

LJUDTRYCKSNIVÅER OCH BULLERSTÖRNINGAR FRÅN
PROVSKJUTNINGAR PÅ TÖNNESFJÄLL DEN 21/2
OCH 22/2 1973

Algot Persson, Stiftelsen Svensk Detonik-
forskning Björn Eriksson Nitro Consult AB
NCS 1973:23 (DS 1973:6A) 12/3 1973

STIFTELSEN
SVENSK DETONIKFORSKNING
SWEDISH DETONIC RESEARCH FOUNDATION

VINTERVIKEN - 117 48 STOCKHOLM
SWEDEN

LJUDTRYCKSNIVÅER OCH BULLERSTÖRNINGAR FRÅN
PROVSKJUTNINGAR PÅ TÖNNESFJÄLL DEN 21/2
OCH 22/2 1973

Algot Persson, Stiftelsen Svensk Detonik-
forskning Björn Eriksson Nitro Consult AB

NCS 1973:23 (DS 1973:6A) 12/3 1973

SAMMANFATTNING

En undersökning av bullerstörningsförhållanden har utförts runt en planerad skjutplats för sprängfogning av plåt på Tönneshjäll, 2 mil nordost Ekshärad i Värmland.

Resultat av ljudtrycksmätningar och lyssnarenkäter i samband med en serie provskjutningar redovisas. På basis av detta material och tidigare erfarenheter har utarbetats en prognos för bullerstörningarna vid produktionsskjutning.

Skjutningarna kan komma att förorsaka bullerstörningar på upp till två mil från skjutplatsen. Skjutplatsens närhet till FOA:s seismologiska observatorium medför störningar på observatoriets seismiska bevakningssystem.

Undersökningen har utförts i samarbete mellan Nitro Consult AB och Stiftelsen Svensk Detonikforskning.

INNEHÅLLSFÖRTECKNINGSid.

1.	UPPDRAKSGIVARE	I
2.	UPPDRAK	I
3.	FÖRUTSÄTTNINGAR	I - 3
4.	PROVSKJUTNINGEN	2 - 3
5.	MÄTMETODER OCH MÄTPLATSER	3 - 5
5.1.	Ljudtrycksmätning	3 - 4
5.2.	Bestämning av ljudtryck genom vibrationsmätning	4
5.3.	Lyssnarenkäter	5
6.	MÄTRESULTAT	6 - 10
6.1.	Resultat av ljudtrycksmätning	6
6.2.	Resultat av vibrationsmätning	6 - 7
6.3.	Resultat av lyssnarenkäter	7 - 10
7.	KOMMENTARER TILL LJUDTRYCKSMÄTNINGARNA	10 - 12
8.	DEN METEOROLOGISKA SITUATIONEN UNDER FÖRSÖKSDAGARNA OCH DESS INVERKAN	12 - 13
9.	STÖRSITUATIONEN VID PRODUKTIONSSKJUTNING	13 - 16
9.1.	Bullerstörningsnivå	13 - 15
9.2.	Störningar på FOA:s seismologiska observatorium i Gunnerudssättern	15 - 16
10.	ÖVERVAKNING AV BULLERNIVÅN	16 - 17
10.1.	Mätapparatur för kontinuerlig övervakning	16 - 17
10.2.	Förslag på mätplatser vid övervakning av bullernivån	17

1. UPPDRAGSGIVARE

Nitro Metall
Att: Ing. E Liljeholm
710 30 Gyttorp

2. UPPDRAG

Ge förslag på lämpligt formulär för lyssnarenkät.
Utföra provskjutningarna på Tönnesfjället.
Utföra ljudtrycksmätning från skjutningarna.
Redovisa mätresultaten från provskjutningarna.
Sammanställa den utgivna lyssnarenkäten samt göra en värdering av mätresultaten.
Ge förslag till övervakning av bullernivån vid eventuellt fortsatt skjutning.

3. FÖRUTSÄTTNINGAR

En skjutplats för tillverkning av sprängfogad plåt planeras på Tönnesfjäll.

Vid sprängfogning av metaller placeras sprängämne (Gurit) jämnt fördelat ovanpå de på marken placerade metallstyckena och utan någon form av övertäckning. Vid Nitro Metalls skjutplats, väster Guldsmidshyttan, Örebro län, utföres sprängfogning av metaller med laddningar upp till ca 500 kg sprängämne.

Den defonerande laddningen ger liksom flygplan i överljudsfart upphov till en ljudtrycksvåg. Denna kan vara störande för människor som utsättes för den och i extrema fall kan den orsaka skador på byggnader.

Provskjutningar med ljudtrycksmätningar och lyssnarenkäter utföres för att utreda bullerstörningsnivån i omgivningarna och avgöra platsens lämplighet som skjutplats.

Området runt Tönnesfjället är glesbefolkat, närmast större samhälle är Tyngsjö med ca 200 personer. Tyngsjö ligger på ca 13 km:s avstånd från Tönnesfjället (se bilaga 1). På ca 20 km:s avstånd ligger Ekshärad - Kyrkheden med ett sammanlagt innevånarantal på ca 3000.

Inom en radie från Tönnesfjället av 5 km finns minst 3 st sommarstugor.

I området som begränsas av cirklarna med radierna 5 och 10 km räknar vi med ca 100 fast bosatta personer och ca 100 sommargäster. På avstånd mellan 10 och 15 km uppskattas befolkningen till ca 375 fast bosatta personer och ca 75 sommargäster (se bilaga 1).

I Gunnerudssättern 22 km söder om skjutplatsen har FOA ett seismologiskt observatorium. I Stöllet, ca 24 km nordväst om skjutplatsen och i Äppelbo ca 25 km nordost om skjutplatsen ligger seismiska mätstationer vars signaler registreras i Gunnerudssättern. Skjutplatsen ligger med andra ord nästan mitt i den s.k. seismiska triangeln vars hörn utgörs av Hagfors (Gunnerudssättern) Stöllet och Äppelbo.

4. PROVSKJUTNINGEN

Skjutplatsen var belägen på en höjd av 425 m ö.h. lat. $60^{\circ} 20'$ long. $13^{\circ} 39'$.

Inhämtande av tillstånd för skjutningen, iordningställning av skjutområde samt information och kontakt med myndigheter och allmänhet har ombesörjts av Uddeholms AB (övering. Börje von Hülphershausen) och Nitro Metall (ing. Ellert Liljeholm).

Skjutvarning utfärdades i lokalpressen före provskjutningarnas utförande. I bilaga 2 visas annonsförslaget samt i vilka tidningar annonsen införts.

Avspärrningar och varningstavlor sattes upp på ett avstånd av 250 - 300 m från skjutplatsen. Vägen upp till

skjutplatsen spärrades av på ett avstånd av ca 500 - 600 m från skjutplatsen med varningsskyltar och post med röd flagga.

Avfyrningsbunkern, ett plåtmagasin av typ Nitro Nobel, placerades 250 - 300 m från skjutplatsen.

Kontakten mellan sprängplats och mätplatser hölls via bilar med kommunikationsradio som ställts till disposition av Uddeholms AB.

Sprängämnet placerades på stålplåtar vilka låg på en grusbädd med 0,30 - 0,5 m:s tjocklek. Jordlagret under grusbädden hade vid första skottet en tjocklek på ca 0,5 m och vid andra skottet ca 0,8 m. Vid övriga skott låg grusbädden direkt på berget.

Trotylstavar och Donarit användes vid provskjutningarna. Den 21.2 sköts 4 skott och den 22.2 sköts 3 skott enligt följande:

21.2	1:a skottet	kl	11.00	250 kg trotyl
	2:a skottet	kl	12.00	500 kg trotyl
	3:e skottet	kl	15.00	250 kg trotyl
	4:e skottet	kl	17.00	500 kg trotyl
22.2	1:a skottet	kl	10.20	500 kg trotyl
	2:a skottet	kl	12.00	500 kg trotyl + 500 kg Donarit
	3:e skottet	kl	15.00	250 kg trotyl

Sprängämnet initierades med elektriska momentsprängkapslar typ TE (3 st per skott).

5. MÄTMETODER OCH MÄTPLATSER

5.1. Ljudtrycksmätning

Blockschemat i bilaga 3 visar mätutrustningen för ljudtrycksmätningen. Kondensatormikrofonen, som är helt slutten, har tillsammans med bärfrekvensförstärkaren en rak frekvenskurva mellan 0,01 p/s - 7000 p/s $\pm$ 1,5 dB.

UV-skrivarens galvanometrar begränsar emellertid den raka frekvenskurvan uppåt till 400 p/s, vilket är tillräckligt vid mätning på stora avstånd från laddningen. Vid mätstationen i Knoände registrerades signalerna både på mätbandspelare och på UV-skrivare. Systemet, mikrofon - förstärkare - bandspelare har en rak frekvenskurva mellan 0,01 p/s - 7000 p/s $\pm$ 1,5 dB. Mätutrustningarna mäter tryckskillnader mellan 0,01 - ca 10 mbar.

Vid alla mättillfällen var mikrofonerna placerade fritt från byggnader och andra större föremål.

Ljudtrycksmätning utfördes på 4 platser vilka var belägna vid Mussjön, Brunnberget, Uvanå och Knoände. Kartan, bilaga 4, visar mätpunkternas läge och avstånd (km) i förhållande till skjutplatsen.

På skisserna i bilagorna 5, 6, 7 och 8 visas mikrofonernas uppställningsplatser.

5.2. Bestämning av ljudtryck genom vibrationsmätning.

När en ljudtrycksvåg passerar över en byggnad kommer olika byggnadsdelar att sättas i svängningar. Svängningarnas amplitud bör på något sätt stå i samband med ljudtrycksvågens max. tryck.

Ett antal Ampligrafer uppsattes för mätning av horisontella förflyttningar. Ampligrafen är en långtidsskrivande vibrograf, för kontinuerlig övervakning av vibrationer. Instrumentet har låg skrivhastighet och registrerar vibrationens max. amplitud. Mätnoggrannheten är 10 - 20 % i frekvensområdet 10 - 400 p/s. Mätsystemets egenfrekvens vid horisontal mätning är 2,7 p/s.

Ett trähus på varje mätplats utsågs för denna mätning. Ampligrafernas placering på husen framgår av skisserna i bilagorna 5, 6, 7 och 8.

5.3. Lyssnarenkäter

I den annons angående skjutningarna som infördes i dagspressen uppmanades kring skjutplatsen boende personer att låta höra av sig om de uppfattat något buller vid de angivna skjuttiderna (se bilaga 2).

För att få bästa möjliga uppfattning om bullrets utbredning och störningsnivån utdelades genom Uddeholmsbolagets försorg ett antal frågeformulär av det utseende som bilaga 9 visar.

Formuläret utdelades till ca 50 personer bosatta inom 20 km:s avstånd från skjutplatsen. Antalet formulär som utdelades på respektive orter skulle i möjligaste mån stå i proportion till antalet bosatta på orten. Formuläret utdelades även till operatörerna på mätplatserna. Frågeformuläret hade utarbetats med utgångspunkt från den dos-response skala som framgår av bifogade rapport DL 1973:6 från Nitro Nobels Detoniklaboratorium, vilken innehåller en förhandsbedömning av störförhållandena runt skjutplatsen. Förhoppningen var att ur dessa enkäter kunna dra slutsatser om störförhållandena de aktuella dagarna. De personer som deltog i försöken skulle ange datum och tid för observationen och gradera bullrets styrka i 5 nivåer: 1. Knappt märkbart. 2. Klart märkbart. 3. Irriterande. 4. Obehagligt. 5. Mycket obehagligt. Som hjälp för bedömningen av bullrets styrka lämnades förklarande exempel på bullerfenomen dock icke till nivå 3 irriterande. På den korta tid som stod till buds vid formulärets utarbetande kunde inte någon lämplig exemplifiering av denna nivå formuleras. Formulärets nedre del ger försökspersonerna möjlighet att fylla i uppgifter om fenomen i form av husrörelser som brukar uppträda vid ljudtrycksvågens passage t.ex. skallrande fönster, svajande väggar etc.

6. MÄTRESULTAT

6.1. Resultat av ljudtrycksmätning

Protokoll över mätresultat från ljudtrycksmätningarna ges i bilaga 10.

Sammanställning över mätresultat och väderobservationer ges i bilagorna 11 och 12.

Temperatur och vinduppgifterna i sammanställningen anger förhållandena ca 2 m över markytan vid respektive mätplatser.

I tabellerna har inlagts en kolumn för beräknat positivt max. tryck. Max. trycket är beräknat enligt formeln:

$$p = 700 \frac{Q^{1/3}}{R} \text{ mbar}$$

där Q är laddningsvikten i kg TNT, R är avståndet i m.

Detta gäller om en ostörd utbredning av luftstöt vågen antas och ingen hänsyn tages till geografiska eller meteorologiska förhållanden (enl. DL 1973:6).

6.2. Resultat av vibrationsmätningar

Bestämningen av ljudtryckets maximala amplitud genom att mäta den horisontella förskjutningen i några utvalda byggnader när ljudvågen passerade gav inte sådant resultat att man kan våga använda samma försöksanordning utan kompletterande undersökning. Ampligraferna var vid dessa mätningar placerade så att de registrerade skjuvningen av husstommen till följd av tryckvågen. I vibrationsprotokollet, bilaga 13, redovisas de uppmätta max.-amplituderna d.v.s. den maximala förflyttningen uttryckt i μ vid tidpunkterna för skott. I diagrammen bil. 14 har den uppmätta amplituden avsatts som funktion av det uppmätta maximala positiva ljudtrycket och i diagrammen bil. 15 amplituden som funktion av det maximala positiva eller negativa ljudtrycket. Som framgår av diagrammen visar mätresultaten mycket stor spridning för max. tryck mindre än 0,5 mbar. För högre tryck kan man finna en antydning till ett linjärt samband vid några av mätplatserna, men antalet mätpunkter med tryck över 1 mbar är för få för att ett samband skall

kunna bestämmas. Då man kan förvänta sig att på de orter där Ampligraferna nu varit monterade ljudtryckets max. värde ofta kommer att vara mindre än 1 mbar kan inte denna mätmetod rekommenderas. En placering av Ampligraferna vinkelrätt mot ett lätttrörligt väggelement ger visserligen större utslag för lägre tryck men i så fall måste en ny kalibrering göras.

6.3. Resultat av lyssnarenkät

Av de utsända frågeformulärena har 39 st erhållits i retur. Dessutom har ytterligare 6 st rapporter om bullrets hörbarhet lämnats. Observationerna har gjorts på orter i olika riktningar från skjutplatsen och på avstånd mellan 5 - 26 km. De tillfrågades uppgifter om bullrets styrka och iakttagna byggnadsrörelser har samlats i tabellen, bilaga 16. I denna har observationerna grupperats efter ort och tidpunkt. Orterna har ordnats efter bäring sett från skjutplatsen. Observationer gjorda inomhus har markerats på så sätt att siffran motsvarande bullrets styrka omgivits med en kvadrat. Motsvarande observation utomhus är angiven i en cirkel. Siffrorna motsvarande samtidigt iakttagna byggnadsrörelser såsom skallrande fönsterutor, svajande väggar har angivits under respektive bullerobservation. I ett flertal fall har uppgiftslämnaren rapporterat hörbarhet vid något eller några skotttillfällen. Man kan då förmoda att han ej uppfattat övriga skott. Detta har markerats med ett horisontellt streck. En viss osäkerhet föreligger emellertid härvid då observatören kan ha befunnit sig på annan ort vid dessa tillfällen. Några personer har dock angett att man ej hört buller vid flera tillfällen än som uppgivits. Samtliga observationerna har likaledes redovisats i sju stycken kartor, bilaga 17 - 23, en karta för varje provskott, upptagande ortsnamn på de platser där observationerna gjorts. Bredvid eller under ortsnamnen har bullrets styrka angivits på samma sätt som i tabellen, bilaga 16.

För att kunna bedöma trovärdigheten och objektiviteten i de lämnade uppgifterna om bullrets styrka får man ta hänsyn till följande faktorer som kan påverka observatören.

1. Sinnesstämning. Personen kan vara negativt inställd till försöket eller dess ändamål. Ex. Knoände 21/2.
2. Personen har ej tidigare upplevt impulsbuller av detta slag och har således inget jämförelsematerial. Viss exemplifiering hade därför tillfogats på frågeformuläret.
3. Personen kan ha upplevt kraftigt buller tidigare i sitt liv och då i tragiskt sammanhang t.ex. sprängolycka, åsknedslag, minsprängning. Han eller hon upplever då även måttligt buller som obehagligt.
4. Personen upplever de rörelser byggnaden erfar då ljudtrycksvågen passerar som obehagliga varvid hans intryck av det samtidiga bullret förstärks, ex. Andersviksberg 21/2 och Tyngsjö 21/2 kl 17.00.

