - 2 m/s, än vid Hoburgen.

Följande vindstatistik baseras på mätningar från Hoburgen under perioden 1974-1989.

Tabell 1. Procentfördelning av vindhastigheter.

Period	≥ 10 m/s	≥ 15 m/s
Nov - jan	30 %	5 %
Jun - aug	8 %	1 %

Under hela året dominerar vindriktningar mellan syd och väst vid tillfällena med vindhastigheter över 14 m/s (se frekvensfördelning, bilaga 1).

Vågstatistik från området öster om Gotland

Uppmätta vågdata från området öster om Gotland finns endast för en kortare period (maj-november 1986). För att bedöma hur vågklimatet är under en längre period är man hänvisad till att göra uppskattningar. De metoder, som finns att tillgå, är dels uppskattningar med hjälp av vindstatistik eller rena dynamiska modellberäkningar. Det senare alternativet är mycket kostsamt och kräver stor datorkapacitet. I det här fallet har vi av kostnadsskäl valt det enklare alternativet. Metoden utnyttjar kända resultat för sambanden mellan vind, stryklängd och blåstid.

$$SWH = F (\text{vind, stryklängd, tid})$$

Med hjälp av värden på dessa kan man för varje vindsituation beräkna eller uppskatta en våghöjd. Problemet består i att dels välja lämplig station, från vilken vinduppgifter är någorlunda relevanta, dels bestämma stryklängder. I detta fall har vinden vid Hoburgen bedömts vara mest representativ för Klints Bank. Vindstatistiken för perioden 1961 – 1980 ger frekvensen av vindar i olika hastighetsintervall och för olika vindriktningar.

Observerade vågor vid Östergarn. Period: 1986-05--1986-11

För den befintliga mätperioden maj-november 1986 har vi ställt samman procenttal, då en viss våghöjd överskridits.

SWH = Significant Waveheight = medelvärde av den högsta tredjedelen av vågorna, motsvarar den visuella bilden av våghöjden som en betraktare på sjön uppfattar den. SWHm = medelvärde av signifikant våghöjd, H3 max = högsta observerade signifikanta våghöjden och Hmax = högsta observerade våghöjden.

Tabell 2. Vågstatistik från vågobservationer vid Östergarn.
period: 1986-05--1986-11 SWH (m).

TYP	MAJ	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV
SWHm	0.4	0.5	0.7	0.8	1.1	1.1	1.3
H3 max	2.3	2.1	2.2	2.3	3.0	2.7	3.0
Hmax	4.3	3.3	4.3	4.1	5.4	5.1	5.9

Under november var de signifikanta vågorna i medeltal 1.3 m – den högsta observerade maxvågen 5.9 m

Tabell 3. procentuell fördelning av signifikanta våghöjder större än X m.

	MAJ	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV
90 %	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.5	0.6
80 %	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.7	0.8
70 %	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	0.8	0.9
60 %	0.3	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9	1.0
50 %	0.3	0.4	0.5	0.8	1.0	1.0	1.3
40 %	0.5	0.5	0.6	0.9	1.2	1.1	1.4
30 %	0.6	0.7	0.7	1.0	1.3	1.3	1.5
20 %	0.7	0.9	0.9	1.1	1.4	1.4	1.8
10 %	0.9	1.2	1.3	1.4	1.7	1.8	2.2

Som en tumregel gäller att de högsta vågorna är ca 1.7 ggr större än de signifikanta våghöjderna. För den aktuella perioden är denna kvot i genomsnitt 1.71 baserad på ca 5000 värden.

Av tabellen framgår exempelvis, att 90 % av alla signifikanta våghöjder är större än 0.6 m under november. Endast 10 % är större än 2.2 m under samma period.

Antalet timmar under månaden som den signifikanta våghöjden överskridit ett visst värde för perioden maj-oktober 1986 framgår av bilaga 2.

Tabell 4. Procentuell fördelning av maximala vågor större än X m.

	MAJ	JUN	JUL	AUG	SEP	NOV	DEC
90 %	0.2	0.3	0.4	0.7	0.9	0.8	1.0
80 %	0.3	0.4	0.6	0.9	1.2	1.0	1.3
70 %	0.4	0.5	0.7	1.0	1.4	1.2	1.5
60 %	0.5	0.5	0.8	1.1	1.6	1.5	1.8
50 %	0.7	0.7	0.9	1.3	1.8	1.7	2.1
40 %	0.8	0.9	1.1	1.4	2.0	1.9	2.3
30 %	0.9	1.1	1.3	1.7	2.2	2.2	2.6
20 %	1.1	1.4	1.6	1.9	2.5	2.5	2.9
10 %	1.4	1.9	2.0	2.3	2.9	2.9	3.6

Under maj 1986 var 10 % av Hmax större än 1.4 m

Beräknat vågklimat

Vågor bildas genom vindens verkan över olika stryklängder. Storleken är beroende av längden över vatten som vinden verkar. Över stora stryklängder kan stora vågor byggas upp. För detta krävs emellertid att vinden får tid att verka på vattenytan, därför har också den tid under vilken det blåser betydelse för hur stora vågorna kan bli. Nu varierar denna mycket från tillfälle till tillfälle, och denna variation framgår inte av vindstatistiken. En del erfarenheter har vi av att försöka beräkna vågor direkt från vinden med olika mått på vindens varaktighet. Resultatet antyder att tidrymder mellan 5 och 7 timmar ger någorlunda goda resultat. I denna sammanställning har vi utnyttjat blåstiden 7 timmar. För att skapa vågstatistiken har för varje beräkning utnyttjats det minsta värde som erhålls om man beräknar för dels tillgänglig blåslängd dels blåstiden 7 timmar. Resultatet finns i tabellen nedan.

Det framgår att denna tabell ger större värden på 10 %-nivån än observerade, men så bör det vara eftersom det täcker en längre tidsperiod med mer stormtillfällen än den vågobservationerna omfattar. Resultatet bör ge en relativt god bild av vågklimatet vid Klints Bank.

Tabell 5. Beräknat vågklimat. Station. Klints bank - vind från Hoburgen.
period: 1961 - 1980.

TYP	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ÅR
SWHM	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	1.0	1.2	1.5	1.4	1.1
H3max	5.4	6.3	5.4	4.5	5.4	3.6	4.5	4.5	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
Hmax	9.2	10.7	9.2	7.7	9.2	6.2	7.7	7.7	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2

Tabell 6. Procentuell fördelning av beräknade signifikanta våghöjder större än X m. Perioden 1961 -80.

90 %	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
80 %	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2
70 %	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.5	0.4
60 %	1.1	0.9	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	1.1	1.1	0.5
50 %	1.3	1.2	1.1	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	1.1	1.4	1.3	1.0
40 %	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	1.2	1.3	1.6	1.5	1.3
30 %	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5	1.8	1.8	1.5
20 %	2.2	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.6	1.9	2.5	2.5	1.8
10 %	2.9	2.8	2.6	2.5	1.9	1.8	1.8	1.7	2.0	2.7	2.9	2.9	2.6

Strömmar

I området har också funnits en strömmätare på 17,5 m djup under perioden 1980-04-24--06-13. Position N 57 56.5 E 19 26.5 (markerat med C på översiktskartan). Observationsintervall: 30 min.

Resultaten från denna visas i ett histogram över observerade riktningar i olika hastighetsintervall. Där framgår att den dominerande strömriktningen var sydgående och att de dominerande hastigheterna finns i intervallet 5 - 15 cm/s (bilaga 3).

Isförhållanden vid Klints Bank öster om Gotland

I detta område förekommer endast is under mycket svåra isvintrar, vilket inträffar mellan vart 7e och 10e år. Detaljerna om isförhållandena är något osäkra, eftersom vi sällan får rapporter från fartyg i detta område.

Isfrekvens

Då is förekommer, sker det under perioden 15 februari - 1 mars. Den vanligaste istypen är spridd eller tät drivis. I 10 % av fallen, då vi har is, kan kompakt is eller is med vallar förekomma.

Istjocklek

Istjockleken varierar från nyis upp till 30 cm tjock is, där den mest frekventa tjockleken är 10-20 cm. I enstaka fall kan sammanfrusna grövre flak förekomma.

Spridningsanalys - en bedömning av spridningen av ett tänkt utsläpp av olja vid Klints Bank

Spridningsmodellens uppbyggnad

Oljans förflyttning beräknas genom att summera bidragen från vinddrift, bakgrundsström och horisontell spridning.

Den vinddrivna oljetransporten beräknas utifrån oljans egenskaper (oljefilm eller oljeklumpar av olika storlekar) och den lokala vinden. Dock försummas avdunstningen. Oljan antas följa vindriktningen och dess hastighet beräknas utifrån en enkel ekvation som tar hänsyn till att oljefilmen rör sig snabbare än oljeklumparna. Bakgrundsströmmen beräknas utifrån en numerisk strömmodell som löser det storskaliga strömfältet i hela Östersjön. I denna undersökning försummas bakgrundströmmen då den ofta är av sekundär betydelse i öppet hav.

Utsläppet görs momentant med utgångspunkt att ett utsläpp bör kunna stoppas inom några dagar. Beräkningarna görs under 30 dygn. Därefter antar vi att oljan är försvunnen.

Val av grundläggande vindinformation och tidsperioder

En fullständig täckning av alla tänkbara fall över t ex en 10-årsperiod har bedömts som alltför omfattande, varför fyra typiska årstider: juni - augusti, september - november, december - februari och mars - maj, har valts ut med hjälp av klimatstatistik. Den procentuella fördelningen av vindens riktning, uppdelad i huvudsektorerna N, NE, E,..., NW har för varje årstid jämförts med en typisk medelfördelning för varje årstid. De år, där respektive årstidsperiod bäst sammanfaller med normalvindriktningen redovisas nedan.

För vinterperioden:	dec 1979 - feb 1980
" vårperioden:	mars - maj 1983
" sommarperioden:	juni - aug 1984
" höstperioden:	sept - nov 1981

Observerad vind från SMHIs väderstation vid Hoburgen har valts att representera den rådande vinden på mellersta Östersjön.

Modellen har körts i löpande 30-dagarsperioder med 5-dagars steg under ett år. I slutet av exempelvis vårsäsongen har man för den period, som inleds med 5 maj, inbegripit även data från juni månad för att åstadkomma en full 30-dagarsperiod. Samma teknik har använts för körningarna med startdatum 10, 15, 20 och 25, gällande sista månaden av respektive årstid. Året är sammansatt enligt ovan. Förväntad spridningsriktning och belastning på olika kustavsnitt fås för den 1, 5, 10, 15, 20 och 25 i varje månad. Totalt har 72 modellkörningar skapats över året.

Resultat

Belastningen på olika kustavsnitt enligt modellkörningarna redovisas nedan. Vissa typiska årstidsbundna strukturer kan utläsas ur histogrammen (figur 3, sid. 13). Observera att antalet "träffar" är större än antalet körningar eftersom under samma körning flera kustavsnitt kan beröras.

- Vintertid ligger vindarna i sektorn NE - SE i 36 % av fallen för den valda perioden. Närheten till Gotlands ost- och sydkust gör att åtminstone en del av det tänkta utsläppet fastnar på kusten i majoriteten av fallen. Under denna period återfinns det snabbaste förloppet i materialet. Inom 48 h har en stor del av oljan nått området söder om Herrvik. Se bilaga 4.
- Vårperioden är snarlik vintern både med avseende på vindstatistiken (41 % i sektorn NE - SE). Det förväntade påslaget på gotska kusten är här ännu större; oljan träffar kusten i 15 av 18 möjliga fall.
- Sommartid råder i allmänhet mer västliga vindar. NE - SE-sektorn bidrar här bara med 23 %, medan vindar i sektorn SW - NW förekommer i 57 % av fallen. Följaktligen driver oljan i högre grad över mot baltiska kusten. Här återfinns också ett fall med påslag vid Finska Vikens mynning.
- Under hösten råder endast undantagsvis längre perioder med ostlig vind (totalt 24 % i sektorn SE - NE). Förhärskande vindriktning mellan S och W inträffar i 53 % av fallen. Då perioderna med sydvästlig vind vanligtvis är av storleksordningen 2 - 4 dygn, hamnar oljan nästan alltid på baltiska kusten.

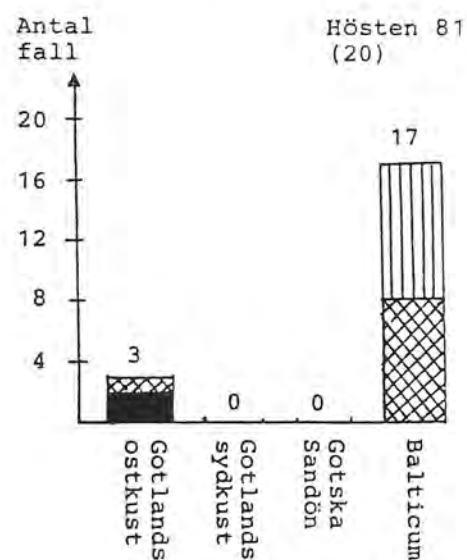
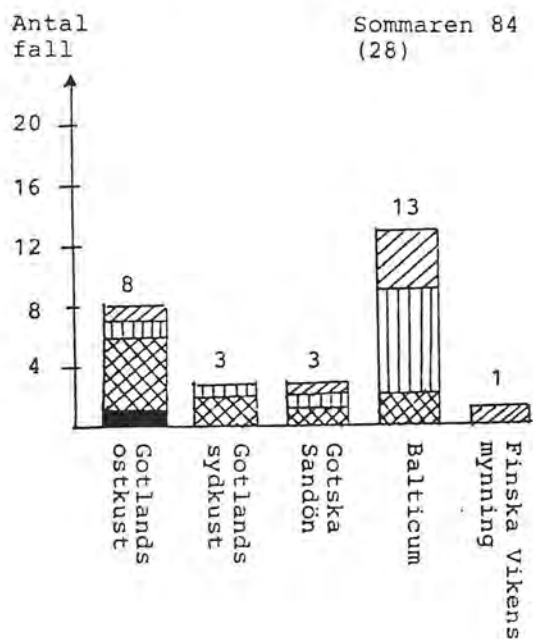
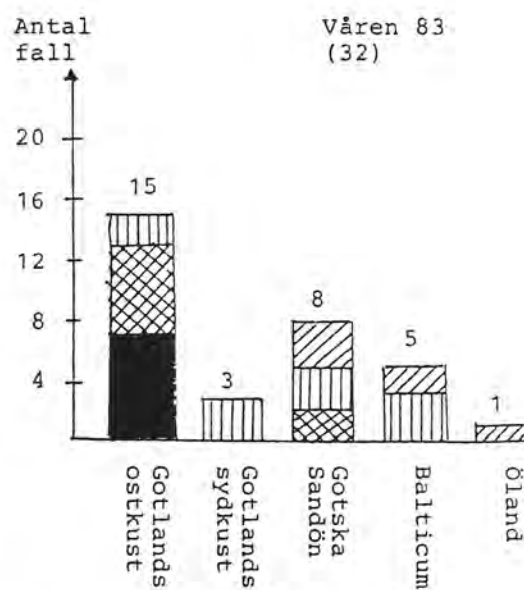
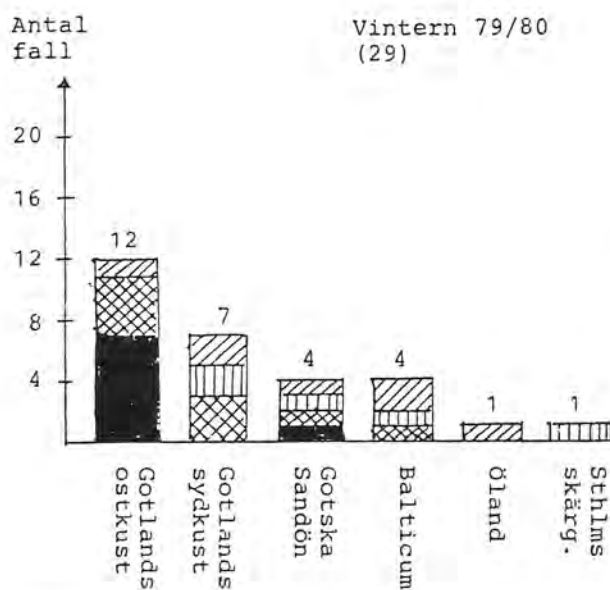
Utvecklingen av några typiska fall redovisas också i kartform i bilagorna 4 - 10 (20 st). Aktuell vind (riktning och styrka) för respektive fall återges i samband med kartorna.

Figur 3

SPRIDNINGSFÖRDELNING

Sammanställning utvisande antalet fall där oljan når olika kuststräckor fördelat på de fyra årstiderna.

I figuren ges även den tid det tar innan oljan strandat.



Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

Relativa frekvenser av vindriktning, DDD (dekagrader)
och vindhastighet, DFF (m/s)

Station: HOBURG

Stationsidentitet: 2680

Hela perioden

Period: 19740101-19891231

		--	DFF														SUMMA
--	DDD	--	0.0	0.1	1.1	2.1	5.1	8.1	11.1	14.1	17.1	20.1	23.1	26.1	29.1	32.1	SUMMA
				1.0	2.0	5.0	8.0	11.0	14.0	17.0	20.0	23.0	26.0	29.0	32.0		
LUGNT			1.0	0.0	0.0												1.1
N			0.0	0.3	0.9	5.0	3.7	1.3	0.4	0.1	0.0						11.8
NE			0.0	0.3	0.8	3.6	2.9	1.3	0.4	0.1	0.0						9.4
E				0.3	0.7	3.6	3.5	1.5	0.4	0.1	0.0						10.1
SE			0.0	0.3	0.7	3.2	2.7	1.3	0.6	0.1	0.0	0.0					8.9
S				0.3	0.9	4.5	4.3	2.4	1.1	0.3	0.1	0.0					13.9
SW			0.0	0.2	0.9	5.0	6.4	4.3	2.2	0.6	0.1	0.0	0.0				19.6
W				0.2	0.8	4.8	5.0	2.8	1.2	0.3	0.1	0.0	0.0				15.1
NW			0.0	0.2	0.7	3.8	3.2	1.4	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0				10.1
Summa:			1.0	2.3	6.4	33.3	31.7	16.4	6.9	1.6	0.3	0.1	0.0				100.0

Verklig inläst period: 19740101-19891231

Källa: DOS Datum: 27-AUG-90

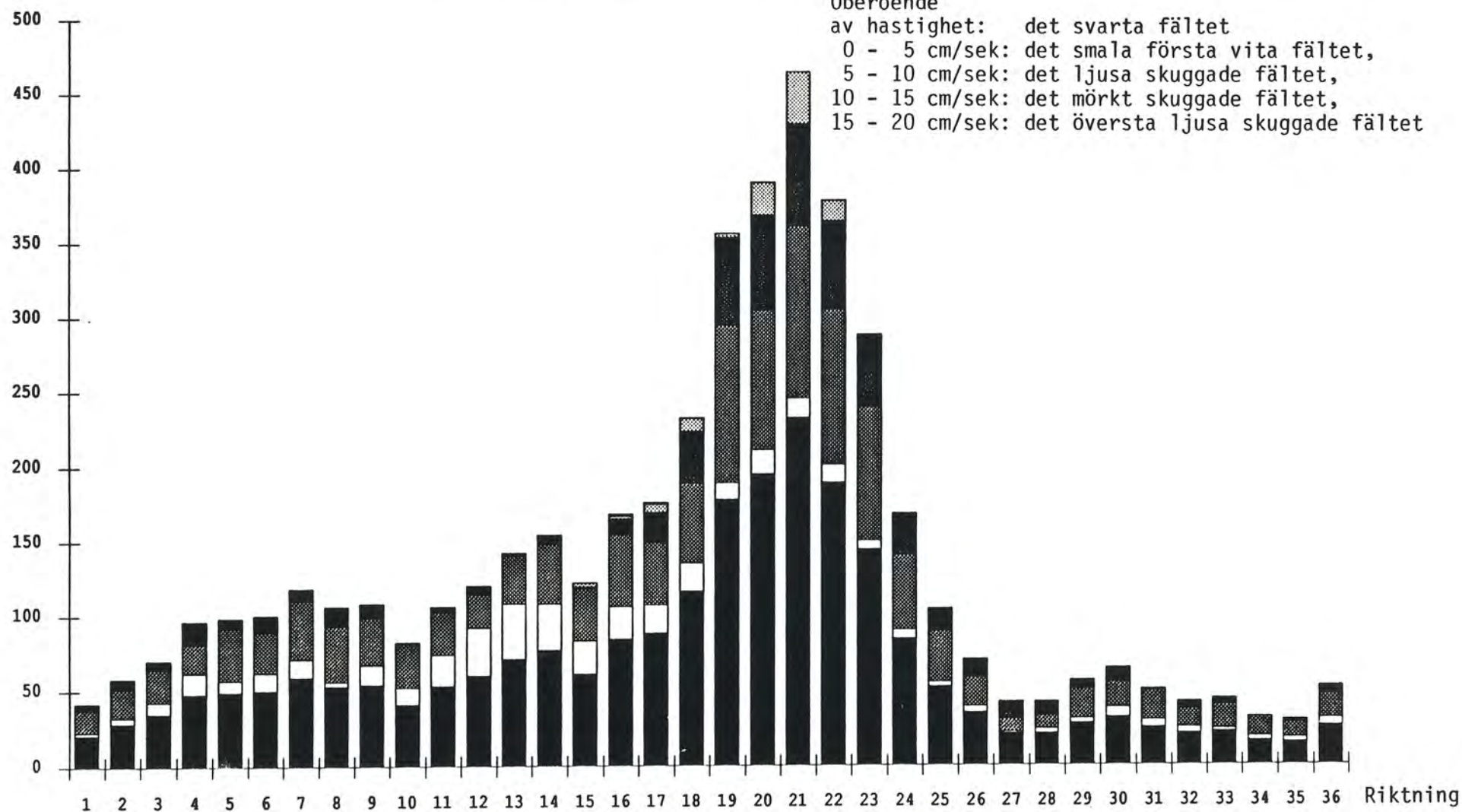
*** COPYRIGHT SMHI ***

**Antal timmar under månaden som den signifikanta våghöjden
överskridit ett visst värde i cm. Period 1986-05--10**

Maj	H1/3	>500	>450	>400	>350	>300	>250	>200	>150
		0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	6TIM	11TIM
		0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	2GGR	0GGR
Juni	H1/3	>500	>450	>400	>350	>300	>250	>200	>150
		0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	1TIM	12TIM
		0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	1GGR	4GGR
Juli	H1/3	>500	>450	>400	>350	>300	>250	>200	>150
		0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	5TIM	39TIM
		0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	5GGR	5GGR
Augusti	H1/3	>500	>450	>400	>350	>300	>250	>200	>150
		0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	6TIM	45TIM
		0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	2GGR	13GGR
September	H1/3	>500	>450	>400	>350	>300	>250	>200	>150
		0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	1TIM	12TIM	31TIM	118TIM
		0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	1GGR	3GGR	5GGR	29GGR
Oktober	H1/3	>500	>450	>400	>350	>300	>250	>200	>150
		0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	0TIM	4TIM	34TIM	136TIM
		0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	0GGR	1GGR	5GGR	23GGR

Strömfördelningen 1980-04-24--06-13 i pos. C

Antal
obs.