Dessa faktorer bland andra kan givetvis resultera i en övervärdering eller undervärdering. Man får anta att sådana värderingar inte i alltför hög grad påverkat resultatet vid detta tillfälle.

Som väntat förekommer också uppgifter om buller på tider då någon provskjutning ej företogs. Dessa uppgifter har utelämnats.

Av tabellen framgår att på de flesta orterna har bullret varit hörbart eller måttligt (styrka 1 och 2) under de båda skjutdagarna till och med på de orter som ligger närmast skjutplatsen. I 25 fall har angivits buller motsvarande styrka 3 och därutöver. Uppgifter om styrka 4 och 5 på orter med ungefär samma bäring från skjutplatsen antyder att bullret under skjutdagarna koncentrerats i vissa riktningar. Kartorna ger en bättre bild av hur ljudutbredningen varierat skott för skott under de båda dagarna, vilket också verifieras av mätningarna. Vid skottet kl 17.00 21/2 tyder uppgifterna från Tyngsjö på att en fokusering av ljudet skett i denna riktning och det är inte omöjligt att man där haft ett ljudtryck som varit lika med eller större än det som uppmättes i Uvanå

(0,9 mbar). Från Stackerud rapporteras en 4 kl 10.20 den 22/2, se bilaga 21. I Ekshärad uppfattade man då bullret tydligt styrka 2 och även i Kullen 25 km från skjutplatsen hade buller kunnat höras. I Mussjön uppmättes vid denna skjutning ett ljudtryck av 2,1 mbar. Bullret uppfattades som en kraftig knall. Trycktidförloppet som registrerats på skrivaren vid mätstationen i Mussjön visar en mycket brant uppgång och styrker observationernas riktighet.

Om man ur dessa tabeller vill försöka uppskatta de maximaltryck som uppnåtts på observatörens ort så kan man inte utan vidare använda sig av den dos - response skala som framgår av tabellen (bil. 24) då som tidigare påpekats en viss under- eller övervärdering ägt rum. Jämför man däremot de uppmätta maximaltrycken med de observationer som gjorts på mätplatserna erhålles nedanstående fördelning.

Observatörens uppfattning	Uppmätt max.-tryck (i mbar) på orten vid tillf. för observationen	Tryckområde motsvarande observation (mbar)	Motsvarande störnivå
-	0.15, 0.11	0 - 0.2	
1	0.22, 0.22, 0.28, 0.28 0.34, 0.34, 0.39, 0.39, 0.35 0.31, 0.35, 0.35, 0.31, 0.38 0.43, 0.43, 0.43 0.57	0.2 - 0.6	1 - 2
2	0.28, 0.28, 0.25 0.39, 0.35, 0.31, 0.39, 0.31 0.39, 0.35, 0.35 0.43 0.57, 0.56 0.70, 0.70 0.87 0.91, 0.91	0.3 - 0.9	2 - 3
3	0.53 0.70, 0.70, 0.75 1.9	0.5 - 1.9	3 - 4
4	0.7 2.1	0.7 - 2.1	3 - 4
5	ej uppmätt	0.8 och därutöver	3 - 5

Som framgår av tabellen är överlappningen mellan observationerna stor vilket var att vänta dels på grund av att ingen skillnad gjorts på inomhus resp. utomhusobservation och dels på grund av de tidigare nämnda faktorerna som kan påverka observatörens uppfattning av bullret.

Erfarenheten från tidigare mätningar visar att ljudtryck mindre än 0,2 mbar med lågfrekvent tidsförlopp endast kan uppfattas om det är mycket tyst eller genom att tryckvågen förorsakar byggnadssvängningar. Även dessa provskjutningar styrker att observatören har svårt att med örat registrera så små tryckökningar. Rapport om styrkan 1 har givits vid max. tryckvärden mellan 0,2 - 0,6 mbar och styrkan 2 för värden mellan 0,3 - 0,9 mbar. Styrkan 3 har observatörerna ansett lämplig för ljudtryck mellan 0,54 och 1,9 mbar och styrkan 4 för värden mellan 0,7 och 2,1 mbar. Något mätvärde då buller med styrka 5 angavs finns inte. Uppskattningsvis har denna rapport avgivits för tryck 0,8 mbar och däröver. Motsvarande störnivåer skulle då enligt dos - response skalan bli som i tabellens sista kolumn.

7. KOMMENTARER TILL LJUDTRYCKSMÄTNINGARNA

Protokollet, bilaga 10, visar att vid flera tillfällen hade trycktidförloppets undertrycksfas ett större max. värde än övertrycksfasen. Som maximitryck har i tabellerna bilaga 11, 12 och i den fortsatta diskussionen betraktats det största registrerade värdet av de positiva eller negativ trycksvängningarna.

I 5 fall av 7 har ljudtrycket i någon riktning överstigit det för ostörd utbredning beräknade max. trycket, som mest med 2,1 ggr (Mussjön den 22/2 kl 10.20). I övriga riktningar har då ljudtrycken varit lägre eller betydligt lägre. En förstärkning av ljudtrycket har erhållits vid tre av de fyra mätplatserna dock inte vid samma tidpunkt.

Vid de flesta skottillfällen rådde vindstilla och endast i ett fall synes markvinden haft sådan riktning att den direkt bidragit till en förstärkning (Mussjön den 22/2 kl 10.20). Att likväl en förstärkning erhöles i Uvanå 21/2 kl 17.00 förklaras närmare under punkt 8 där en analys av vädersituationen redovisas.

Av resultaten från ljudtrycksmätningarna framgår att ändringar i vädersituationen inverkar betydligt mera på det maximala ljudtrycket än en variation i laddningsvikten. T.ex. vid detonation av 500 kg trotyl vid tre olika tillfällen uppmättes i Mussjön ett max. tryck av 0,25, 0,87 och 2,1 mbar.

Mätningarna vid Tönnesfjäll bekräftar erfarenheterna från mätningarna i Nyberget att en förstärkning av ljudtrycket med 2 - 3 ggr det beräknade värdet är vanligen förekommande. Registreringarna från mätstationerna runt Tönnesfjäll kan således ej anses på något sätt vara exceptionella. Erfarenheter från andra skjutfält och militära övningar visar att någon gång under året kan uppstå en sådan vädersituation att lokalt mycket höga ljudtrycksvärden (3 - 5 ggr det beräknade) kan uppnås.

De nu genomförda provskjutningarna utfördes med i huvudsak trotylladdningar. Den typ av sprängämnen som användes vid sprängfogning Unex, Gurit och liknande har ett lägre energiinnehåll och en lägre detonationshastighet än trotyl. För samma mängd Gurit och trotyl erhöles vid mätningar utförda vid Stiftelsen Svensk Detonikforskning ett ca 20 % lägre max. stötvågstryck för Gurit än för trotyl. I praktiska sammanhang innebär detta att 1 ton Gurit ger samma max. tryck som 500 kg trotyl.

De här nämnda trycken är det s.k. statiska trycket i vågen. Vid reflexion mot en yta t.ex. en husvägg kommer trycket att öka beroende på den reflekterande ytans storlek och våglängden dock högst till det dubbla värdet.

8. DEN METEOROLOGISKA SITUATIONEN UNDER FÖRSÖKSDAGARNA OCH DESS INVERKAN

Vind och temperaturförhållandena på olika höjd över marken är av avgörande betydelse för ljudutbredningen. Av detta skäl är kännedom om den meteorologiska situationen av största betydelse för att undvika kraftig fokusering av bullret till vissa orter.

Vädret var under försöksdagarna i huvudsak klart med dimmoln vid marken på morgon- och kvällstimmarna. Svag vind eller vindstilla rådde på såväl skjutplatser som mätplatser. Under onsdagen den 21/2 passerade ett lågtryckscentrum strax norr om Värmland och tillhörande kallfront passerade över försöksområdet på tisdagskvällen. På torsdagen låg ett svagt högtryck över norra Värmland och någon frontpassage förekom ej.

Från SMHI, Sveriges meteorologisk-hydrologiska institution, erhöles prognos om höjdvindarnas riktning och hastighet samt luftens temperatur på olika höjd. Från FOA:s station på Gunnerudssättern erhöles vind- och temperaturuppgifter vid tidpunkterna för skott, se bilagorna 25 och 26. Någon instrumentering för bestämning av vind och temperatur över markytan fanns ej. Antar man att observationerna vid Gunnerudssättern, vilka är gjorda på 315 m h.ö.h. är representativa även för områdena kring Tönnefjäll är det möjligt att med SMHI:s prognos och dessa observationer göra en beräkning av ljudhastigheten på olika höjd i bäring mot mätplatserna. För fallen Uvanå 21/2 kl 17.00 och Mussjön 22/2 kl 10.20 är ljudhastigheten som funktion av höjden som diagrammen i bilaga 27

visar. I riktning mot Uvanå är ljudhastighetsprofilen av den typ som åstadkommer förstärkning av ljudnivån. Ljudhastigheten är högre på 1500 m:s höjd än vid marken. Tyngsjö som ligger i ungefär samma riktning från skjutplatsen som Uvanå har också rapporterat kraftigt buller vid denna tidpunkt. Med de i diagrammet angivna hastigheterna skulle en förstärkning av ljudet erhållas på upp till 2,3 mil från skjutplatsen.

Ljudhastighetsprofilen i riktning mot Mussjön 22/2 kl 10.20 visar en med höjden avtagande ljudhastighet och antyder ingen avböjning av ljudet mot marken. Vindriktningen över marken (50°) är emellertid i riktning från skjutplats till mätplats. Ljudhastighetsprofilen under 1500 m:s höjd var med all säkerhet annorlunda än den som diagrammet visar eftersom en mycket tydlig förstärkning erhöles. Endast en observation av vind och temperatur under 1500 m:s höjd är givetvis inte tillräcklig information om förhållandena i detta skikt.

Vädersituationen under försöksdagarna kan sägas vara gynnsam ur försökets synpunkt då man ju får en god bild av hur ljudutbredningen kan variera från timme till timme under dagen. Denna vädersituation är vanligen förekommande i södra Sverige varför bullerutbredningen under försöksdagarna inte på något sätt är unik. En noggrann sondering av luftskikten mellan markytan och 1500 m:s höjd gör det möjligt att förutsäga ljudutbredningen och gardera sig för de speciella förhållandena med kraftig fokusering som kan uppträda någon eller några dagar under året.

9. STÖRSITUATIONEN VID PRODUKTIONSSKJUTNING

9.1. Bullerstörningsnivå

De nu utförda ljudtrycksmätningarna och de insamlade lyssnarrapporterna styrker den förhandsbedömning som

gjorts av störsituationen (se bif. rapport, DL 1973:6). På grundval av det nu insamlade materialet kan man dra följande slutsatser vad beträffar störsituationen vid en kommande produktionsskjutning. Sprängämnesmängder mellan 0,1 - 3 ton Gurit förutsättes.

1. Bullerströkningsnivån enligt dos - response skalan kommer att nå upp till följande värden:

Inom	5 km:s radie	störnivå 5
"	10 " "	" 4
"	15 " "	" 3 - 4
"	20 " "	" 2 - 3

Bullret kommer att uppfattas även på större avstånd än 20 km men kommer inte att ha sådan nivå att det kan anses direkt störande. (Störnivå 1.) Bullernivån kommer inte dagligen att nå upp till dessa värden, vilka får anses som en övre gräns för normal utbredning. Under någon gång på året kan likväl på enstaka orter inträffa att ändå högre värden uppnås än vad ovan angivits till följd av vädersituationen, s.k. fokusering.

2. Några direkta byggnadsskador utanför 10 km:s radien kan knappast vara möjliga men fenomen av typen skallrande fönsterrutor, nedfallande sot och bruk i skorstenar kommer säkert att förekomma på större avstånd.
3. Klagomål kan förväntas inom en radie av 15 km. I detta område finns ca 500 bofasta personer. Omkring skjutfältet vid Nyberget bor inom 10 km:s radie ca 5000 personer av dessa har ca 50 st låtit höra av sig med klagomål och skadeståndsanspråk (30 fastigheter har besiktigats) d.v.s. 1 % av befolkningen. Antar vi samma skottfrekvens 4 - 5 skott per dag för kommande skjutningar blir i Tönnesfjäll naturligtvis antalet klagomål litet (5 - 10 st) men om

skotffrekvensen ökar till 10 skott/dag blir bullret definitivt mer besvärande och antalet klagande kommer raskt att stiga.

4. Sprängämnesmängden är av mindre betydelse än vädret för bullersituationen. Följaktligen är det ur störsynpunkt fördelaktigare att koncentrera antalet skotttillfällen till ett litet antal per dag.

9.2. Störningar på FOA:s seismologiska observatorium i Gunnerudssättern

Försvarets forskningsanstalt FOA har ca 1 mil norr om Hagfors och 2,2 mil söder Tönnesfjället anlagt en seismisk station för detektering av kärnladdningsdetonationer. I denna anläggning ingår dessutom ytterligare två seismiska stationer en placerad vid Stöllet 2,4 mil NV Tönnesfjäll och en station vid Äppelbo ca 2,5 mil NO Tönnesfjäll. Stationerna ingår i en mättriangel som möjliggör en bestämning av riktningen till källan för den seismiska störningen. Olyckligtvis är skjutplatsen placerad mitt i denna mättriangel som framgår av riktningen och avstånd ovan. Vid provskjutningarna gjordes registreringar av de olika typer av markvågor som orsakades av laddningen. (Se bifogad rapport.) Det kunde konstateras att amplituden på dessa vågor var tillräckligt stor för att detekteringsnivån överskreds och skri-varutrustningarna startades. Seismometrarna registrerade inte bara den direkta stötvåg som den detonerande laddningen sänder ned i berggrunden utan även de markrörelser som åstadkommes av ljudtryckvågens passage över marken. Dessa senare markrörelser har större utsträckning i tid än den direkta vågen genom berg. Ljudtrycksvågen från laddningen registrerades likaledes på de mikrobarografer som finns på stationerna i Gunnerudssättern och Stöllet. Enligt FOA:s rapport blockerades observatoriets instrumentering under en tid av mer än

en minut. Denna tid anses lång för den händelse att skjutningarna upprepas flera gånger under dagen. Likaledes anses utlösandet av detektoranordningen med följande skriverstart orsaka stora kostnader i form av skriverpapper. Det senare kan dock undvikas genom att en larmförbindelse upprättas mellan skjutplatsen och FOA:s station som skulle göra det möjligt att inhibera skrivarnas start. Dock är man på FOA:s håll oroad över den försämrade bevakningsmöjligheten speciellt om skjutningarna måste förläggas till tider som är brukliga i kärnexplosionssammanhang t.ex. i Kina eller Sovjet.

10. ÖVERVAKNING AV BULLERNIVÅN

10.1. Mätapparatur för kontinuerlig övervakning

Nitro Consult har för närvarande under utveckling en lämplig utrustning för kontinuerlig mätning av ljudvågens max. tryck. Blockschemat i bilaga 28 visar denna mätutrustning. Kondensatormikrofonen har tillsammans med förförstärkaren, maximalvärdesdetektorn och maximalvärdesskrivaren en rak frekvenskurva mellan 0,01 - 500 p/s. Mätutrustningen kan registrera tryckskillnader mellan 0,05 mbar - 5 mbar och är avsedd för nätanslutning. Skrivaren kan registrera kontinuerligt upp till en månad. Avläsning av max. trycket kan utföras av vem som helst som har fått några minuters instruktion om skrivaren.

Problemet med utrustningen är att man på något sätt bör skydda mikrofonen från snö, is, regn och vindbrus. Mikrofonen bör m.a.o. komma under tak. Eventuellt kan samma typ av inneslutning som för meteorologiska instrument vara användbar.

Jämförande mätningar med och utan inneslutning av mikrofon måste utföras för att avgöra hur inneslutningen påverkar mätresultaten. Sådana mätningar kan utföras

under pågående produktionsskjutningar vid vackert väder. Sedan ett lämpligt skydd för apparaturen erhållits kan densamma lämnas utan daglig tillsyn.

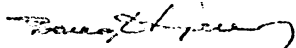
10.2. Förslag på mätplatser vid övervakning av buller
nivån

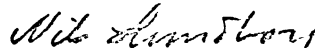
Vid eventuell fortsatt skjutning på Tönnesfjäll är det av vikt att ljudtrycksnivån övervakas, lämpligen i fyra riktningar från skjutplatsen. Vi föreslår att kontinuerlig mätning utföres i följande fyra orter: Brunnberget, Tyngsjö, Knoände och Brattfallet. I Brunnberget bör instrumentets mätområde vara 0 - 5 mbar och i övriga orter 0 - 2 mbar. Eventuellt kan en femte utrustning erfordras för mätning i orter där kraftigt buller rapporteras.

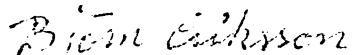
Skärholmen den 12 mars 1973

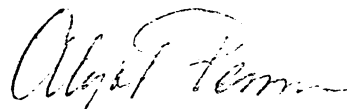
NITRO CONSULT AB
Stockholmsavdelningen

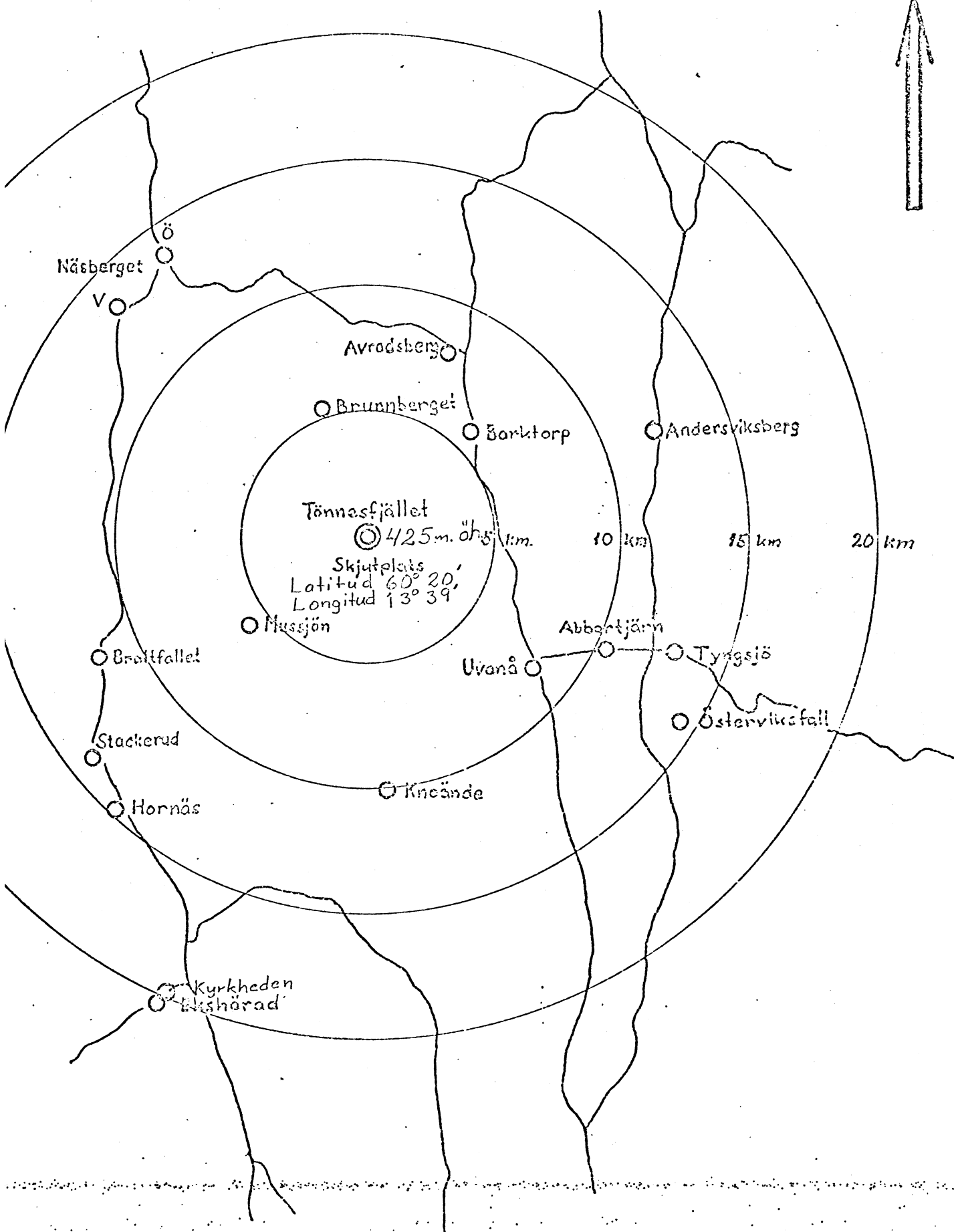
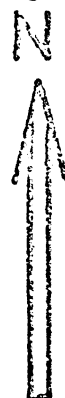
STIFTELSEN SVENSK DETONIKFORSKNING


Bengt Ljung


Nils Lundborg


Björn Eriksson


Algot Persson



SKJUTVARNING - TÖNNESFJÄLLOMRÅDET

Vissa provskjutningar kommer att äga rum den 21 och 22 februari 1973 i Tönneshällområdet med farligt område begränsat av triangeln; BRUNNBERGET - UVANÅ - IRUSBJÖN. Avspärningar och varningstavlor är uppsatta på ett avstånd av ca 300 meter från skjutplatsen.

Skjutningarna kommer att utföras onsdagen den 21 och torsdagen den 22 februari 1973 med ett skott vardera omkring klockan: 10 - 11 - 12 - 14 - 15 och 17.

För att kartlägga de uppkomna ljudeffekterna är upplysningar från allmänheten av stort intresse. De personer; som är villiga att meddela sina iakttagelser ombedes skriva eller ringa till: Uddeholms Aktiebolag, Ekshärads revir, Torsbyvägen 4, 680 50 Ekshärad, tel 0563/40679.

Uppgift önskas om:

1. Uppfattad ljudeffekt: Hörbar - Måttlig - Kraftig - Mycket kraftig
2. Upphållsort och tidpunkt
3. Uppgiftslämnarens namn och adress

UDDEHOLMS AKTIEBOLAG

Annonsen skall införas i: Nya Värmlandstidningen, måndagen den 19.2.73
Värmlands Folkblad, " " 19.2.73

Klarälvshygden, torsdagen den 15.2.73

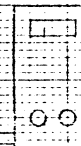
Blockschema av apparatur för registrering av ljudtryck.

Bilaga 3

Mikrofon

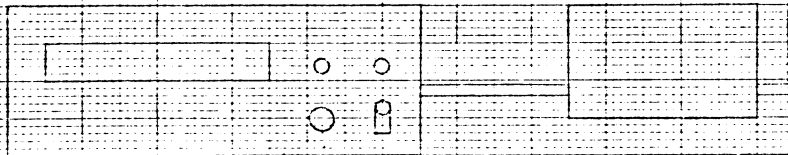


Börfrekvensförst.

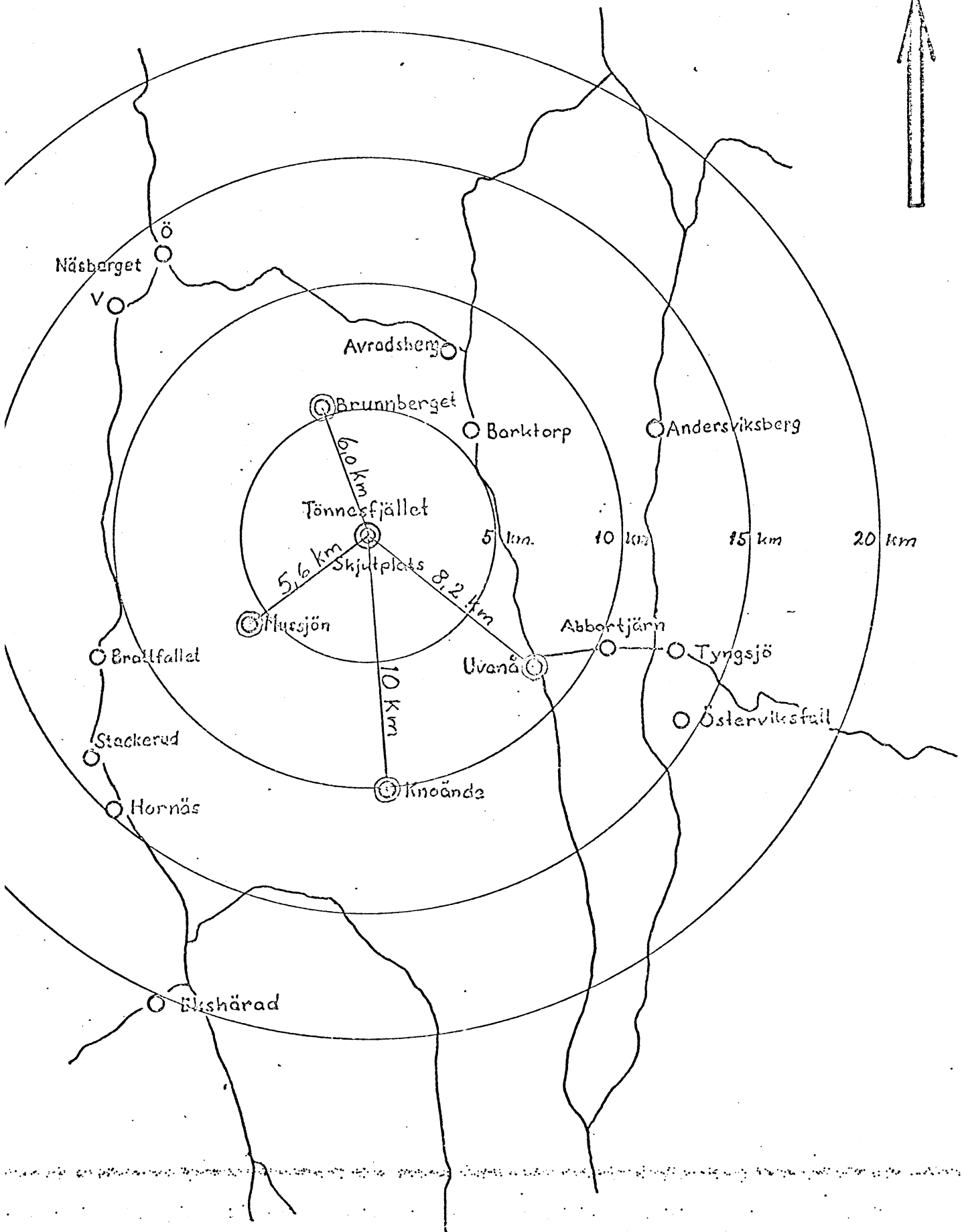


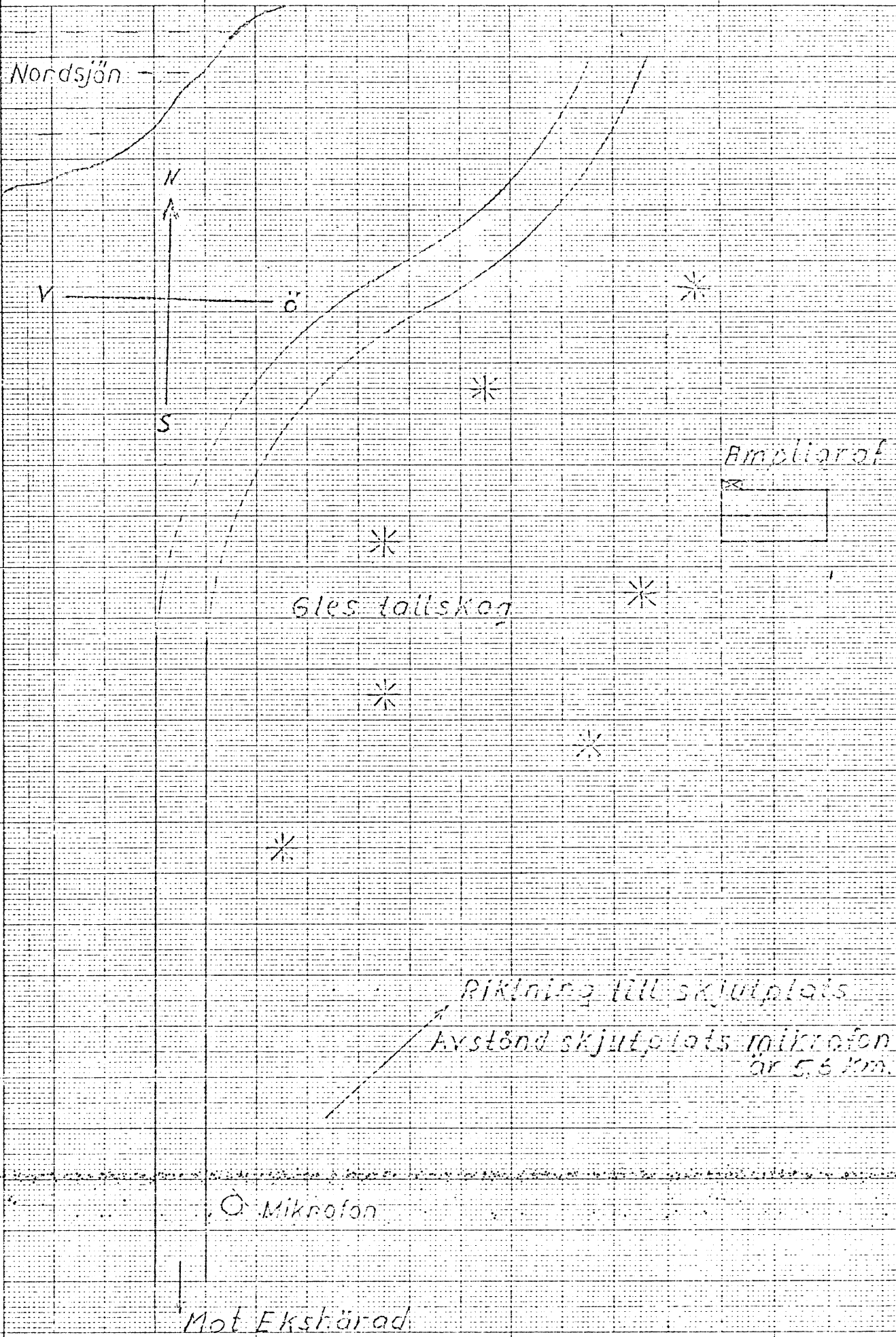
D.V. = skrivare

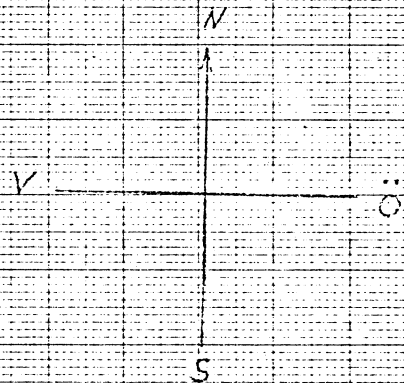
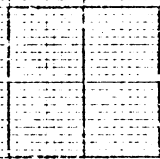
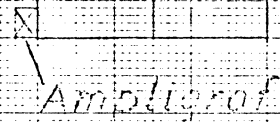
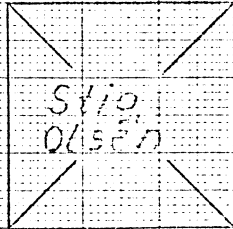
Attenuator-låda