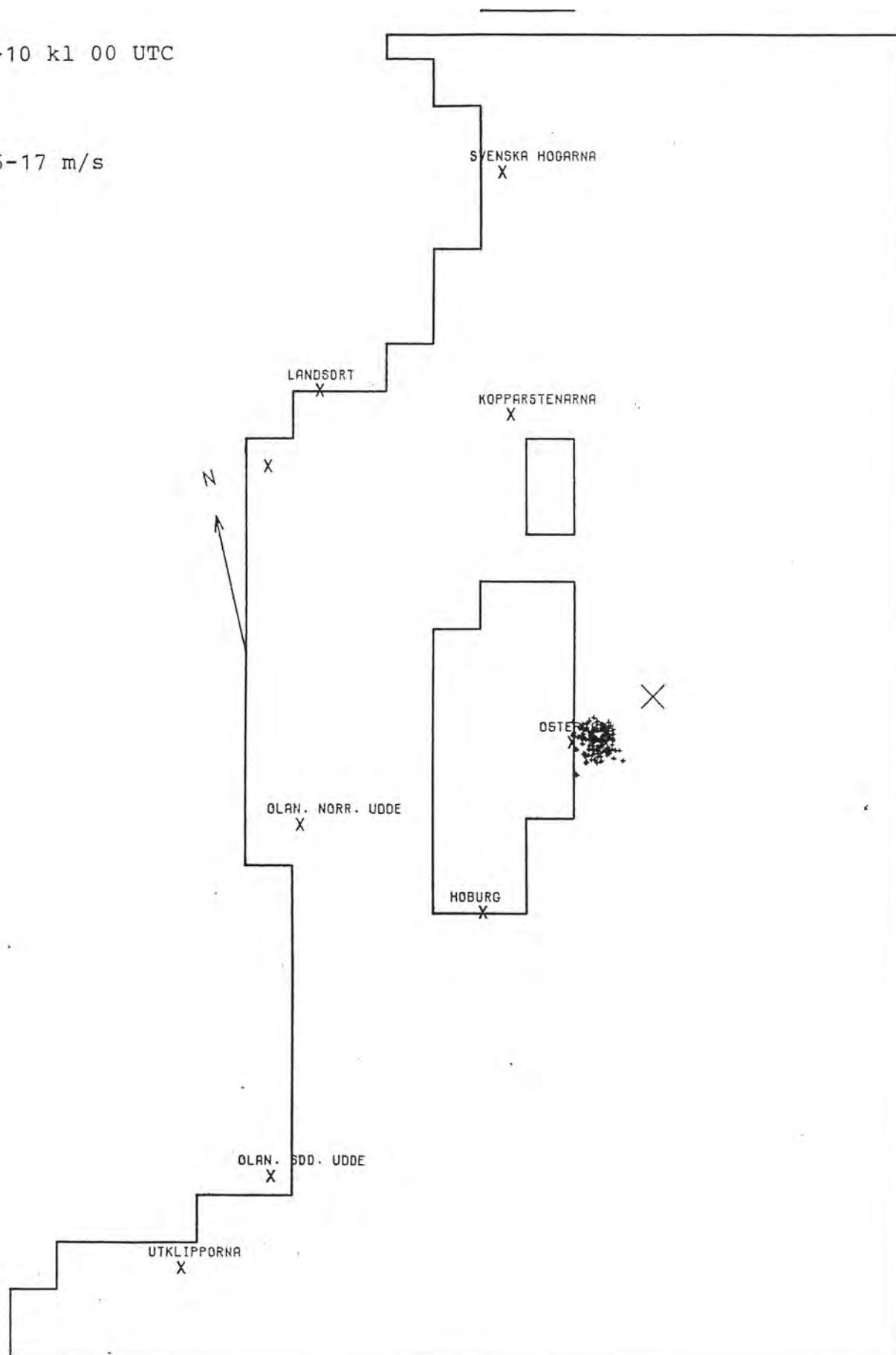


Gotlands ostkust

79-12-10 kl 00 UTC

t=24h

E-NE 6-17 m/s

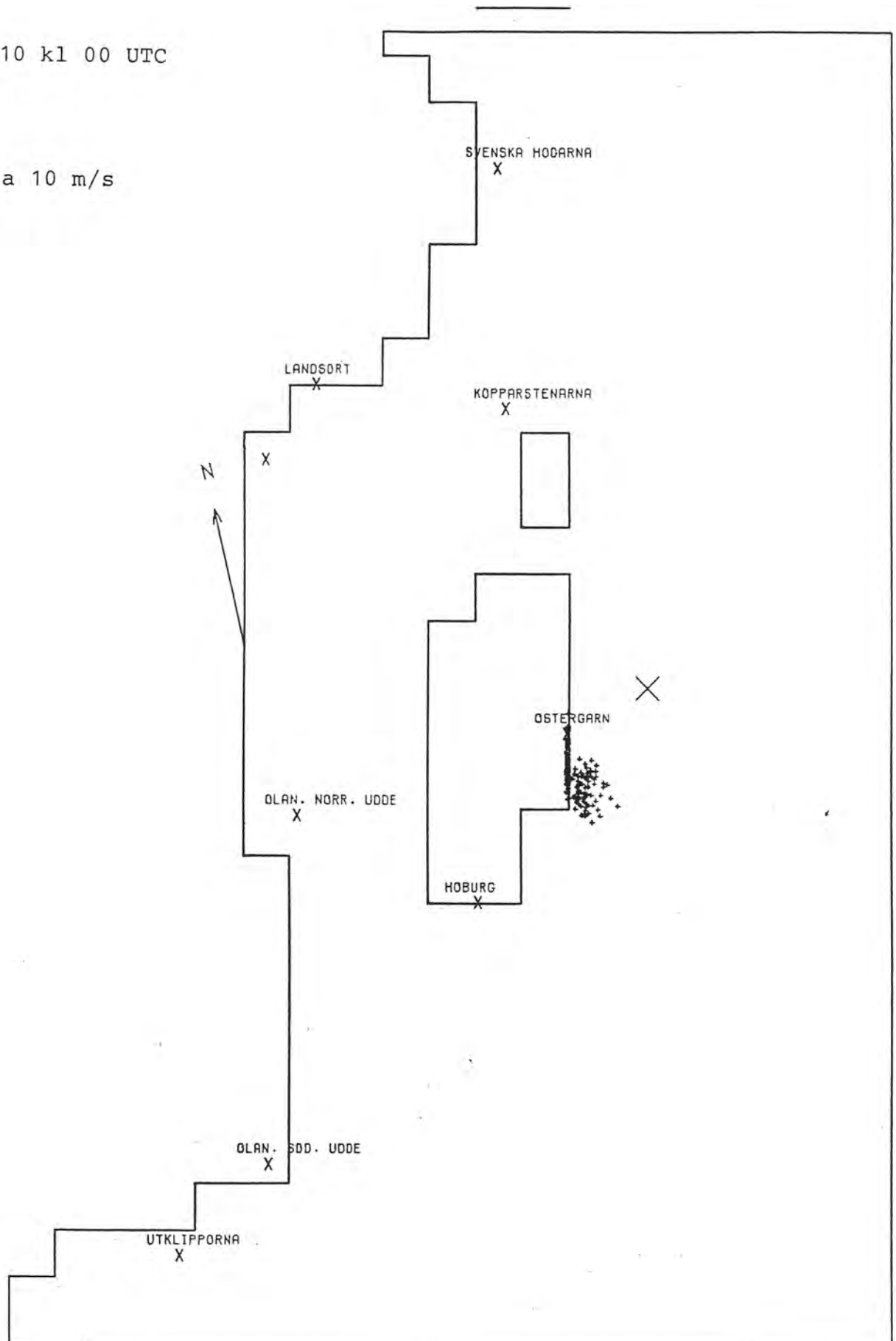


Gotlands ostkust

79-12-10 kl 00 UTC

t=48h

NE-N ca 10 m/s

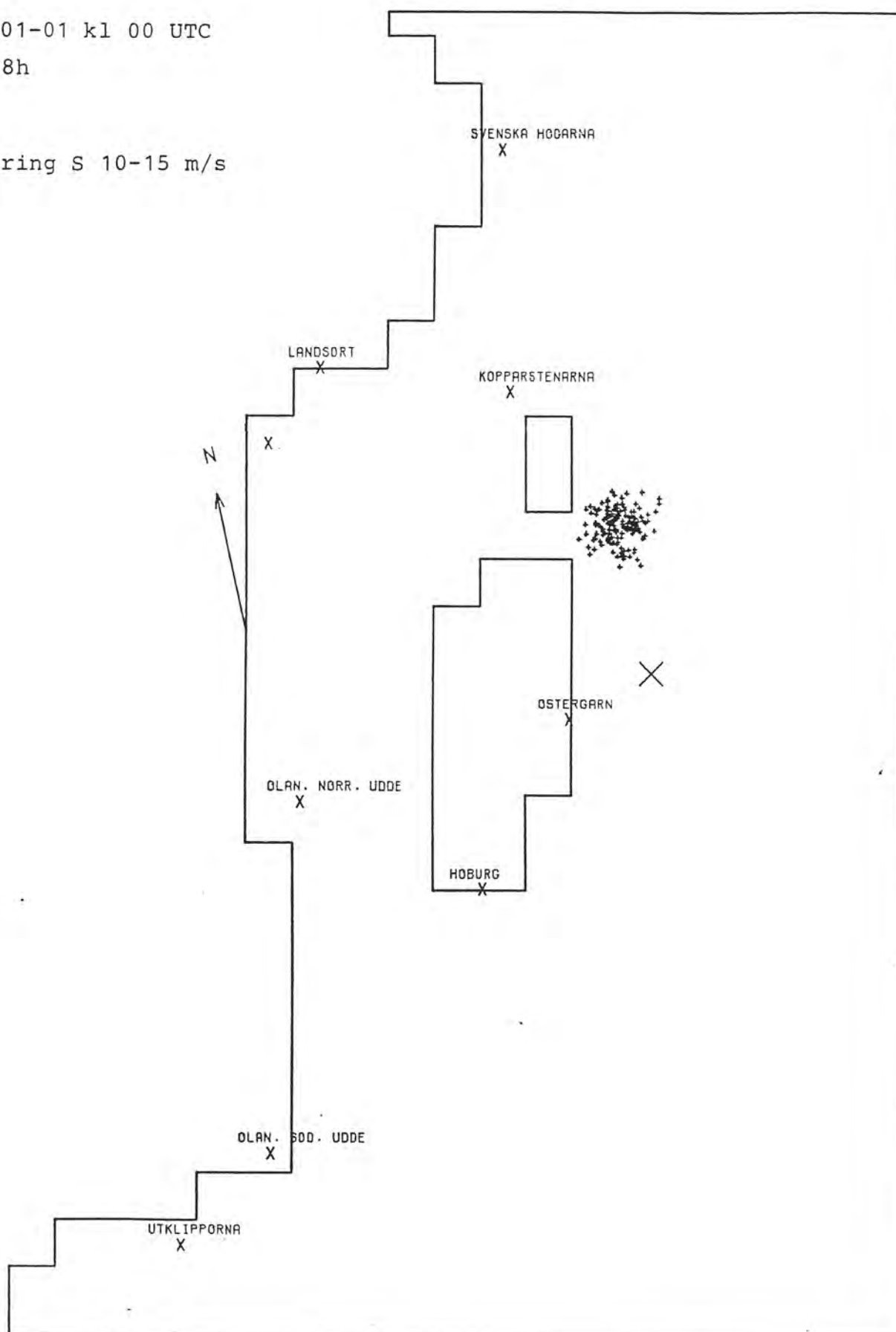


Gotska Sandön

80-01-01 kl 00 UTC

t=48h

omkring S 10-15 m/s

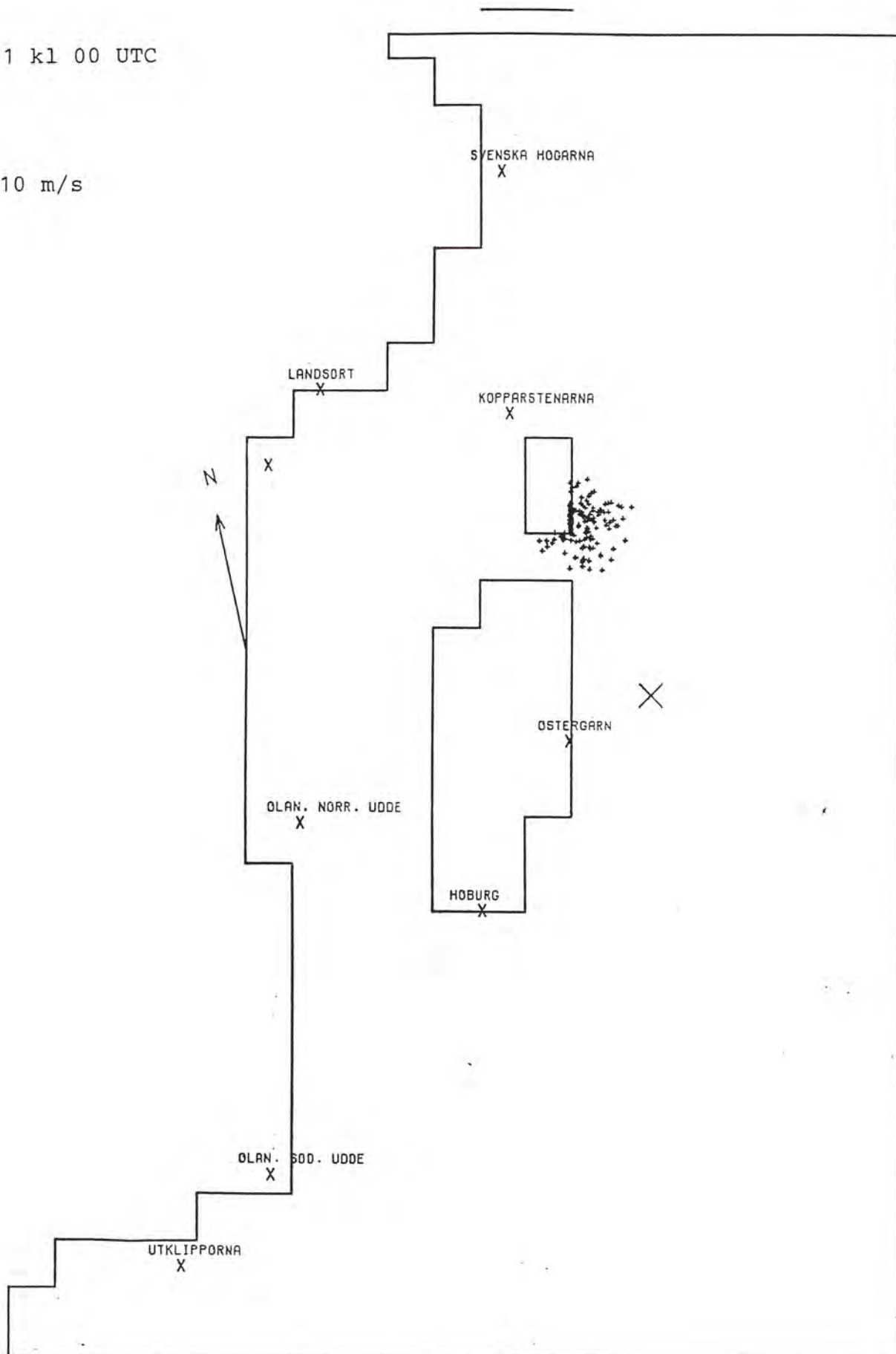


Gotska Sandön

80-01-01 kl 00 UTC

t=72h

S-SE 6-10 m/s

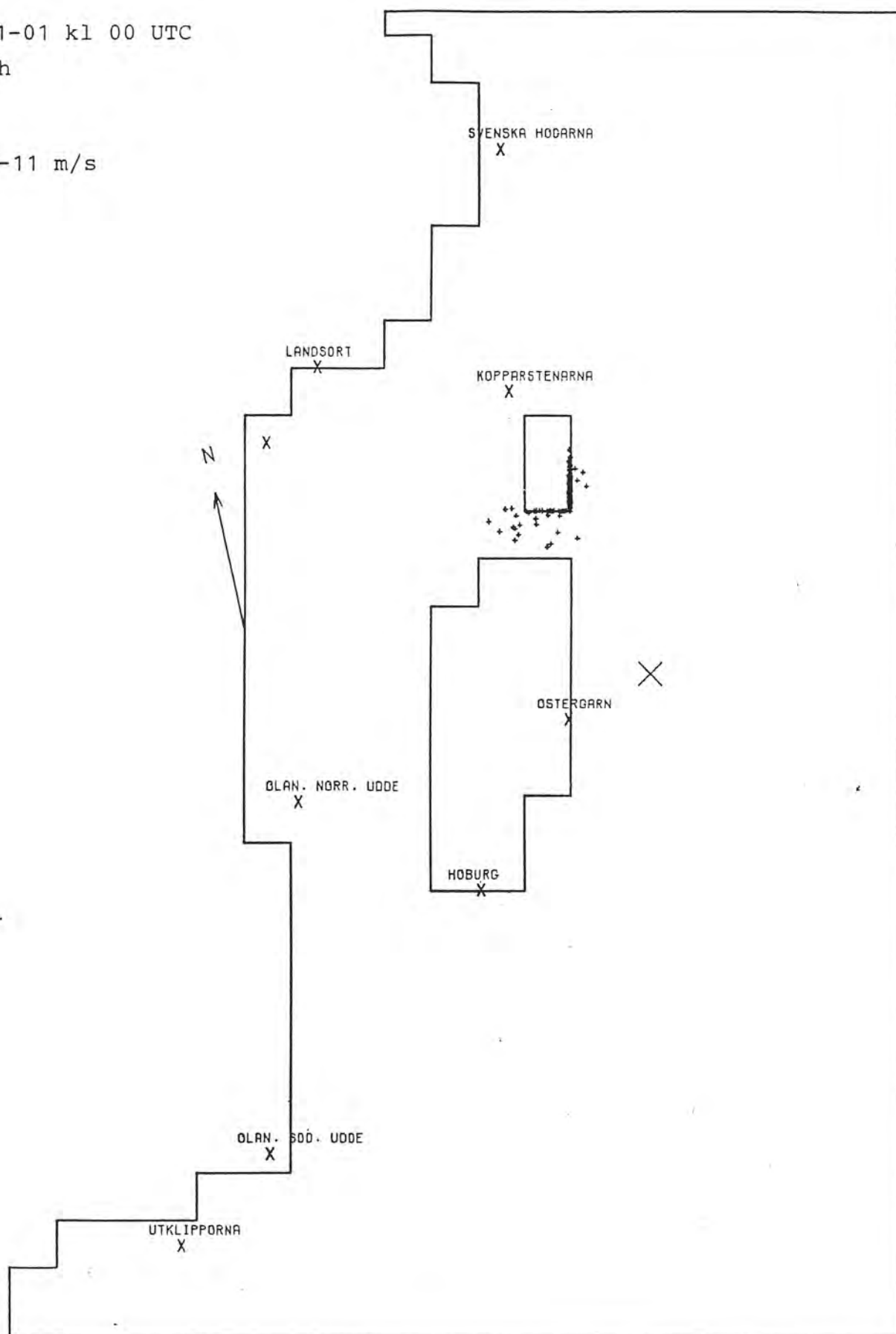


Gotska Sandön

80-01-01 kl 00 UTC

t=96h

SE 7-11 m/s



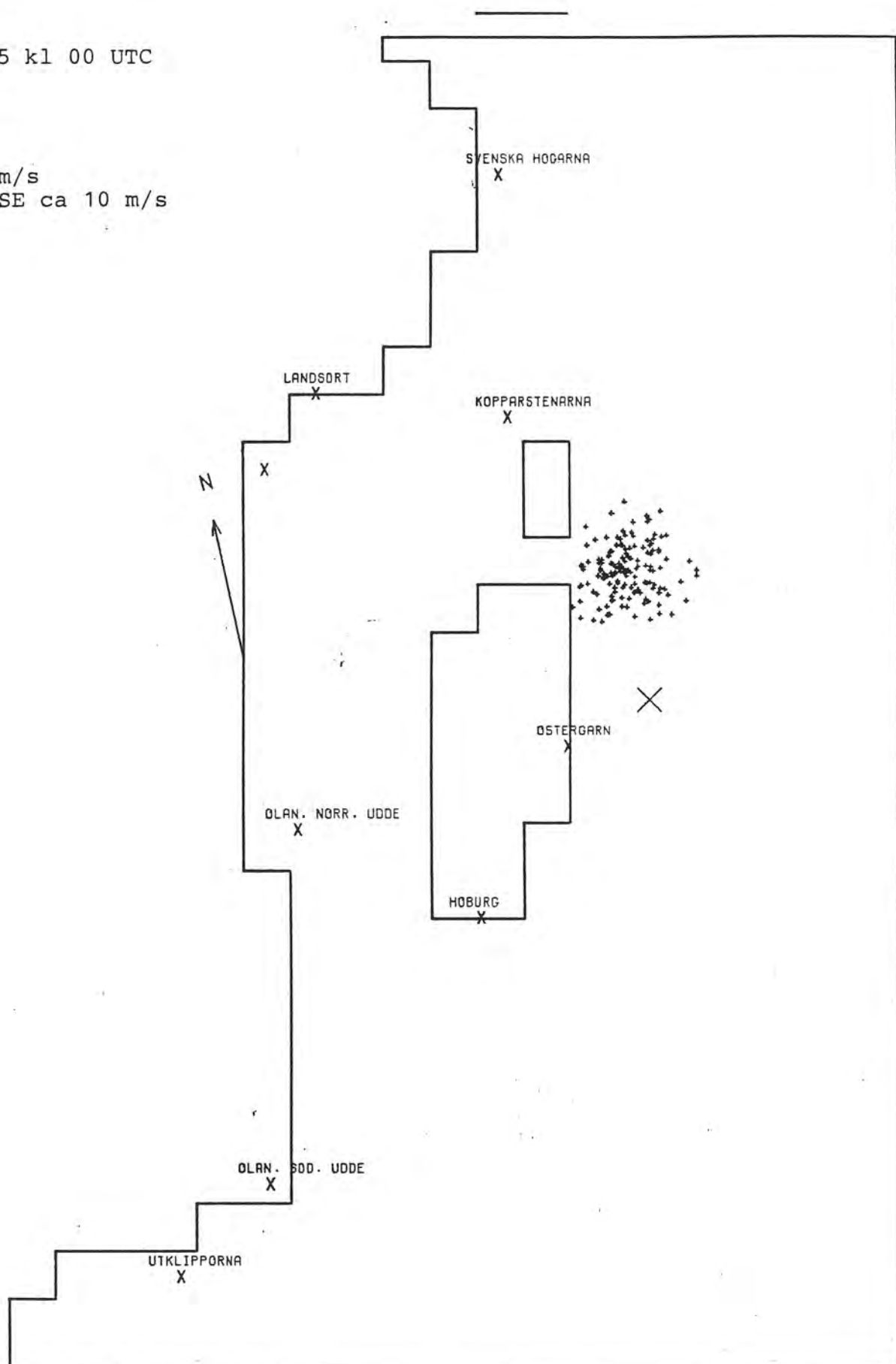
Gotlands sydkust

80-01-25 kl 00 UTC

t=120h

W ca 5 m/s

senare SE ca 10 m/s



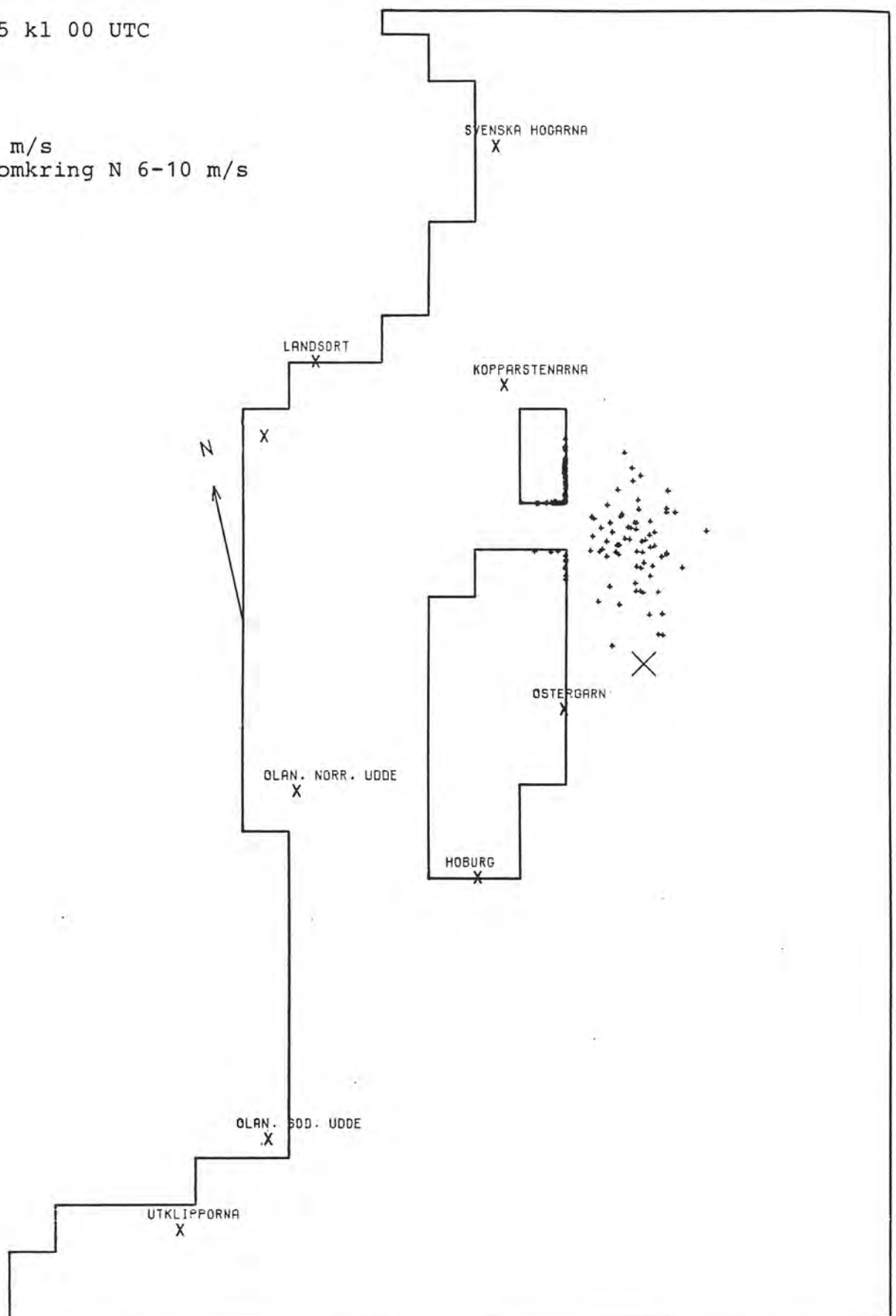
Gotlands sydkust

80-01-25 kl 00 UTC

t=240h