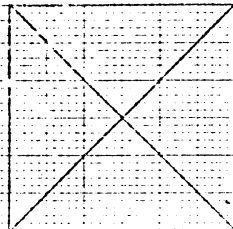
Karta över mätplatser







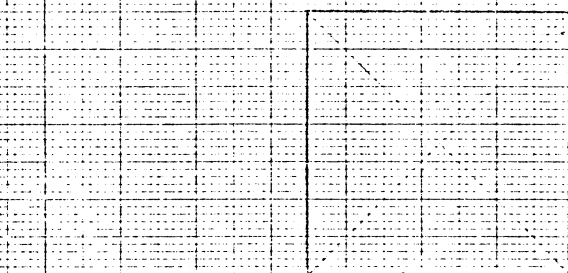
Ø mikrofon



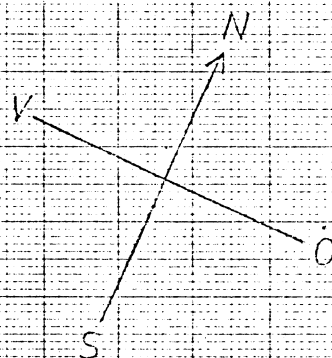
Riktning till skjulplatsen

Avstånd skjulplats till mikrofon

är 6.0 km



Riktning till skjutplatsen



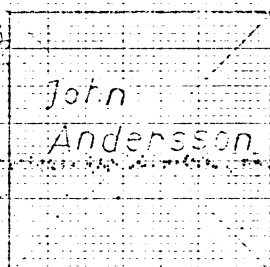
Mikrofon

Avstånd skjutplats till mikrofon

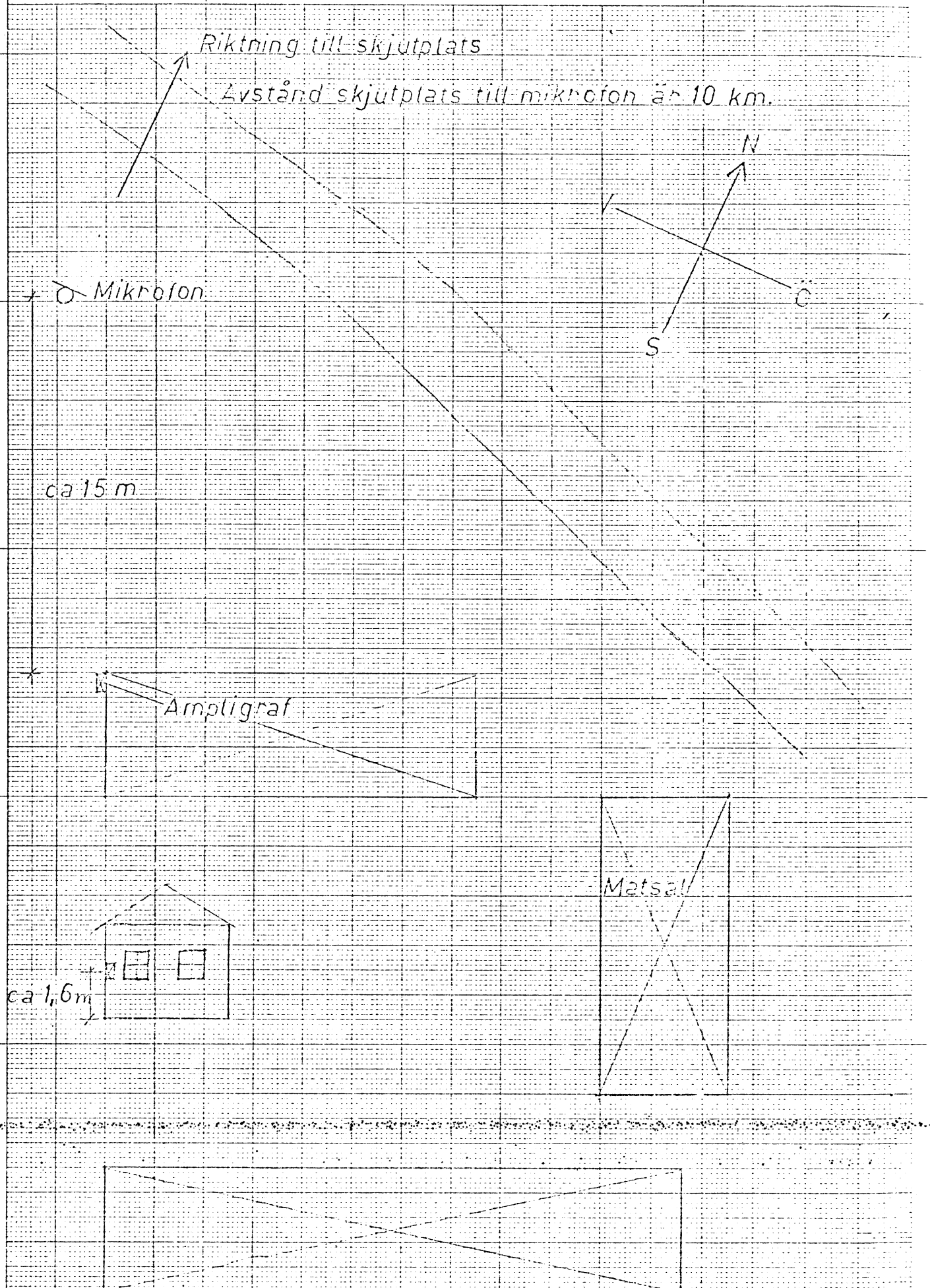
är 8,2 km

ca 20 m

Ampligraf



→ Mot Avradsberg



NAMN:

Förnsström

ADRESS:

		Ja		Nej			
A. Har Ni uppfattat något buller i form av en knall eller ett mullrande ljud		☒		☐			
B. Befinner Ni Er på ovan angiven adress?		☒		☐			
(om icke angiv adressen)							
C. (om Ni uppfattat något, fyll i datum och tidpunkt i rutorna på raden här bredvid.	Datum	21/2	21/2	21/2	21/2	22/2	22/2
	Klockan	11 ⁰⁰	12 ⁰⁰	15 ⁰⁰	17 ⁰⁰	10 ³⁰	12 ⁰⁰
D. Vid vilka tillfällen var Ni inomhus (markera med 1:a) utomhus? (markera med 2:a)		/	/	/	/	/	/
E. Var det tyst runt omkring Er? Ja eller Nej		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
F. Har uppfattade Ni bullret? (markera med tillämplig siffra)		/	/	/	2	/	/
1. <u>Knäppt mäkthart</u> (liknande avlägsat åskmuller)							
2. <u>Klämt mäkthart</u> (liknande medelhårt åskbuller)							
3. <u>Inte torande</u>							
4. <u>Obeskrivligt</u> (kraftig knall hörbar genom bakgrunds ljud såsom radio och tv, rinnande vatten, trafik)							
5. <u>Bullret obeskrivligt och skrikande</u> (kraftigt skrikande knall såsom vid bombfall)							
G. Om Ni har inomhus märkte Ni några rörelser i byggnaden? (markera med tillämplig siffra)		/	/	/	/	/	/
1. Skallrande fönsterrutor							
2. Dörrar flod upp							
3. Rörelser i väggar							
4. Fönstrel ramlade ned från hyllor eller fönsterkarmar							

Protokoll över utförda tryckmätningar

Ordning efter datum och tidpunkt

Datum	Tid	Mätplats	Pos. max-tryck mbar	Neg. max-tryck mbar	Ber. x) pos. max-tryck mbar	Pos. varak- tighet msek	Neg. varak- tighet msek	Anm.
21/2	11.00	Mussjön	0,11	0,09	0,79	136	228	
"	"	Brunnberget	0,2	0,28	0,73	114	106	
"	"	Uvanå	0,33	0,43	0,54	130	128	
"	"	Knoände			0,44			Missad mätning
"	12.00	Mussjön	0,25	0,16	0,99	136	148	
"	"	Brunnberget	0,4	0,56	0,92	114	120	
"	"	Uvanå	0,45	0,57	0,68	130	280	
"	"	Knoände	0,7	0,69	0,56	136	156	
"	15.00	Mussjön	0,30	0,31	0,79	120	110	
"	"	Brunnberget	0,28	0,35	0,73	120	113	
"	"	Uvanå	0,43	0,37	0,54	136	198	
"	"	Knoände	0,20	0,28	0,44	150	120	
"	17.00	Mussjön	0,75	0,87	0,99	108	142	
"	"	Brunnberget	0,36	0,32	0,92	128	230	
"	"	Uvanå	0,5	0,91	0,68	230	160	
"	"	Knoände	0,39	0,39	0,56	122	212	
22/2	10.20	Mussjön	2,1	1,0	0,99	94	168	
"	"	Brunnberget	0,75	0,57	0,92	170	224	
"	"	Uvanå	0,30	0,34	0,68	150	126	
"	"	Knoände	0,26	0,35	0,56	102	150	
"	12.00	Mussjön	1,9	1,3	1,25	134	180	
"	"	Brunnberget			1,17			Missad mätning
"	"	Uvanå	0,39	0,3	0,85	148	172	
"	"	Knoände	0,29	0,31	0,70	180	152	
"	15.00	Mussjön	0,35	0,38	0,79	128	116	
"	"	Brunnberget	0,53	0,54	0,73	120	104	
"	"	Uvanå	0,21	0,22	0,54	140	110	
"	"	Knoände	0,11	0,15	0,44	142	110	

$$x) \text{ enl. } p = 700 \frac{Q^{1/3}}{R}$$

Resultat av ljudtrycksmätningar och väderobservationer

Mätplats	Datum	Tid	Avst. km	Laddn. vikt kg (TNT)	Max. tryck mbar	Ber. x) pos. max-tryck mbar	Luft temp. °C	Vind riktn. hast. m/s	Väderlekstyp	Anm.
Mussjön	21/2	11.00	5,6	250	0,11	0,79	+ 2	0	Klart	
"	"	12.00	5,6	500	0,25	0,99	+ 5	0	"	
"	"	15.00	5,6	250	0,31	0,79	+ 5	NV	"	
"	"	17.00	5,6	500	0,87	0,99	+ 1	NV	Halvklart	
"	22/2	10.20	5,6	500	2,1	0,99	- 5	NNO	Klart	
"	"	12.00	5,6	1000	1,9	1,25	- 2	N	"	
"	"	15.00	5,6	250	0,38	0,79	0	0	"	
Brunnberget	21/2	11.00	6,0	250	0,28	0,73			Dis	
"	"	12.00	6,0	500	0,56	0,92			Klart	
"	"	15.00	6,0	250	0,35	0,73		0	"	
"	"	17.00	6,0	500	0,36	0,92		2	Dimma	
"	22/2	10.20	6,0	500	0,75	0,92		0	Klart	
"	"	12.00	6,0	1000		1,17		2	"	Missad mätning
"	"	15.00	6,0	250	0,54	0,73		1-2	"	

$$x) \text{ enl. } p = 700 \frac{Q^{1/3}}{R}$$

Resultat av ljudtrycksmätningar och väderobservationer

Mätplats	Datum	Tid	Avst. km	Laddn. vikt kg (TNT)	Max. tryck mbar	Ber. x) pos. max-tryck mbar	Luft temp. °C	Vind riktn. hast. m/s	Väderlekstyp	Anm.
Uvanå	21/2	11.00	8,2	250	0,43	0,54	+ 2	0	Dimma	
"	"	12.00	8,2	500	0,57	0,68	+ 3	0	Halvklart	
"	"	15.00	8,2	250	0,43	0,54	+ 4	2-3	Nästan klart.	
"	"	17.00	8,2	500	0,91	0,68	+ 1	0	Mulet	
"	22/2	10.20	8,2	500	0,34	0,68	- 5	2-3	Klart.	
"	"	12.00	8,2	1000	0,39	0,85	- 4	0	"	
"	"	15.00	8,2	250	0,22	0,54	- 3	0	"	
Knoände	21/2	11.00	10,0	250		0,44	+ 3	0	Klart + dimma vid marken	Missad mätning
"	"	12.00	10,0	500	0,7	0,56	+ 5	0-1	Klart	
"	"	15.00	10,0	250	0,28	0,44	+ 5	0-1	"	
"	"	17.00	10,0	500	0,39	0,56	0	0	Nästan mulet	
"	22/2	10.20	10,0	500	0,35	0,56	- 6	0	Klart	
"	"	12.00	10,0	1000	0,31	0,70	- 4	0	"	
"	"	15.00	10,0	250	0,15	0,44	- 4	0	"	

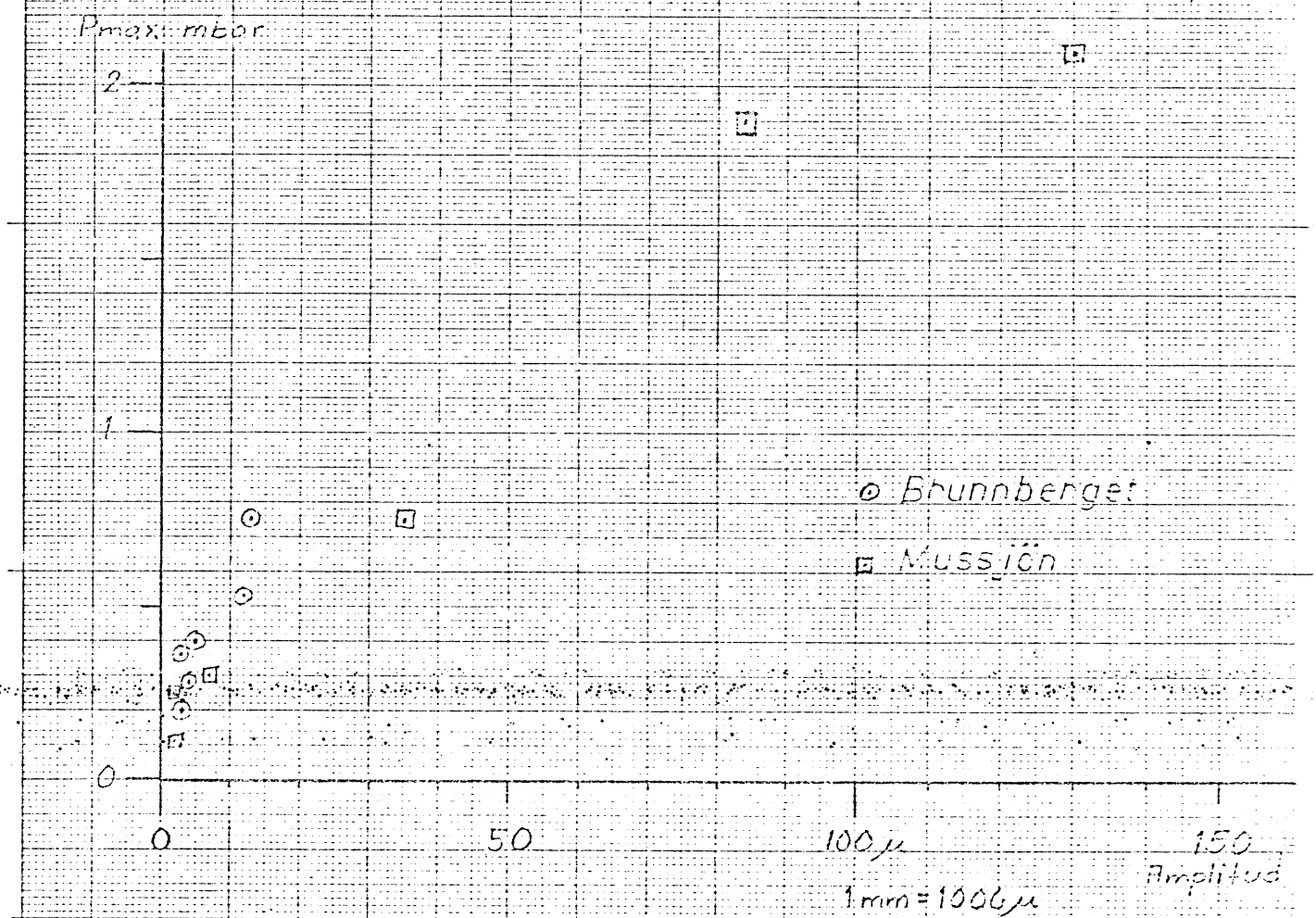
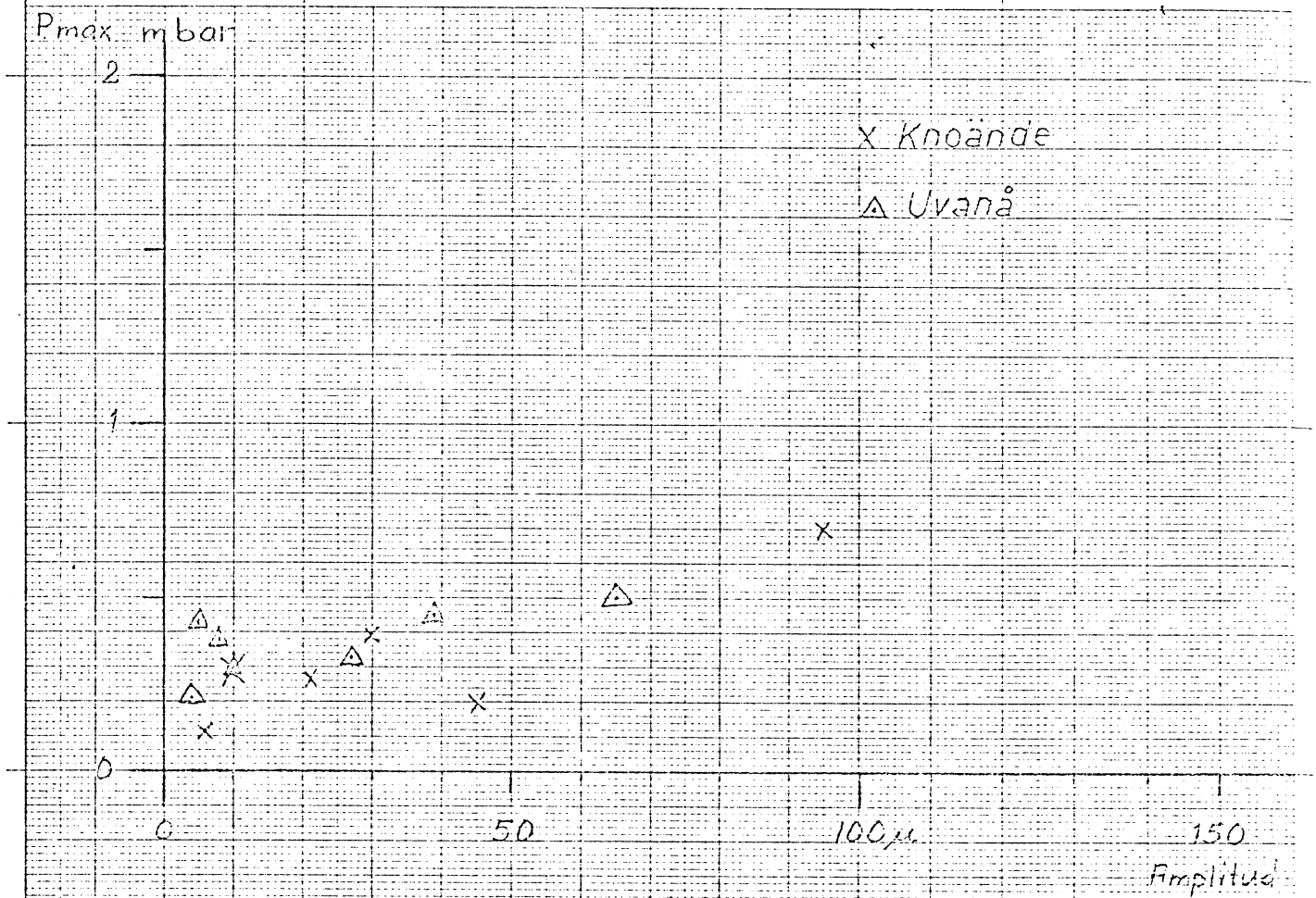
$$x) \text{ onl. } p = 700 \frac{Q^{1/3}}{R}$$