SE 12-5 m/s

senare omkring N 6-10 m/s

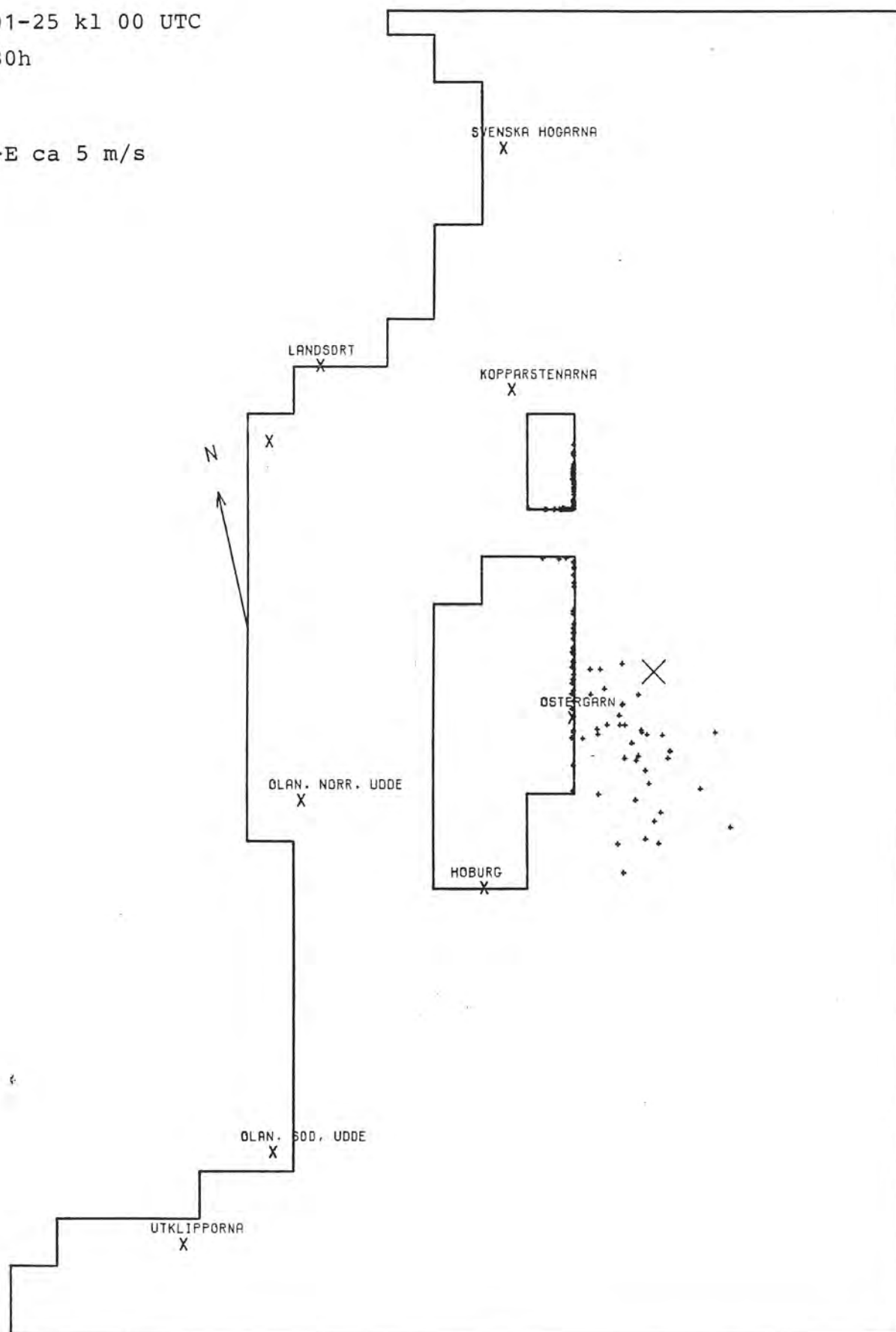


Gotlands sydkust

80-01-25 kl 00 UTC

t=480h

VXL-E ca 5 m/s

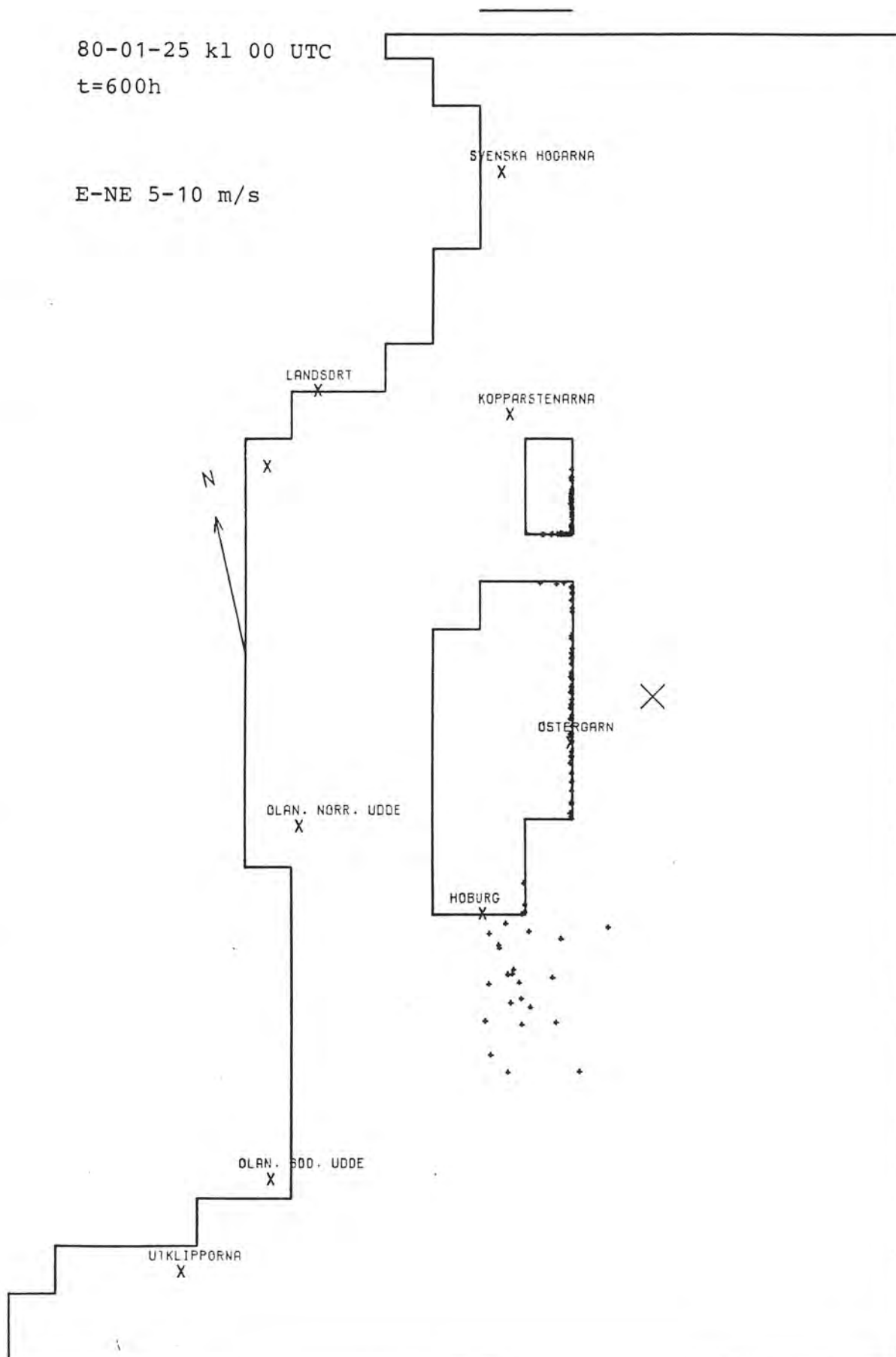


Gotlands sydkust

80-01-25 kl 00 UTC

t=600h

E-NE 5-10 m/s

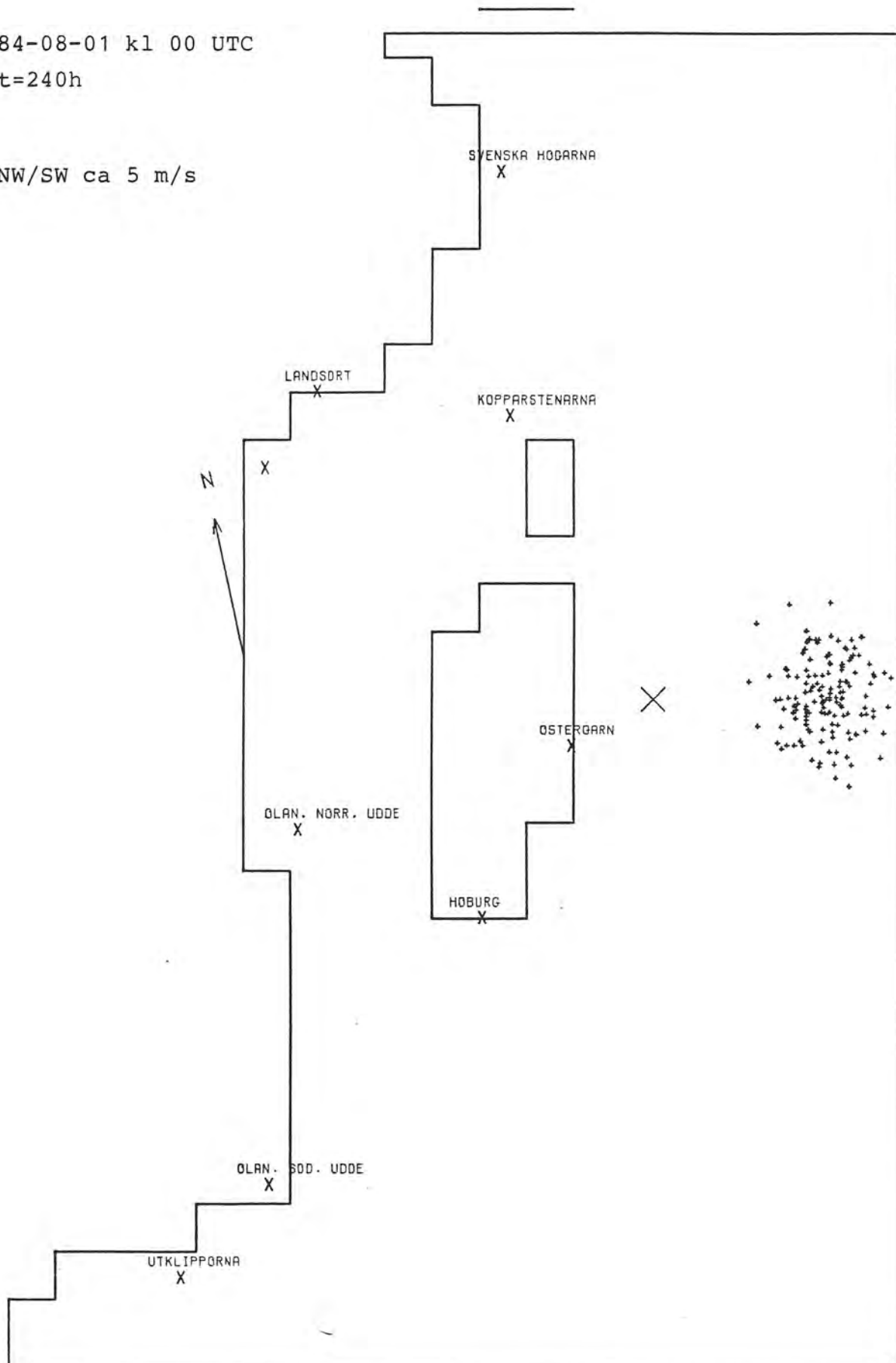


Till havs

84-08-01 kl 00 UTC

t=240h

NW/SW ca 5 m/s

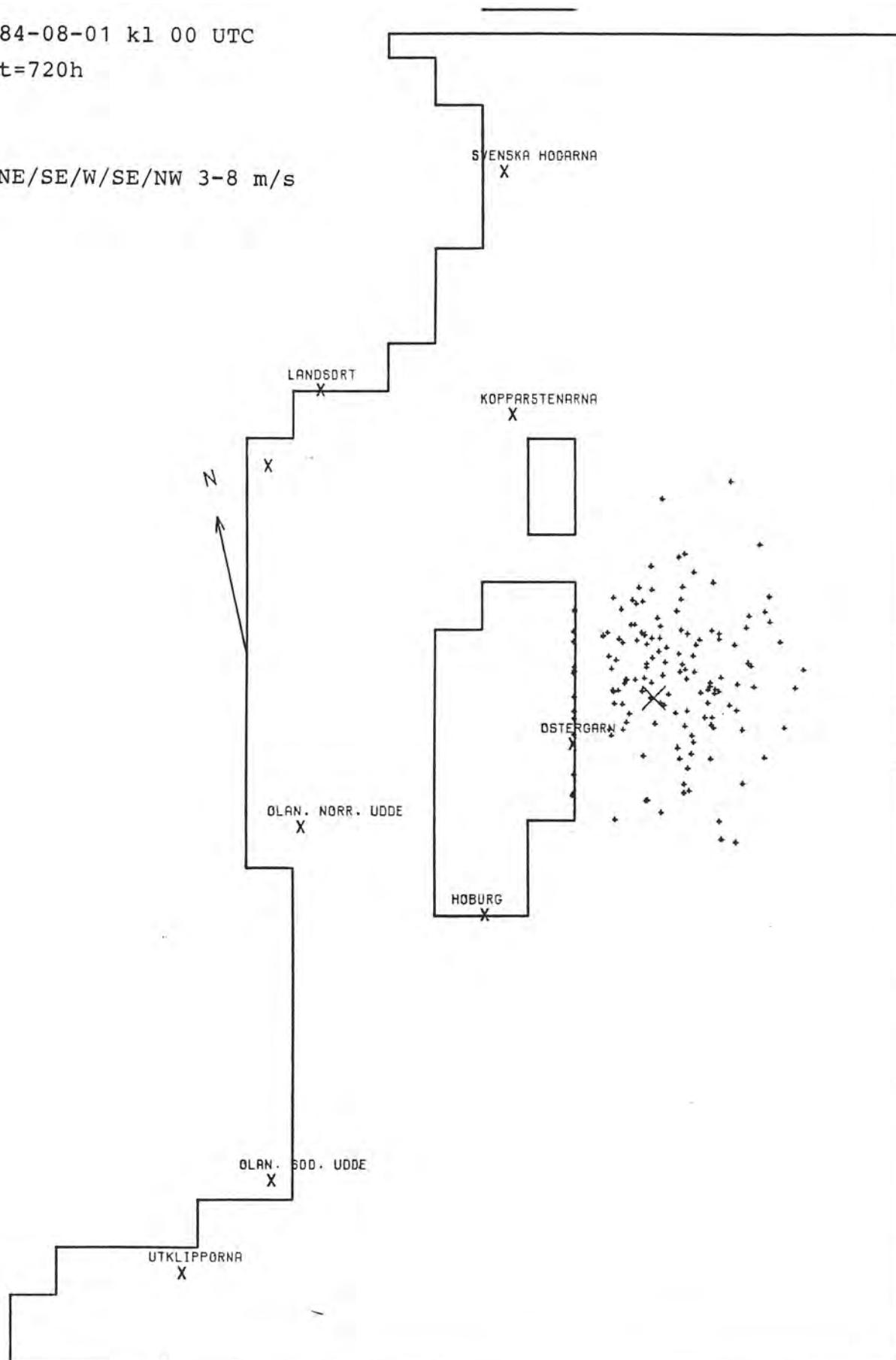


Till havs

84-08-01 kl 00 UTC

t=720h

NE/SE/W/SE/NW 3-8 m/s

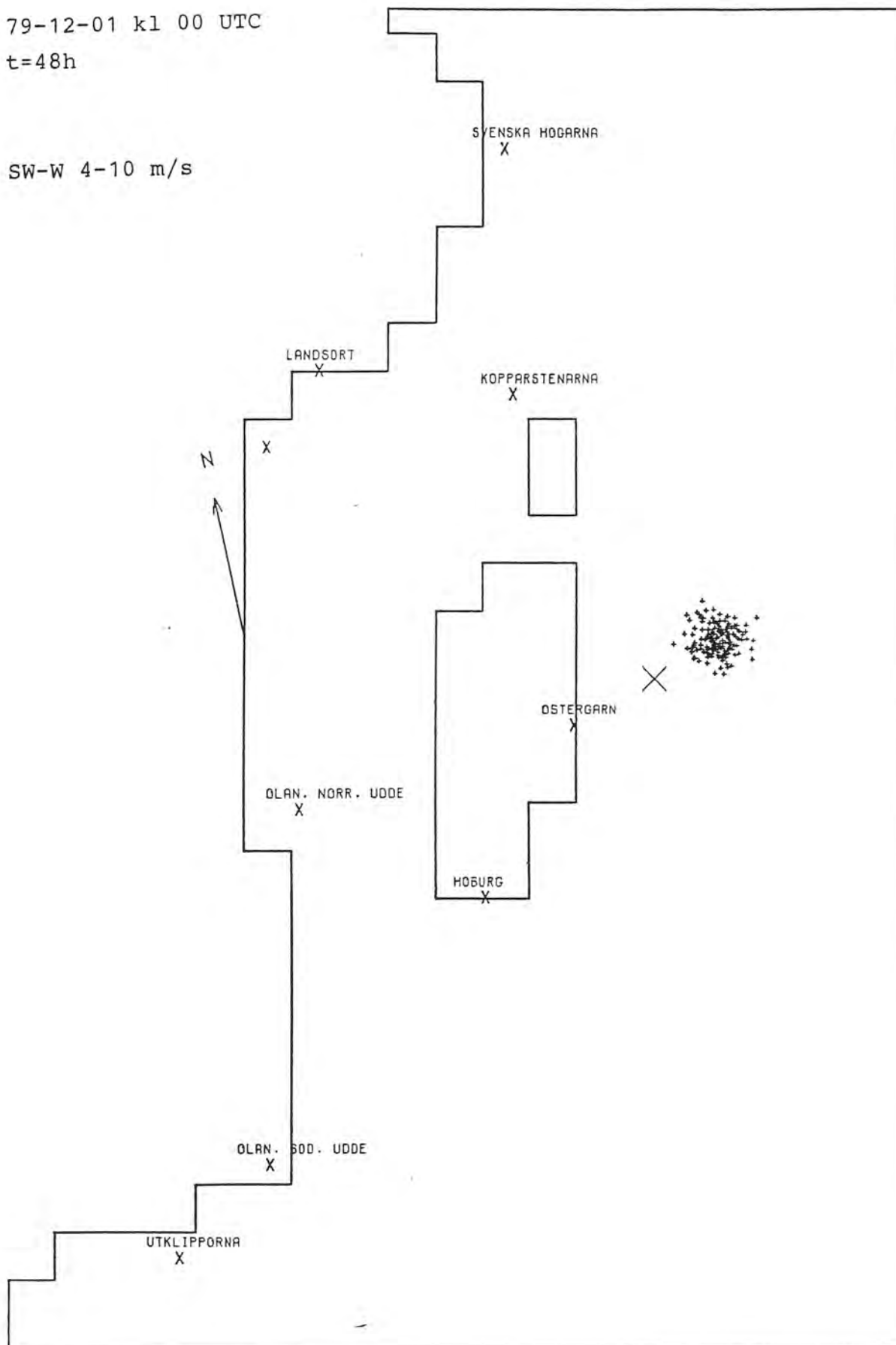


Balticum

79-12-01 kl 00 UTC

t=48h

SW-W 4-10 m/s

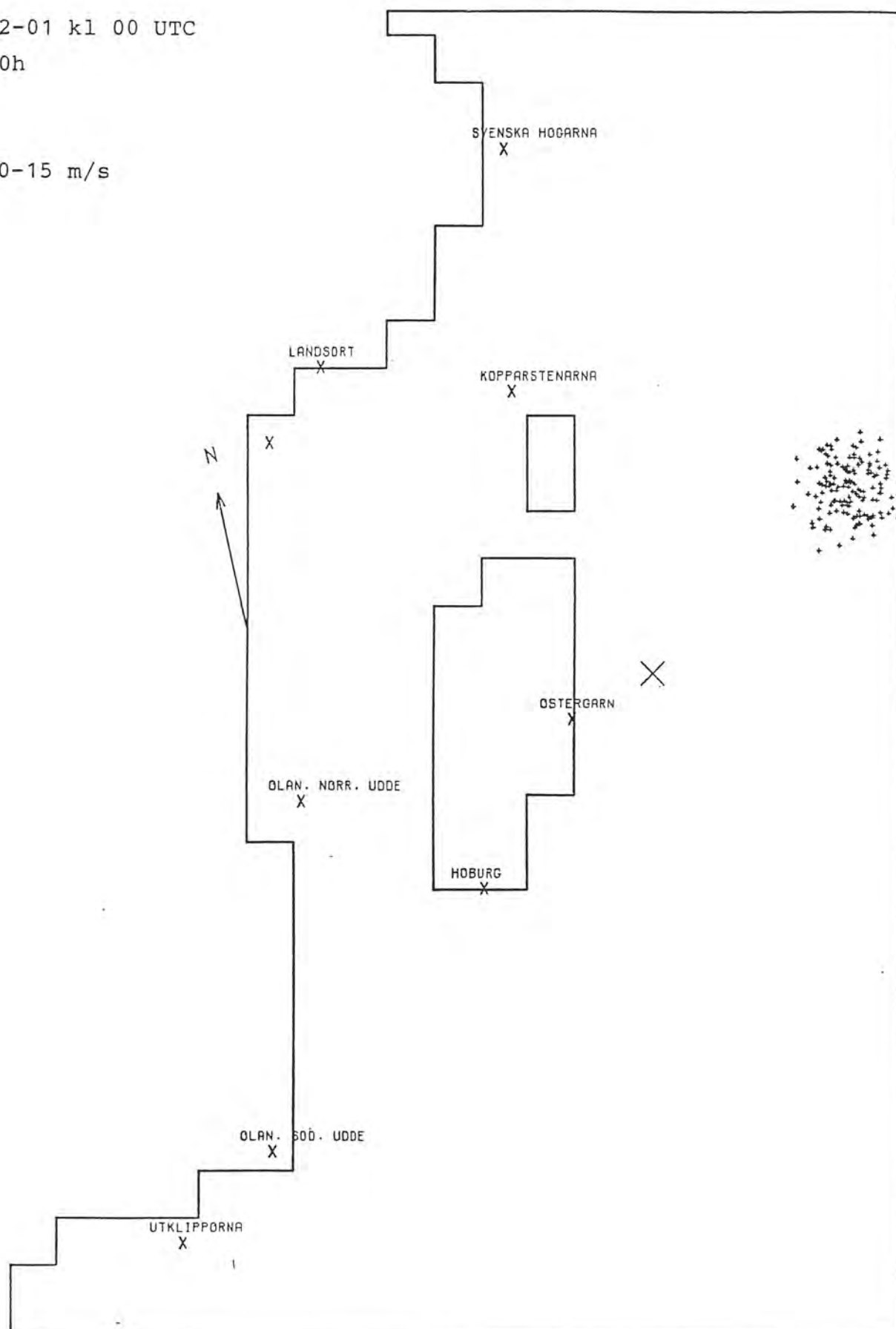


Balticum

79-12-01 kl 00 UTC

t=120h

SW 10-15 m/s

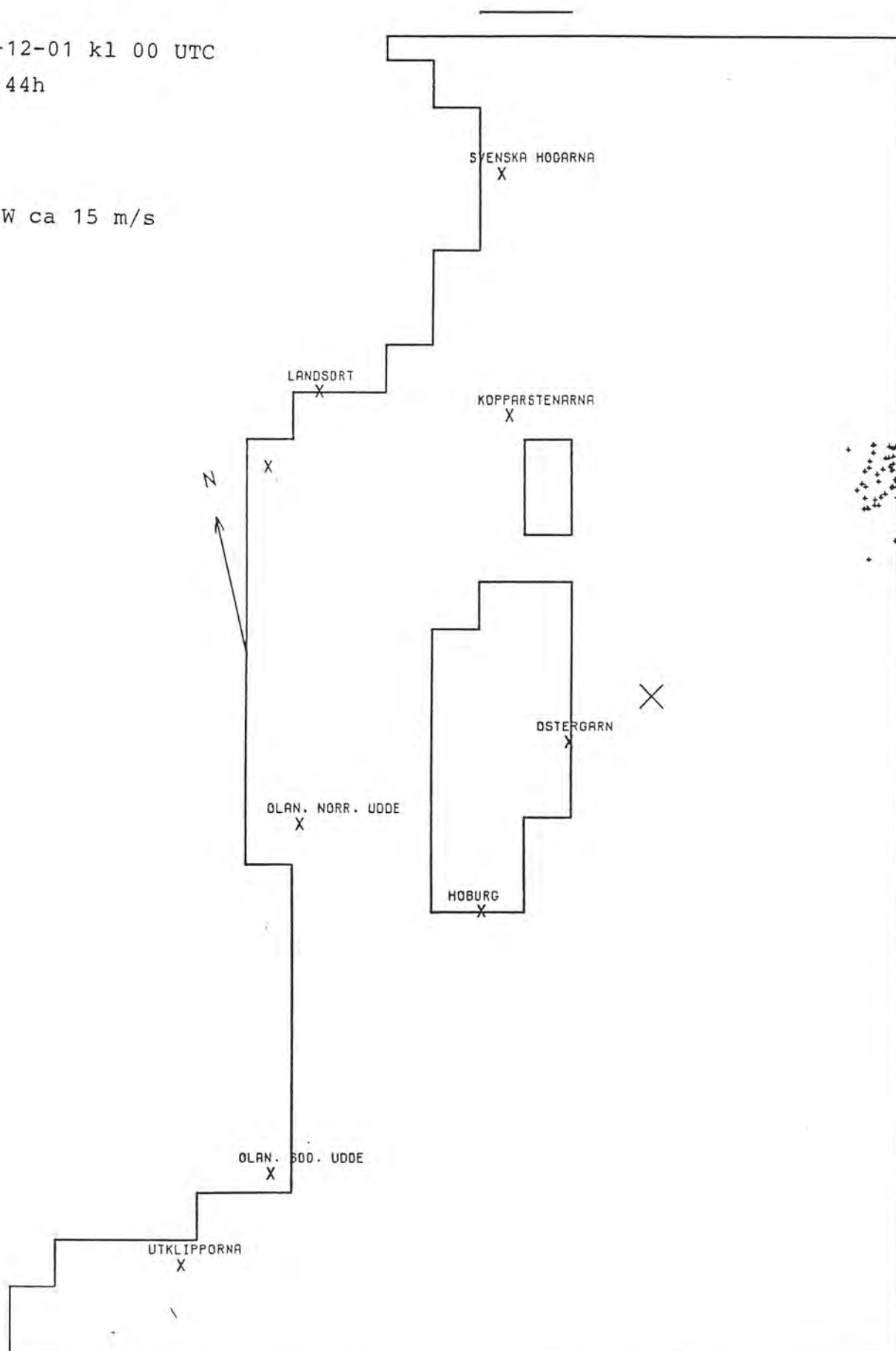


Balticum

79-12-01 kl 00 UTC

t=144h

SW-W ca 15 m/s