Mp.4 Knoände (Se bilaga)

31. nr NC-25. 100x50. 3. 71. MORA BOKTRUCKERI 70953

Uppmätt amplitud som funktion av
uppmätt positivt max. tryck (P_{max})

Bilaga 14



Uppmätt amplitud som funktion av
uppmätt max. tryck (P_{max})

Bilaga 15

P_{max}
mbar

x Kneånde

Δ Uvanå

1

0

0

50

100 μ

150

Amplitud

P_{max} mbar

2

1

0

0

50

100 μ

150

1 mm = 1000 μ

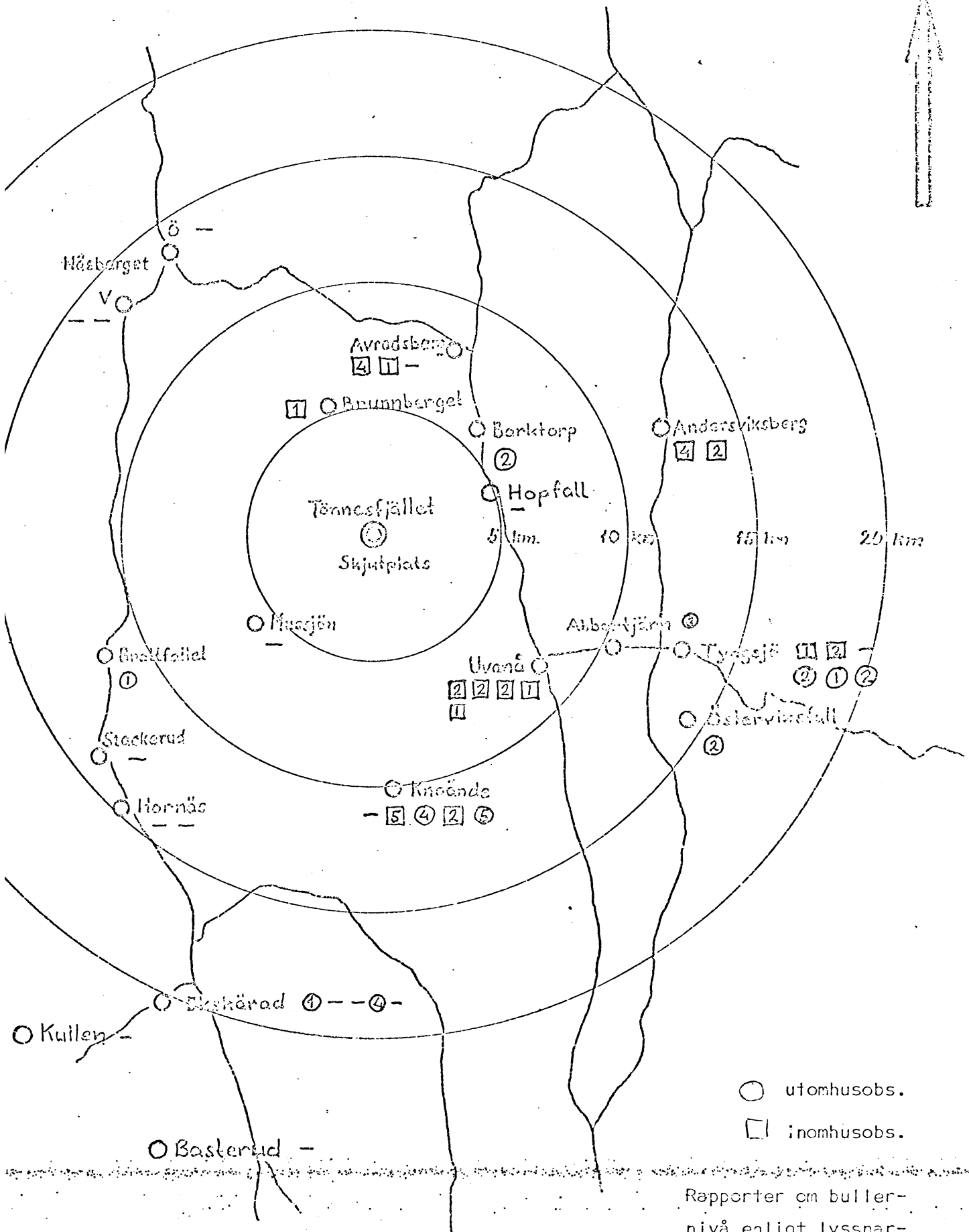
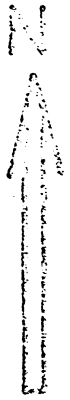
Amplitud

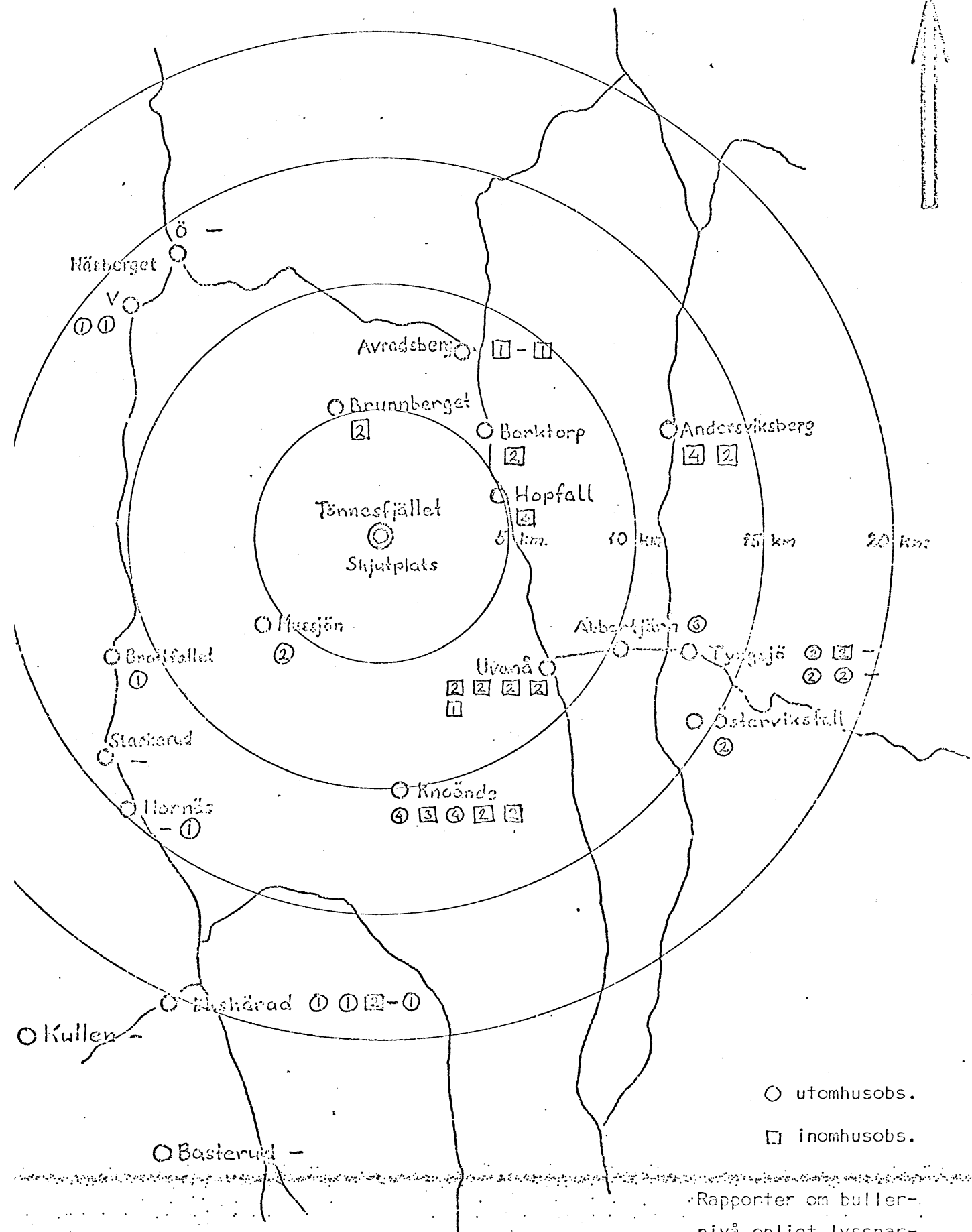
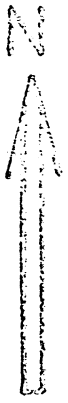
$\circ$ Brunnberget

$\square$ Mussjön

Tabell Buihets styrka på olika orter enligt inkomna lyssnarrapporter.

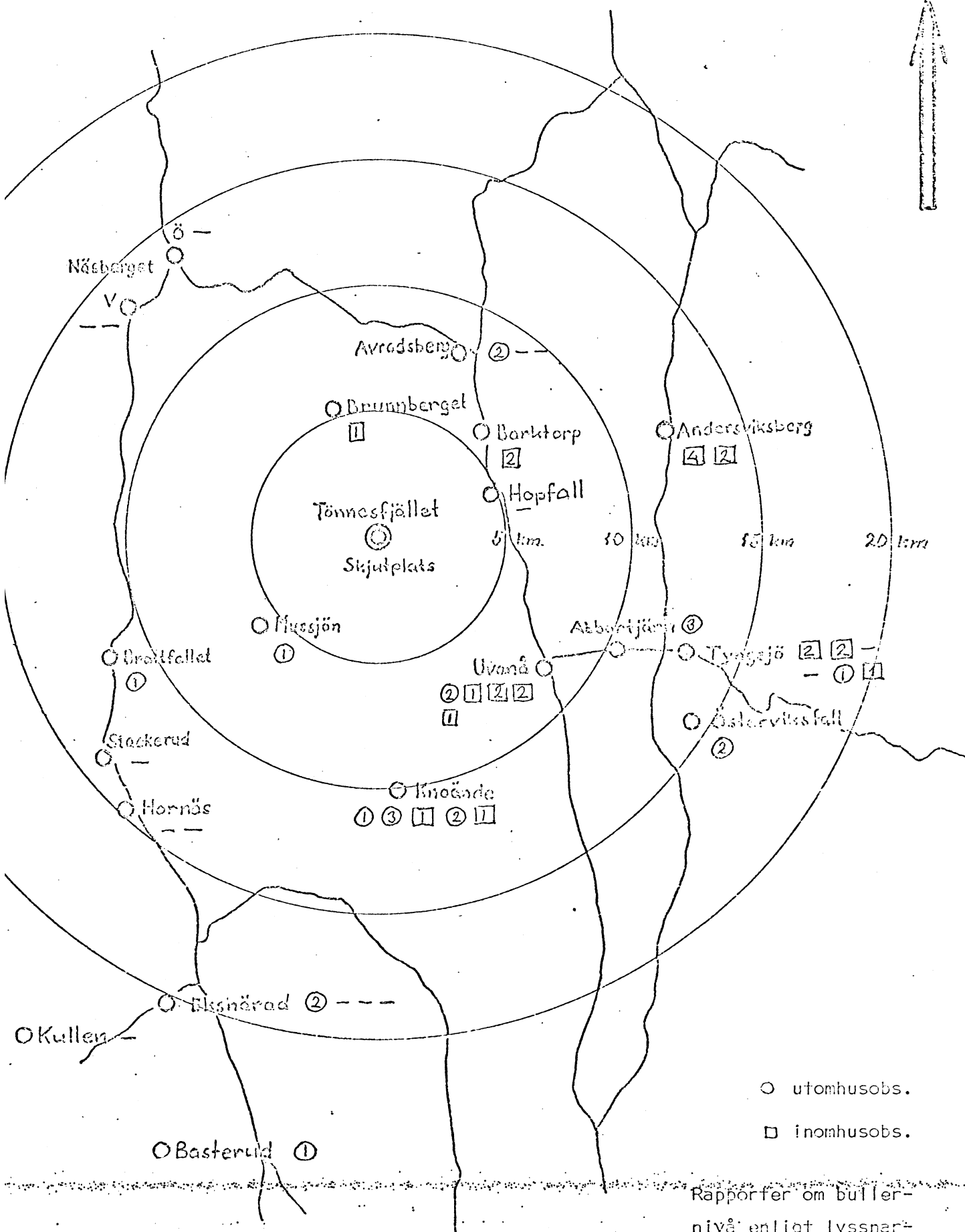
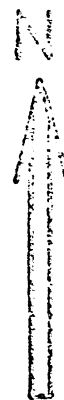
Ort	Avst km	21/2 kl 11 ⁰⁰ 250 kg	21/2 kl 12 ⁰⁰ 500 kg	21/2 kl 15 ⁰⁰ 250 kg	21/2 kl 17 ⁰⁰ 500 kg	22/2 kl 10 ²⁰ 500 kg	22/2 kl 12 ⁰⁰ 1000 kg	22/2 kl 15 ⁰⁰ 250 kg
Brunberget	6.2	11	2	11	2	3	2	3
Avradsberg	9	11 1.3	11	2	3	11	2	2
Barktorp	6	2	2	2	2	-	-	1
Hopfall	5.3	4	4	2	2	-	-	-
Andersviksberg	12.4	4 1.3	4 1.3	4 1.3	4	-	-	-
Tyngsjö	12	11	2	2	4	-	-	-
Tyngsjö	12	2	2	1	2	-	-	-
Abbortjärn	10.3	3	3	3	3	-	-	-
österviksfäl	16	2	2	2	2	-	-	2
Uvanå	8	2	2	2	2	1	-	1
Knoende	10	5	4	4	2	3	2	-
Basterud	26	-	-	-	-	-	-	-
Ekshärad	20	1	1	1	1	2	2	-
Kullen	25	-	-	-	-	-	-	-
Hornnäs	14.5	-	1	-	-	-	2	-
Stackerud	13.5	-	-	-	-	-	2	-
Brattfalllet	11.5	1	1	1	1	2	2	1
Mussjön	5.6	-	2	1	2	4	3	1
V.Näsberget	13	-	1	-	1	2	2	2
Ö.Näsberget	13.7	-	-	-	-	2	-	-