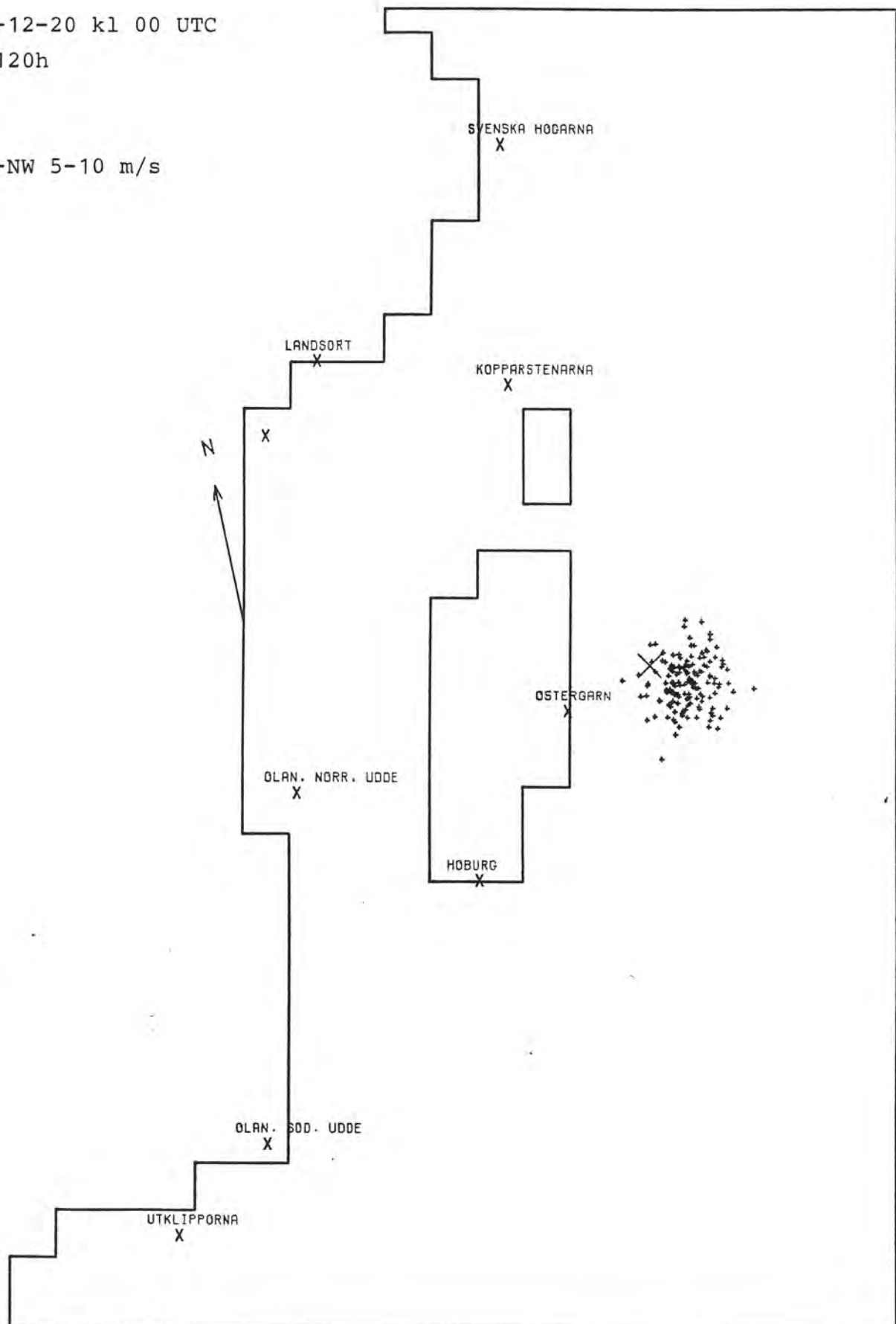


Stockholms skärgård

79-12-20 kl 00 UTC

t=120h

SW-NW 5-10 m/s

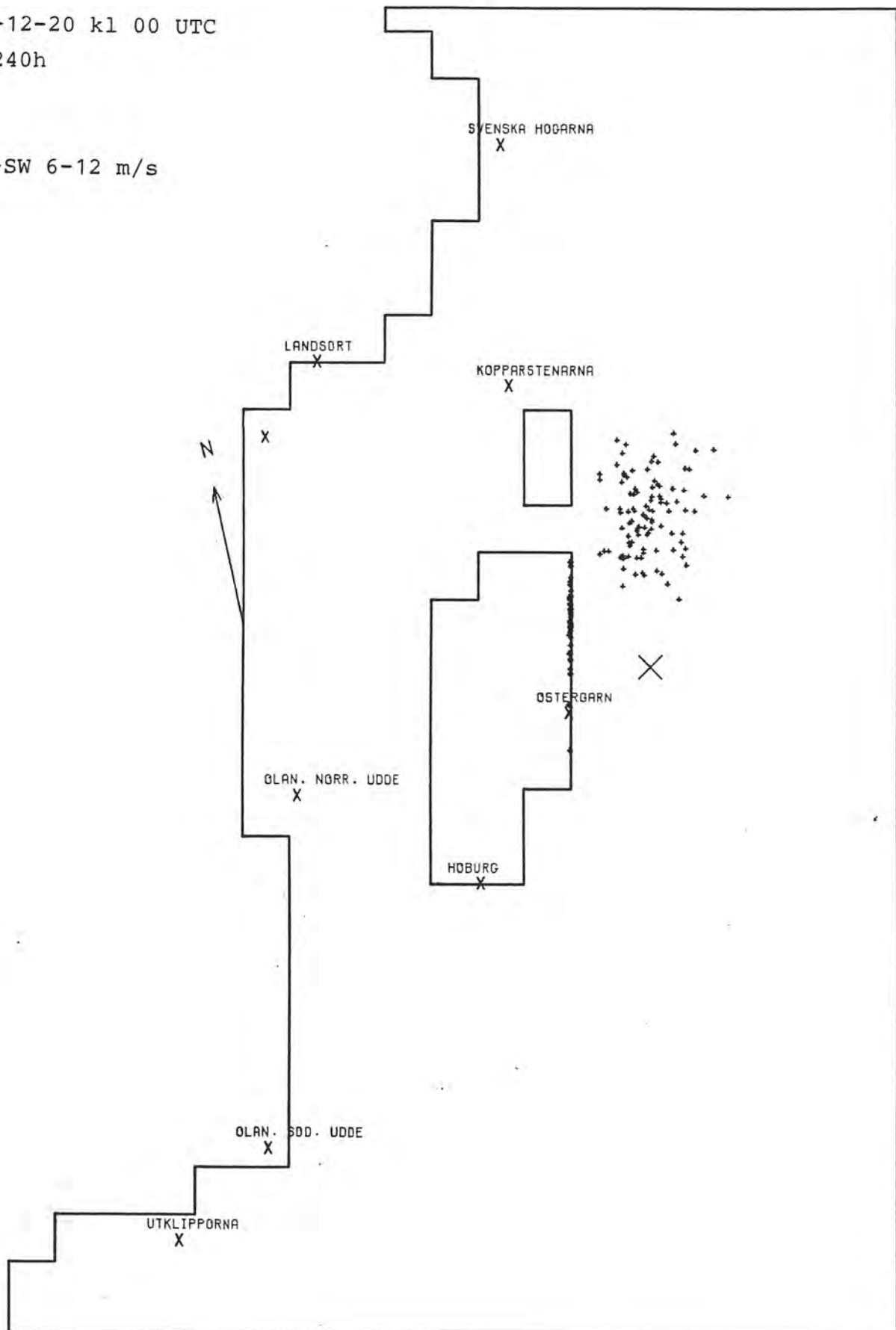


Stockholms skärgård

79-12-20 kl 00 UTC

t=240h

SE-SW 6-12 m/s

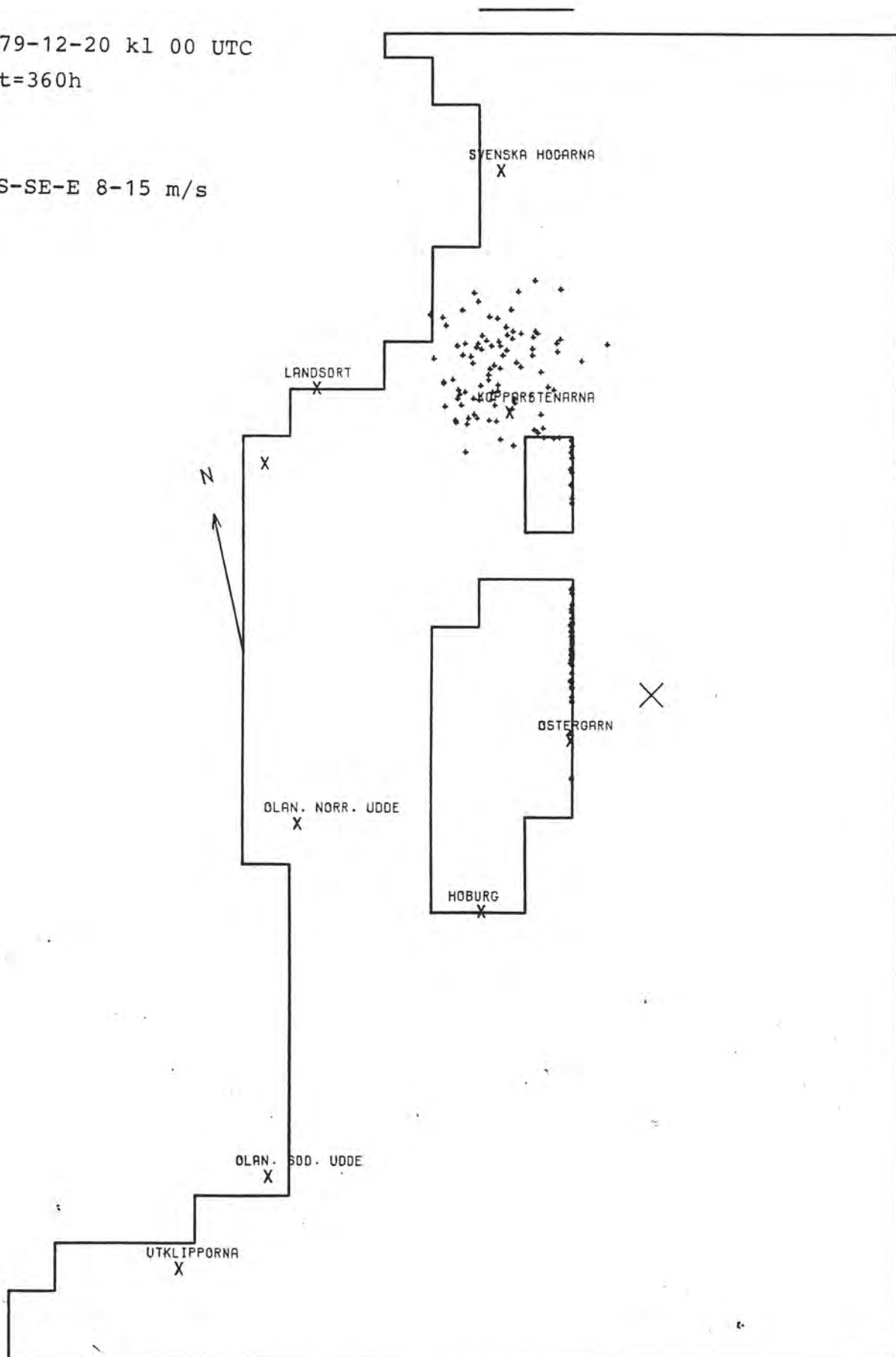


Stockholms skärgård

79-12-20 kl 00 UTC

t=360h

S-SE-E 8-15 m/s

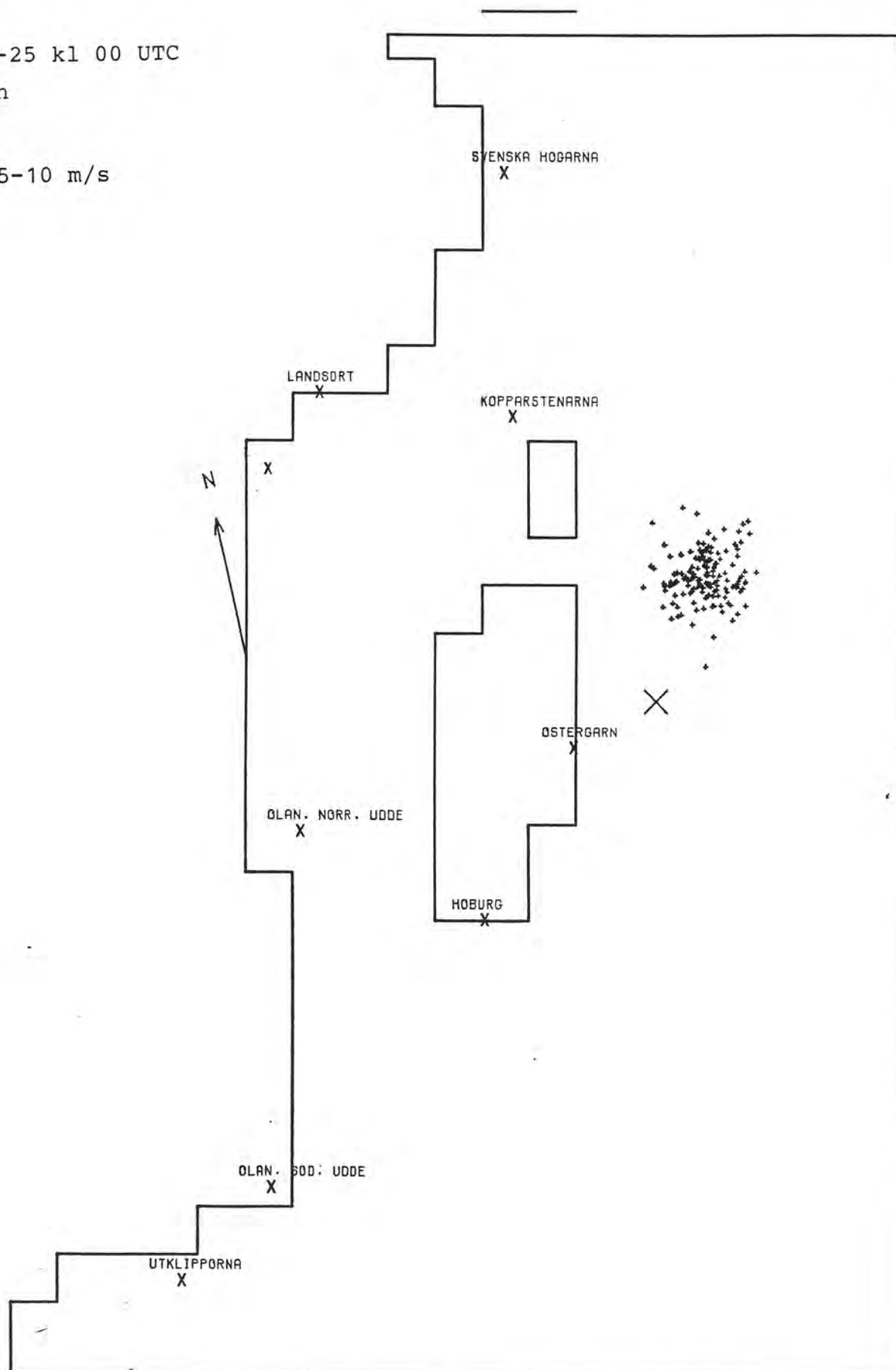


Finska viken

84-08-25 kl 00 UTC

t=240h

SW-W 5-10 m/s

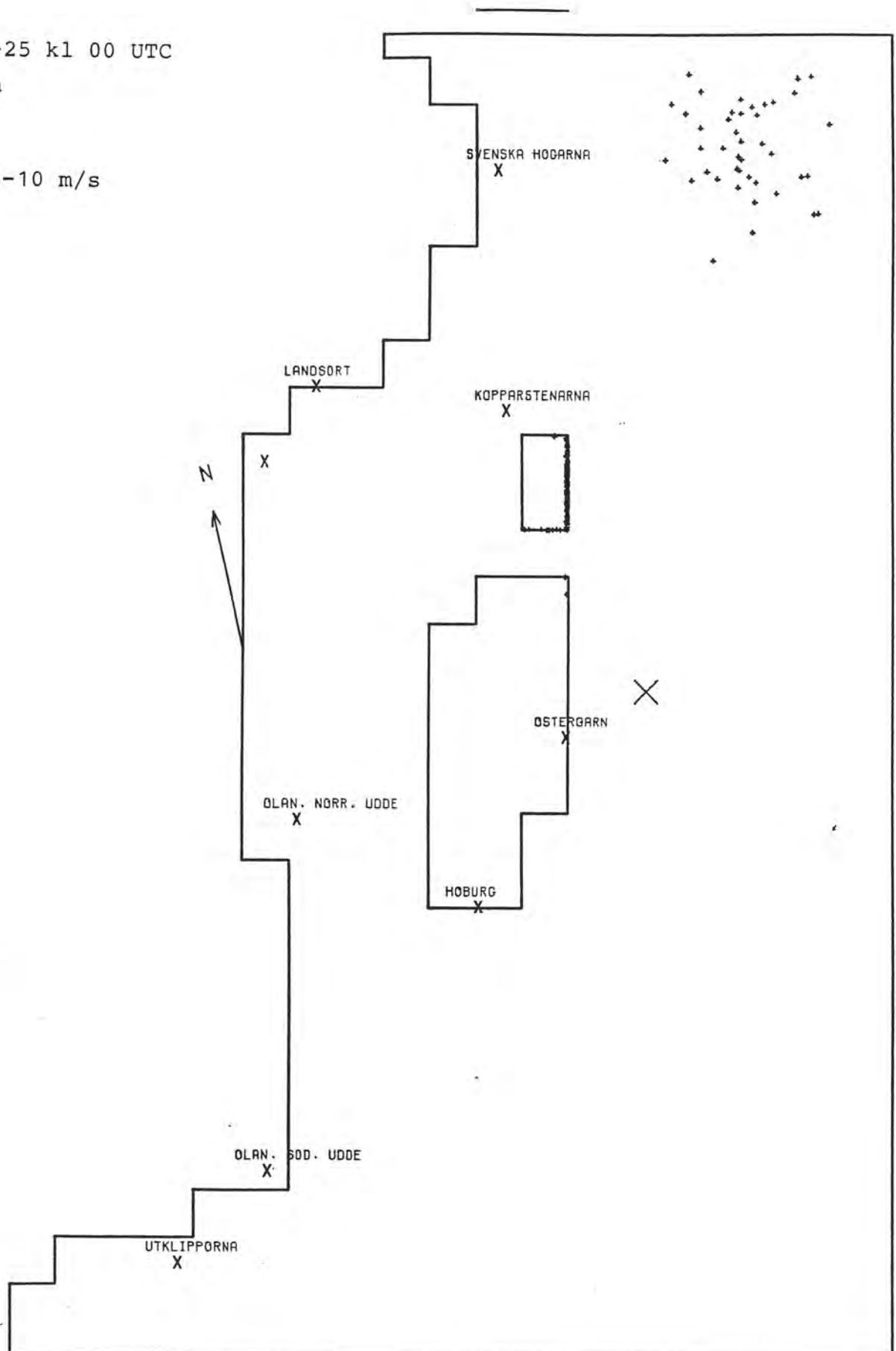


Finska viken

84-08-25 kl 00 UTC

t=480h

S-SE 5-10 m/s

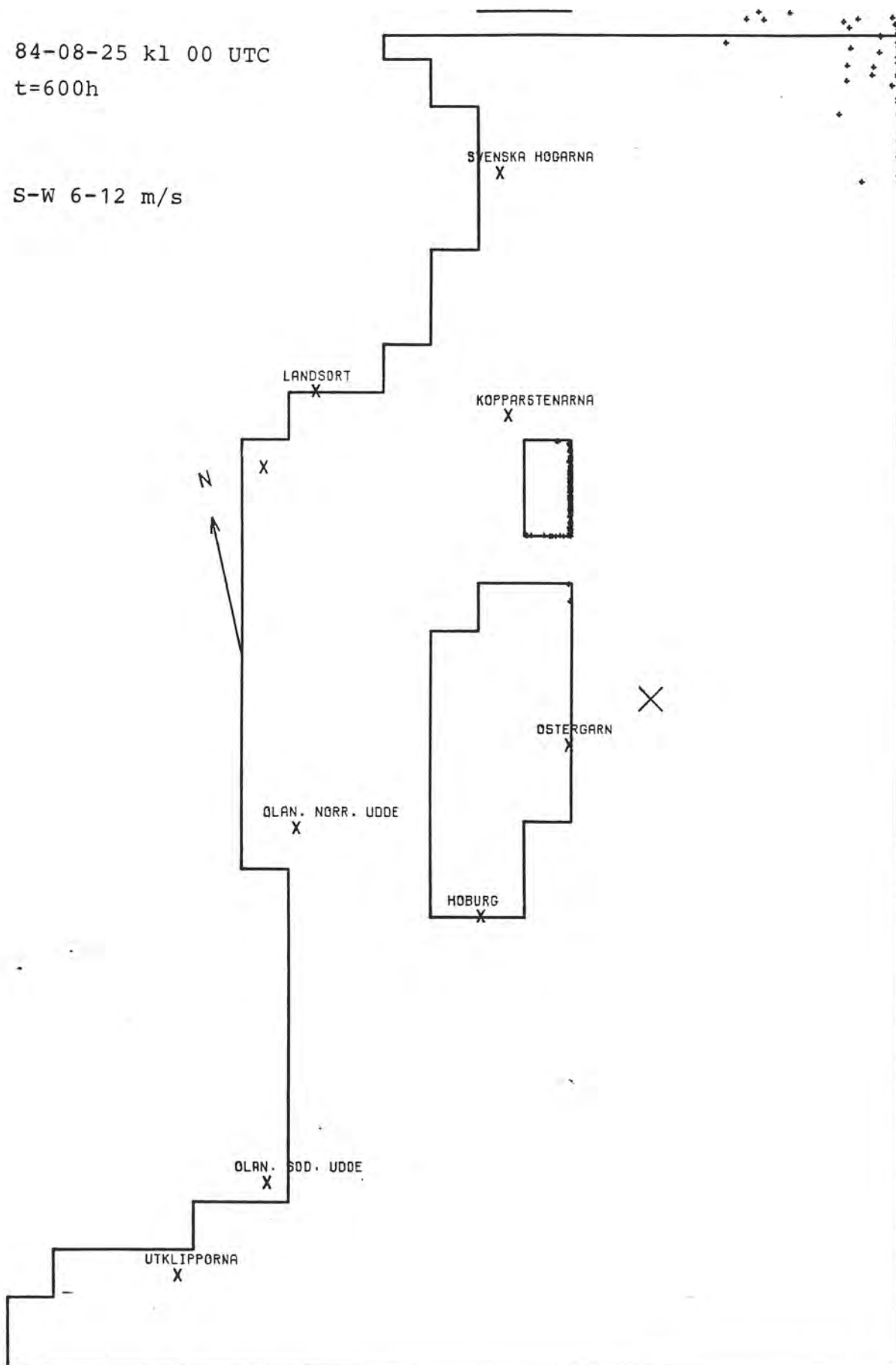


Finska viken

84-08-25 kl 00 UTC

t=600h

S-W 6-12 m/s





Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping. Tel 011-15 8000. Telex 64400 smhi s.