Onsd. 21 febr. 1973 Kl. 11⁰⁰

Onsd. 21 febr. 1973 Kl. 12⁰⁰

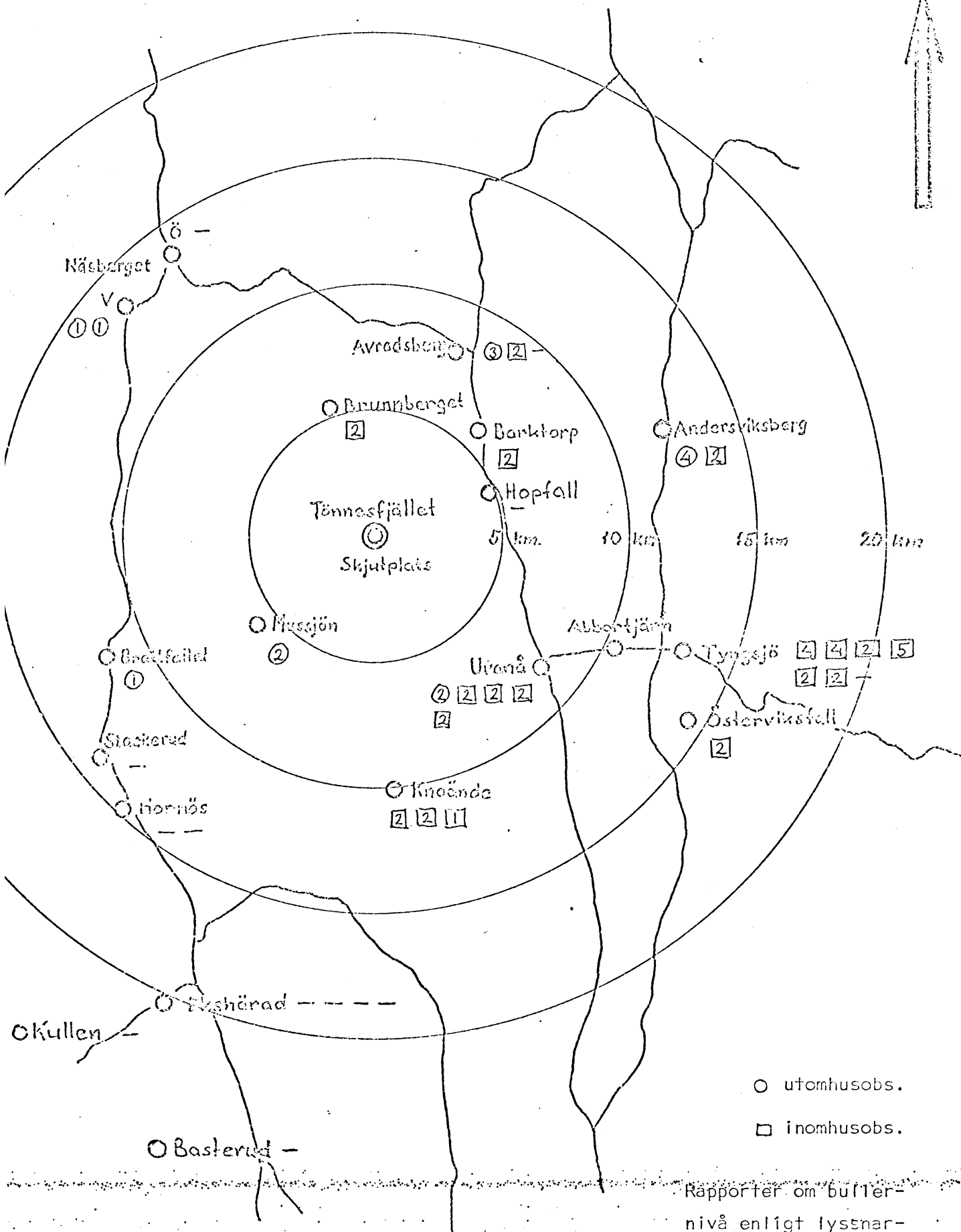
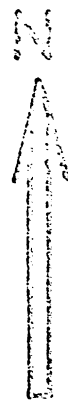
Onsd. 21 febr. 1973 Kl. 15 00

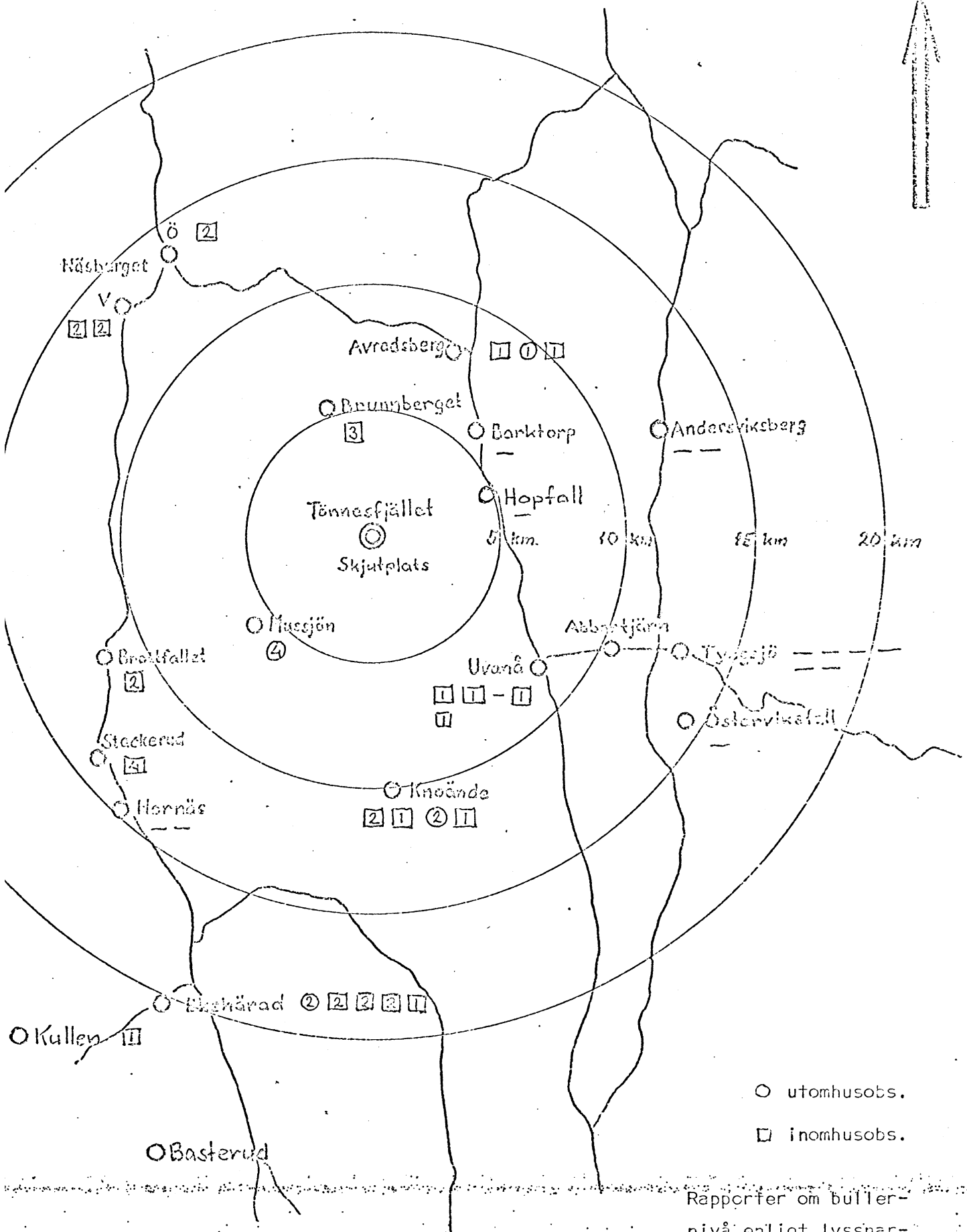
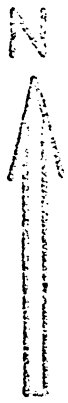
Bilaga 19



Rapporter om buller-nivå enligt lyssnar-enkät.

Onsd. 21 febr. 1973 Kl. 17⁰⁰

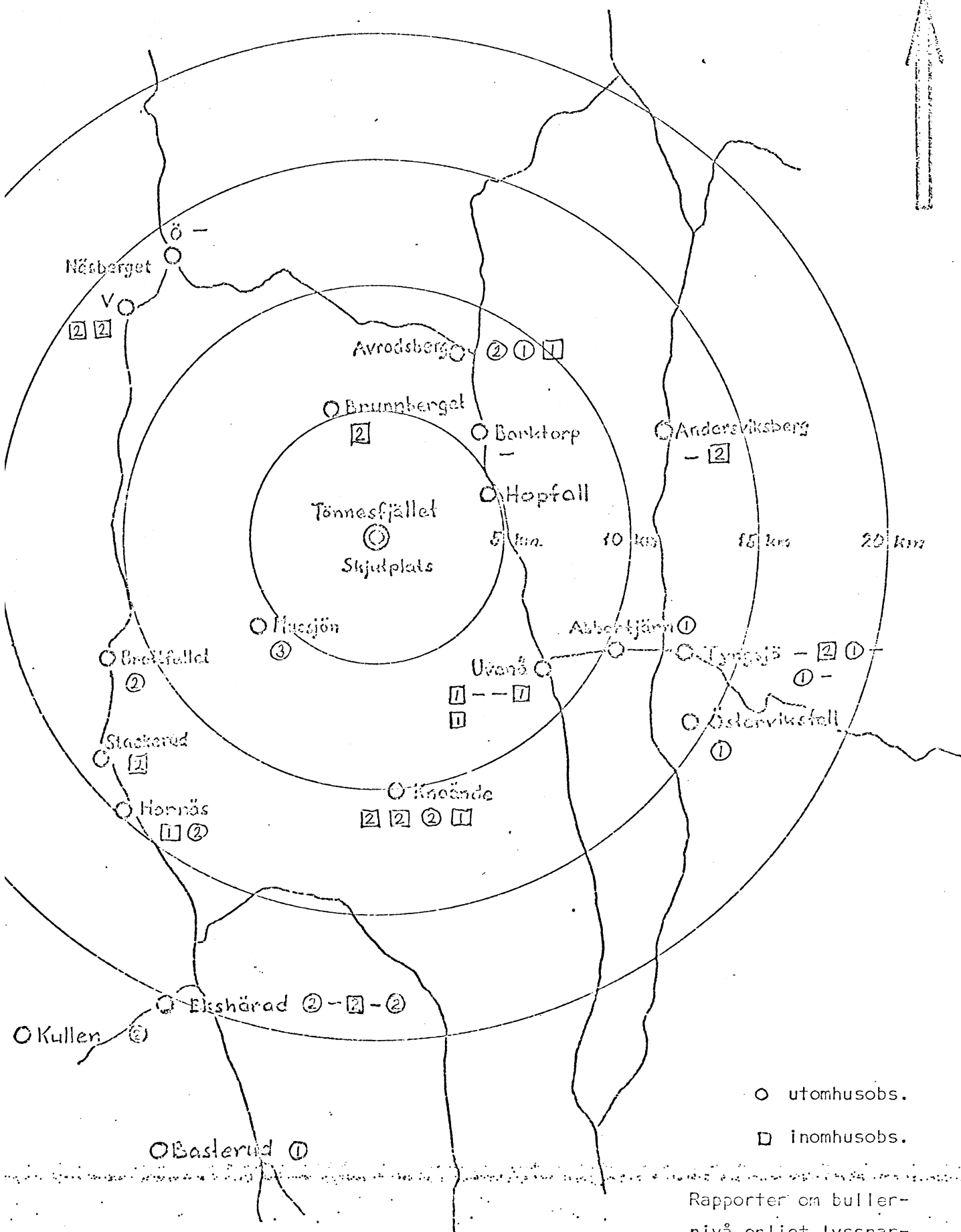
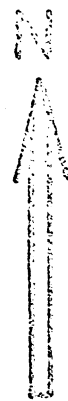


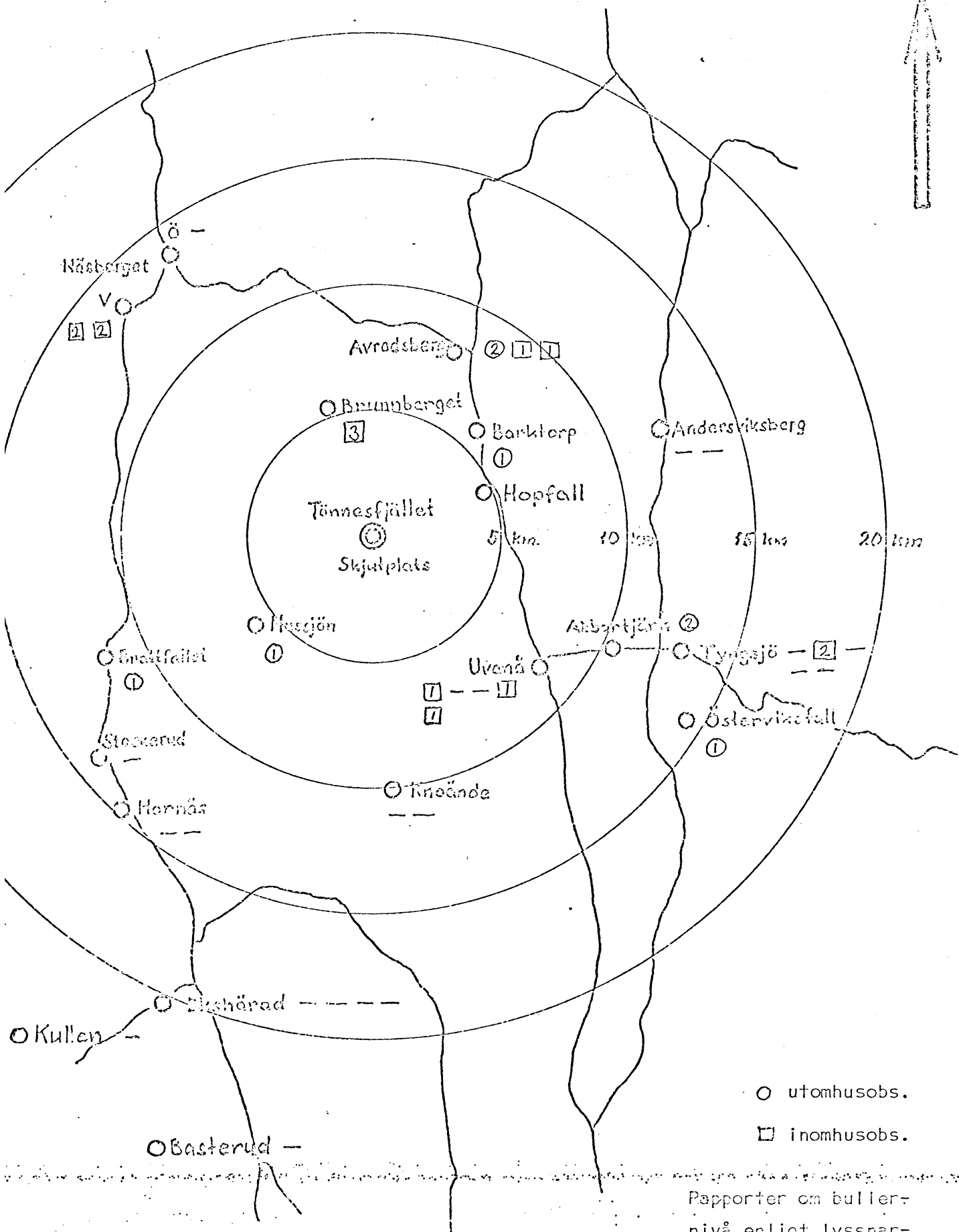
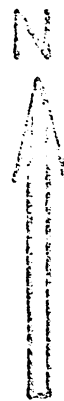


○ utomhusobs.

$\square$ inomhusobs.

Rapporter om buller-
nivå enligt lyssnar-
enkät.

Torsd. 22 febr. 1973 kl. 12⁰⁰

Torsd. 22 febr. 1973 Kl. 15⁰⁰

Rapporter om buller-
nivå enligt lyssnär-
enkät.

Dos-response-skala hämtad ur rapport om

"Ljudbangar och byggnadsskador" av W. Kiessling o. A-M. Vilhelmsen,
Chalmers Tekniska Högskola 1972

Ungefärligt nom.
övertryck utomhus
mbar

Nivå 1.	Ljud liknande avlägset åskmuller, kan ge överrumpningsreaktion hos särskilt känsliga individer eller väcka lättsövdade personer - tillvänjning sker sannolikt.	0.2
Nivå 2.	Liknande medelhårt åskmuller - överrumpningsreaktion förefinnes hos personer utomhus i tysta områden, sovande väcks i tysta områden.	0.5
Nivå 3.	Lätt knallande ljud, hörs genom bakgrundsbulier, fönster kan skallra, ger orienteringsreflex och skrämsel, väcker tungsövdade personer.	1.0
Nivå 4.	Högt knallande ljud, klart hörbart genom bakgrundsbulier, orienteringsreaktion och skrämselreflex vanlig utomhus, fönster skallrar, veka konstruktioner vibrerar, ätande djur ser upp och visar orienteringsreaktion.	2.0
Nivå 5.	Kraftig skrällande knall, fönster skallrar, byggnader vibrerar, fönster eller lös puts kan brista i sällsynta fall, skrämsel hos majoriteten exponerade utomhus. Majoriteten av sovande väcks.	5.0

Höjdvindprognos för skjutplatsen (Tönnesfjäll) gällande från kl. 12.00 den 21 februari 1973 (enligt SMHI).

Höjd ö.h. m	Vind- riktn.	Vindhast.		Temperatur °C
		knop	m/s	
1500	290°	30	15.4	0°C
3000	290°	45	23.1	- 10°C
5000	280°	60	30.9	- 25°C
8000	270°	75	38.6	- 43°C
10000	260°	80	41.2	- 50°C

Vindriktning och temperatur vid Gunnerudssättern (22 km syd skjutplatsen) vid avfyringstiderna den 21 februari 1973.
Observationer 315 m ö.h.

Skott n:r	Kl.	Vindriktn. °	Vindhast. m/s	Temperatur °C
1	11.00	230°	1.5	+ 1
2	12.00	230°	4	+ 3
3	15.00	250°	5	+ 7
4	17.00	50°	5	+ 4

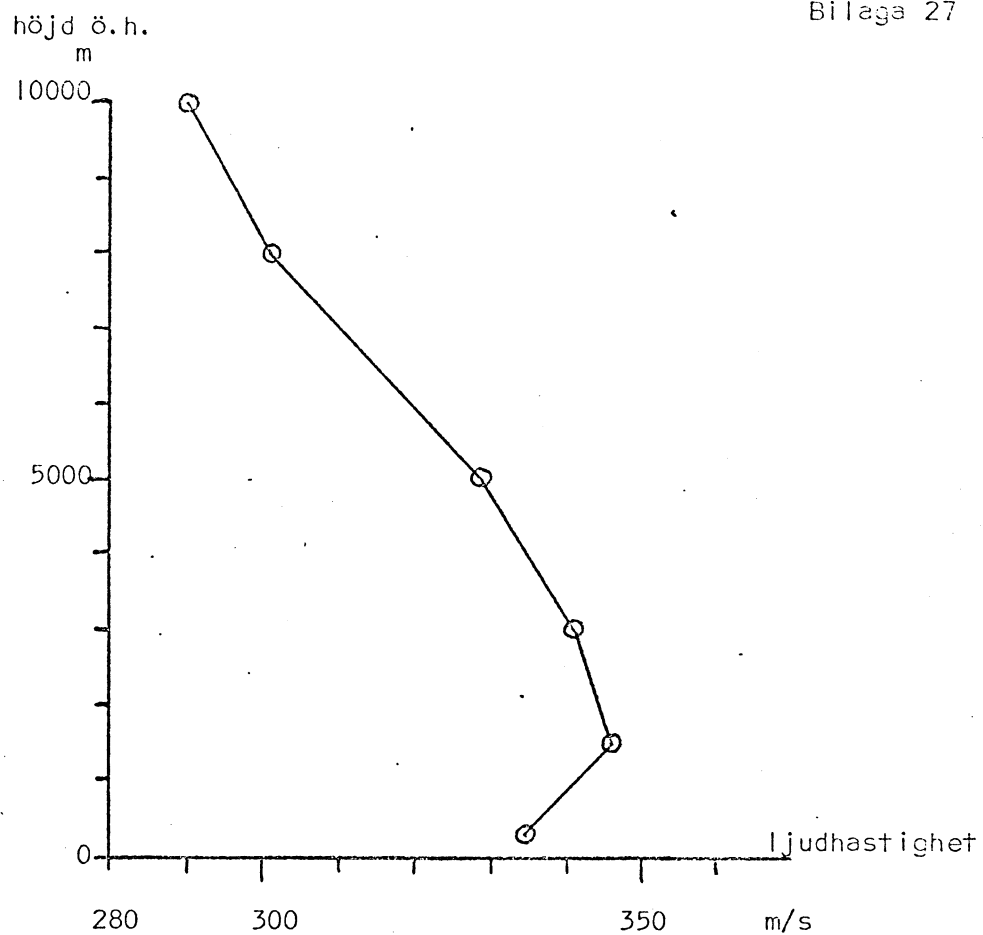
Höjdvindsprognos för skjutplatsen (Tönnesfjäll) gällande från kl. 12.00 den 22 februari 1973 (enligt SMHI).

Höjd ö.h. m	Vind- riktn.	Vindhast.		Temperatur °C
		knop	m/s	
1500	340°	10	5.1	- 9
3000	320°	10	5.1	- 18
5000	310°	15	7.7	- 32
8000	290°	20	10.3	- 48
10000	280°	25	12.9	- 45

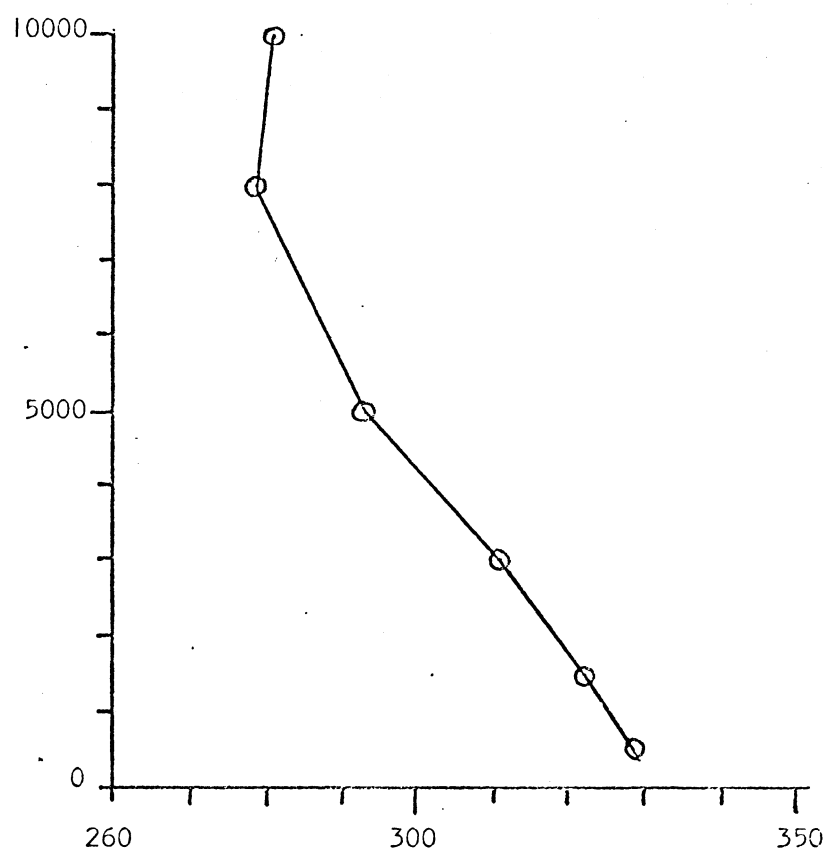
Vindriktning och temperatur vid Gunnerudssättern (22 km syd skjutplatsen) vid avfyringstiderna den 22 februari 1973.
Observationer 315 m.ö.h.

Skott n:r	Kl.	Vindriktn. °	Vindhast. m/s	Temperatur °C
1	10.18	50°	2	- 3
2	12.00	60°	2	- 3
3	15.00	110°	1	- 2

a)



b)

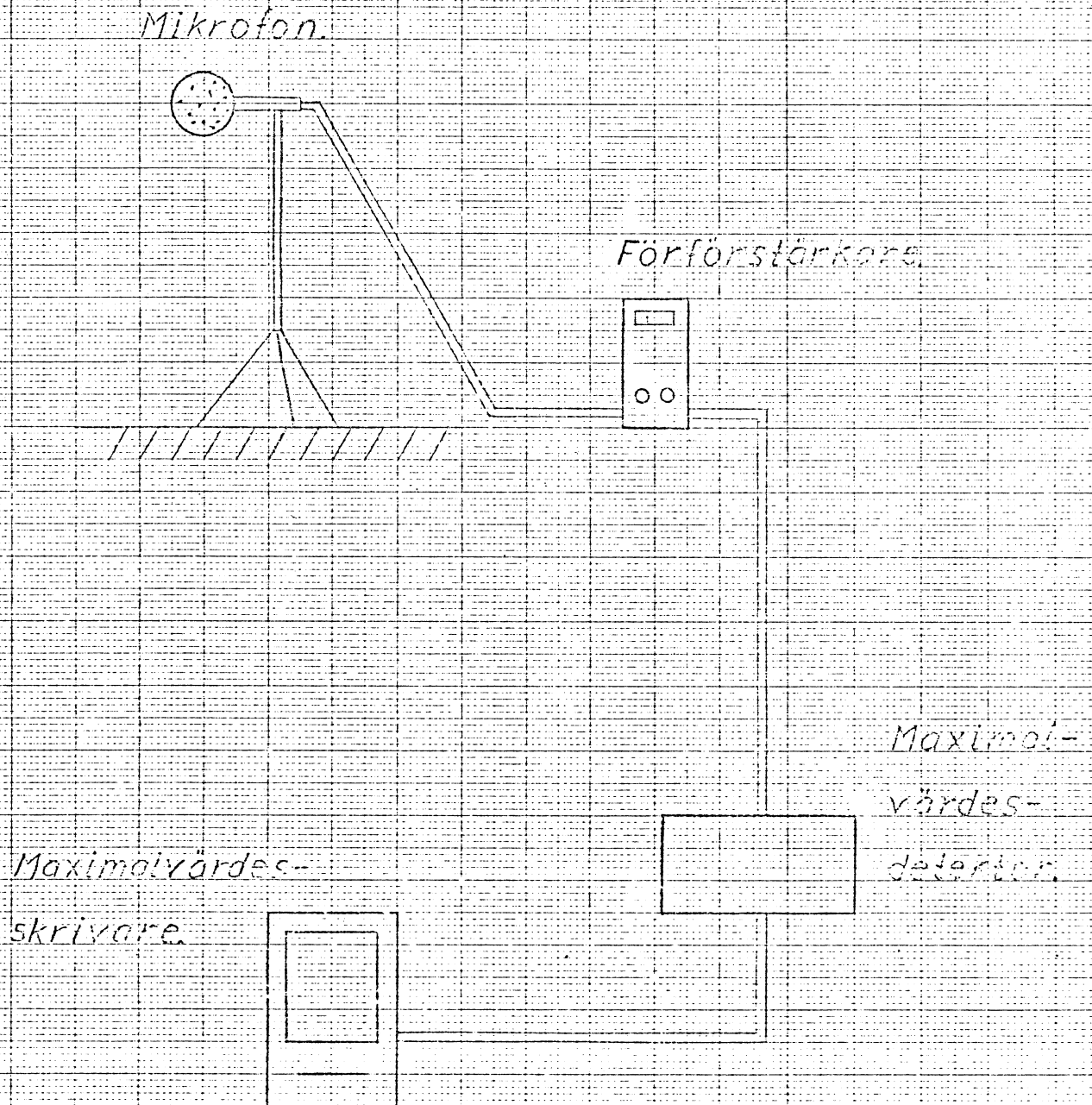


Ljudhastigheten som funktion av höjden ö.h.

a) i riktning mot Uvanå 21/2 kl. 17.⁰⁰b) i riktning mot Mussjön 22/2 kl. 10.²⁰

Blockschema av apparatur för
kontinuerlig registrering av
max. ljudtryck.

Bilaga. 28



Rubrik:

FÖRHANDBEDÖMNING AV BULLERSTÖRNINGAR VID
DET PLANERADE SKJUTFÄLTET PÅ TÖNNESFJÄLLET.

Datum 28.2.1973

exemplar
diagram
figurer
bilagor

Unders. beställd av

Utförd av

Algot Persson

Meddel. författat av

Algot Persson

Sammanfattning

En beräkning av ljudtrycksnivåerna för några aktuella orter kring det planerade skjutfältet på Tönneshjället har gjorts på basis av tidigare erfarenheter. Med utgångspunkt från trycknivåerna har en bedömning gjorts av de störningar som människorna på dessa orter kommer att kunna utsättas för.

Till bedömning av de störningar som sprängbullret från detonerade laddningar ovan jord kan åstadkomma, är följande synpunkter att beakta.

1. Förväntade maximaltryck i ljudtryckvågen.

Om en ostörd utbredning av luftstötstågen antas och ingen hänsyn tas till geografiska eller meteorologiska förhållanden kommer maximaltrycknivåerna på avstånd mellan 2-20 km att nå den storlek som tab. 1. visar. Beräkning har gjorts för 10, 100, 500 och 1000 kg trotyl samt för 1000 kg Gurit. För Gurit blir maximaltrycken c:a 20% lägre än för trotyl. Mätningarna vid skjutfältet i Nyberget visade att till följd av de meteorologiska förhållanden (t.ex. stark vind) kan tryckena ofta nå upp till 2 å 3 ggr de beräknade värdena. De här nämnda trycken är det s.k. statiska trycket i vågen. Vid reflexion mot en yta t.ex. en husvägg kommer trycket att öka, beroende av den reflekterande ytans storlek.

Tab. 1. Ljudvågens max.tryck i mbar vid ostörd utbredning.

Avstånd km	Laddningsvikt kg (TNT)				Gurit 1000 kg
	10	100	500	1000	
2	0.756	1.62	2.78	3.5	2.8
4	0.38	0.81	1.39	1.75	1.4
6	0.25	0.54	0.93	1.16	0.93
8	0.19	0.41	0.70	0.88	0.70
10	0.15	0.33	0.56	0.7	0.56
15	0.1	0.22	0.37	0.47	0.38
20	0.08	0.16	0.28	0.35	0.28

2. Störande effekt på människor.

Som ledning vid bedömning av de obehag sprängbuller kan orsaka människor kan följande skala tjäna. Den har utarbetats på basis av ett stort antal experimentella studier i samband med överljudsflygningar. Skalan avser de störningar som kan uppkomma till följd av s.k. ljudbang, men då trycktidförloppet för en ljudbang är analogt med det som erhålles i ljudtryckvågen från en detonerande laddning ovan markytan, är denna skala även tillämplig på sprängbuller av den art som här är aktuellt.

Dos-response-skala hämtad ur rapport om

"Ljudbangar och byggnadsskador" av W. Kiessling o. A-M. Vilhelmsen,
Chalmers Tekniska Högskola 1972

		Ungefärligt nom. övertryck utomhus mbar
Nivå 1.	Ljud liknande åvläget åskmuller, kan ge överrumpningsreaktion hos särskilt känsliga individer eller väcka lättsövd personer - tillvänjning sker sannolikt.	0.2
Nivå 2.	Liknande medelhårt åskmuller - överrumpningsreaktion förefinnes hos personer utomhus i tysta områden, sovande väcks i tysta områden.	0.5
Nivå 3.	Lätt knallande ljud, hörs genom bakgrundsbuller, fönster kan skallra, ger orienteringsreflex och skrämsel, väcker tungsövd personer.	1.0
Nivå 4.	Högt knallande ljud, klart hörbart genom bakgrundsbuller, orienteringsreaktion och skrämreflex vanlig utomhus, fönster skallrar, veka konstruktioner vibrerar, ätande djur ser upp och visar orienteringsreaktion.	2.0
Nivå 5.	Kraftig skrällande knall, fönster skallrar, byggnader vibrerar, fönster eller lös puts kan brista i sällsynta fall, skrämsel hos majoriteten exponerade utomhus. Majoriteten av sovande väcks.	5.0

Förutom av det maximala övertrycket beror emellertid upplevelsen även av trycktidförloppets utseende. Vid egna mätningar kring Nyberget har svängningar i byggnadsdelar kunnat konstateras vid så små tryck som 0.1 mbar. Trots mycket små amplituder har dessa svängningar varit förnimbara.

3. Troligt störområde.

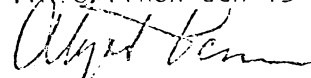
På bifogade karta fig 1 har utritats cirklar med radier motsvarande 5, 10, 15 och 20 km. Förväntade maxtryck på dessa avstånd framgår av tabellen i figuren. Bebyggda orter har inringats och siffran hänvisar till tabell 2. I tabell 2 finns en sammanställning av bebyggelsens natur och tänkbara störnivåer, enligt dos-response-skala ovan. Med hänsyn till den ovan angivna skalan kan ljudtryckvägen vid ogynnsamma tillfällen vara störande på över 20 km:s avstånd. Härvid skulle den närmaste tätorten Ekshärad kunna bli upphov till klagomål. Inom 10 km radie kommer bullret från

skjutningar med 1000 kg sprängämne att vara besvärande. Om inte terrängen runt skjutplatsen verkar avskärmande mot de orter som finns inom denna zon kan man räkna med klagomål härifrån.

Sannolikheten för klagomål ökar med frekvensen av skjutningar. Antalet fast bosatta personer inom 10 km:s radie från skjutplatsen synes dock vara betydligt färre än runt Nyberget. Som jämförelse har medtagits en sammanställning av de typer av klagomål som framförts på olika orter runt Nyberget, se tabell 3. Siffrorna i tabellen anger orternas läge på kartan, Fig. 2. Klagomålen kommer, som framgår av karta och tabell, främst från zonen 5-10 km inom vilken zon ett stort antal människor är bosatta. Bortsett från vissa glasskador (Orotorp, Storå) anses dock inga byggnadsskador ha vållats. Flera klagomål gäller själva bullret och vibrationerna i husen i samband med detta. I zonen 10-20 km är klagomålen i huvudsak av denna sort.

Om skjutplatsen vid Tönnesfjället har ett gynnsammare geografiskt läge än den vid Nyberget kan endast bestämmas med ett antal ljudtryckmätningar i olika riktningar från skjutplatsen och vid varierande väderlekstyp.

Vinterviken den 13 februari 1973

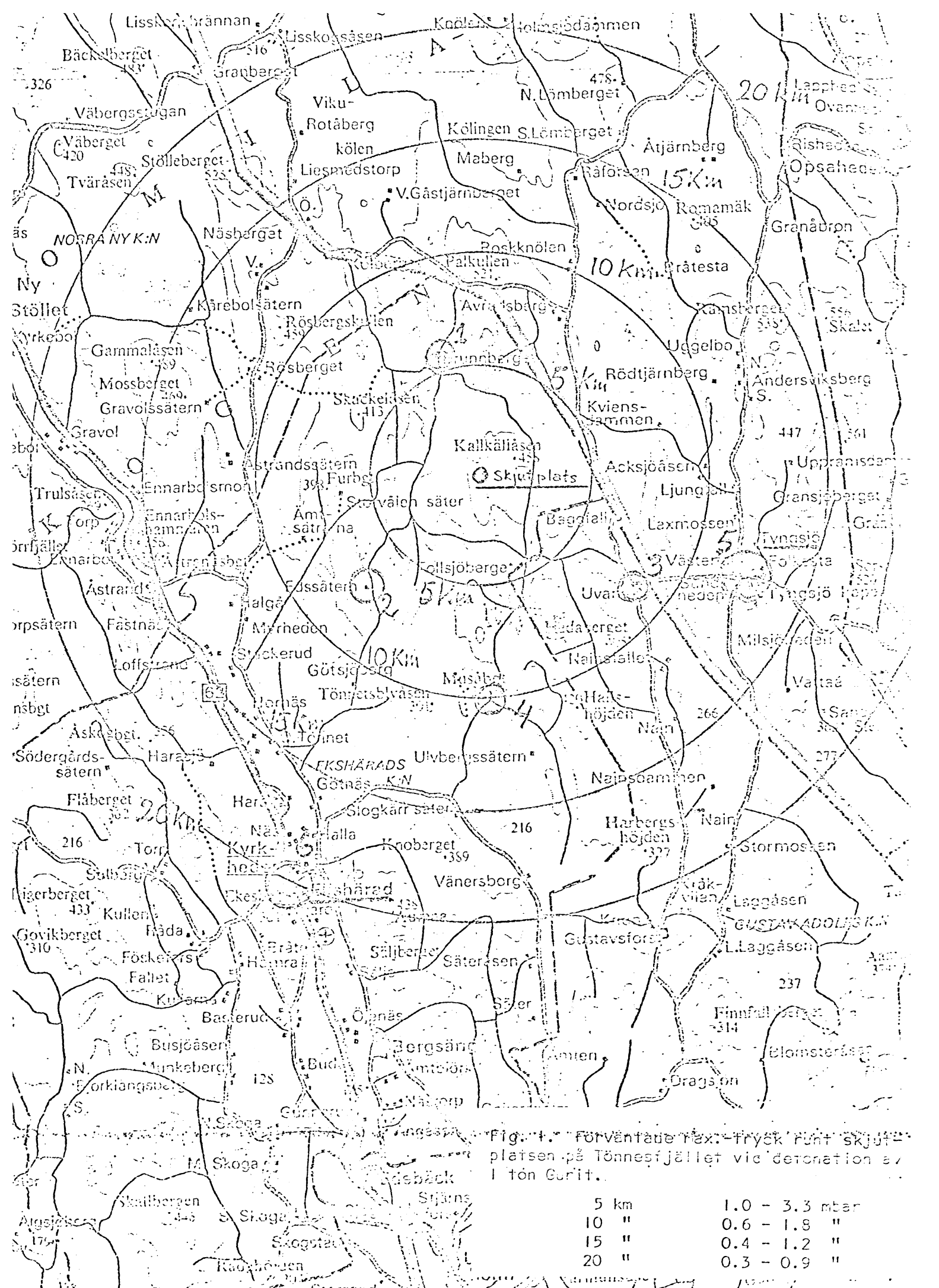

Algot Persson

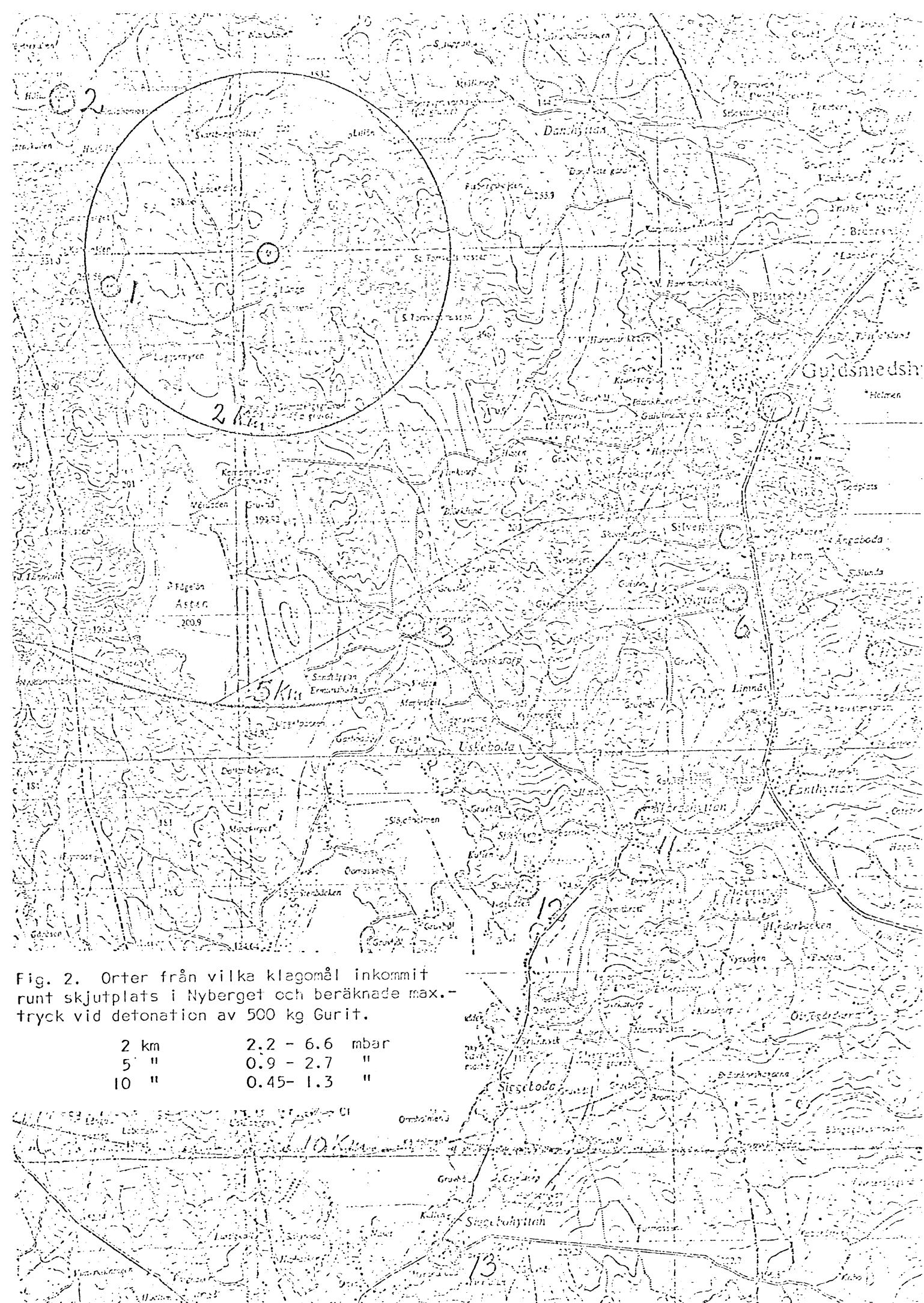
Tabell 2. Bebyggda orter inom 20 km:s radie från Tönnesfjället och tänkbar störnivå vid detonation av 1 ton Gurit.

Nr	Avstånd skjutplats km	Ortsnman	Bebyggelse	Störnivå (sid. 2)	Max. tryck mbar
1	6	Brunnberg	Planerat fritidsområde	4-5	0.9 - 2.7
2	7	Mussjön	Fritidsområde med äldre bebyggelse	4	0.8 - 2.4
3	8	Uvanå	Bostäder för skogsarbetare	4	0.7 - 2.1
4	10	Knoende	Fritidsområde	3-4	0.6 - 1.8
5	12.5	Tyngsjö	Bebyggelse med c:a 200 personer	3	0.5 - 1.5
6	20	Ekshärad	Tätort	2-3	0.3 - 0.9

Tabell 3. Sammanfattning av klagomål från några olika orter runt skjutplatsen i Nyberget. Beräknade tryck vid detonation av 500 kg Gurit.

Nr	Avstånd skjut- plats km	Ortsnamn	Klagomål	Beräknat tryck mbar
1	1.8	Orotorp	Fönsterrutor gick sönder	2.5 - 7.5
2	2.8	Hällaboda	Våldsamma smällar	1.6 - 4.6
3	4.4	Garphyttan	Sprickor i fönsterglas, nedfallande puts i skorsten	1 - 3
4	6	Guldsmedshyttan	Spricka i vävspänt tak	0.7 - 2.1
5	6	Silverhagen	Vibrationer	0.7 - 2.1
6	6.4	Nyhyttan	Fönsterrutor brustit, skador på skorsten	0.7 - 2.1
7	6.7	Ingelshyttan	Vibrationer	0.6 - 1.8
8	6.7	Piparbäcken	Föremål faller ner från möbler	0.6 - 1.8
9	7.2	Storå	Glasrutor i drivhus spricker	0.6 - 1.8
		"	Putsskador på husgrund	0.6 - 1.8
10	8	Hafsta	Vibrationer i byggnad	0.5 - 1.5
11	7.5	Mårdshyttan	Vibrationer i byggnad	0.6 - 1.8
12	7.6	Stubbre	Bullret vållar obehag	0.6 - 1.8
13	11.2	Siggebohyttan	Skador på gammal puts, vibrationer	0.4 - 1.2
	9.2	Vintermossen	Stenar och sot faller ned inuti skorsten	0.5 - 1.5
	9.5	Vasselhyttan	Putssprickor på gavel, kakel på masonit lossnar	0.5 - 1.5
	17	Bångbro	Innerdörrar glider upp	0.2 - 0.6
	11.5	Gökliden	Bullret vållar obehag	0.4 - 1.2
14		Gusselby	Sprucken skorsten	0.3 - 0.9





PM rörande Nitro-Metalls och Uddeholms AB skjutningar vid Tönnets-
fjället, Värmland, tiden 21/2 - 22/2 1973

Sammanfattning:

Den 21 och 22 februari 1973 genomförde Nitro-Metall tillsammans med Uddeholm AB provskjutningar vid Tönnetsfjället 10 km norr om Knoände i Ekshärads kommun.

Provskjutningarna, som var i storleksklassen 250-1000 kg trotyl, registrerades vid FOA:s Seismologiska Observatorium i Gunnerudssättern, 22 km från skottplatsen. Dessa registreringar har nu analyserats. Härvid har enbart hänsyn tagits till i vilken utsträckning nämnda provskjutningar stör de normala registreringar som idag sker vid observatoriet. Resultaten av analysen visar att de normala seismiska registreringarna störs av 4 vågtyper, nämligen primärvågen Pg, sekundärvågen Sg, den s.k. Rayleigh-vågen Rg samt lufttryckvågen, som uppstår vid explosionen. De tre första vågtyperna är markvågor, som utbreder sig i det granitlager, som finns omedelbart under ytskiktet medan den sistnämnda lufttryckvågen utbreder sig i luften och orsakar markrörelser när den träffar markytan. Likaså störs de mikrobarografiska mätningar som också görs vid observatoriet, dock ej så påtagligt som de seismiska registreringarna.

Inledning:

Den 21 och 22 februari 1973 gjorde Nitro-Metall tillsammans med Uddeholm AB 7 st provskjutningar vid Tönnetsfjället i Värmland. Provskjutningarna gjordes för att utröna om ett kommande fabriksprojekt på platsen kommer att medföra olägenheter för den intilliggande verksamheten ur olika synpunkter. För FOA:s del ligger den tänkta platsen mitt i den s.k. seismiska triangeln vars hörn utgörs av Hagfors, Stöllet och Äppelbo. För att utröna i vad mån en kommande verksamhet på platsen kan komma att störa de normala mätningarna vid observatoriet, upptages registreringar från skotten vid mätstationen i Hagfors (Gunnerudsätern).

Nedan redovisas resultaten av analysen från ovannämnda registreringar.

Registrerade vågtyper och amplituder

Fyra vågtyper registrerades seismiskt vid observatoriet från skotten. Tidsmässigt sett var dessa: Pg, Sg, Rg och lufttryckvågen. De två första betecknar den longitudinella och den transversella vågen resp. som gått i det granitskikt som befinner sig omedelbart under det lösa marktäcket. Dessa två vågtyper har en frekvens på omkring 10 Hz och en relativt sett låg markamplitud. För närvarande stör dessa vågtyper endast vår s.k. lokala detektor vars frekvensband går från 3,5 Hz och uppåt. Störningens varaktighet är endast c:a 2 sek. totalt. Den tredje vågtypen (Rg) ligger däremot i vårt teleseismiska frekvensband, 1,5 - 4 Hz, liksom de markvågor som lufttryckvågen orsakar vid mätpunkterna. Tabell 1 visar de uppmätta maximala markamplituderna samt de två vågornas varaktighet på registreringen i Hagfors. Någon evaluering för de två ytterstationerna har ej gjorts, men ett nära nog med Hagfors identiskt förlopp registrerades vid dessa, bortsett från lufttryckvågen, som beror starkt av meteorologiska förhållanden på platsen. De mikrobarografiska mätningar som upptages från provskjutningarna redovisas i tabell 2. Mätstationen i Äppelbo var vid tillfället icke i drift.

Slutsatser

Analysen visar att de normala seismiska registreringarna i genomsnitt störs c:a 1 min. 8 sek./skott. Den största störkällan utgöres av lufttryckvågen vars varaktighet är c:a 1 min. på de seismiska registreringarna samt c:a 8 sek. på de mikrobarografiska registreringarna. Som framgår av tabell 2 över de mikrobarografiska mätningarna är lufttryckvågen beroende av de atmosfäriska förhållandena på platsen.

Vidare kan nämnas att de olika vågtyperna utlöser våra automatiska detektorer vid mätpunkterna vilket bl.a. innebär att skrivare automatiskt startar upp och spelar ut "eventet" på skrivarpapper.

Tabell 1.

Rg och lufttryckvågornas inverkan på teleseismiska registreringen
i Hagfors

Datum	Skottid GMT	Laddning trofyl	Varaktighet på reg.		SNR (max)		Max markrörelse		Frekvens Hz	
			Rg(sek.)	Tryckvåg(sek)	Rg	Tryckvåg	Rg(mμ)	Tryckvåg(mμ)	Rg	Tryckvåg
'3 02 21	09.59.52,0	250 kg	5	60	5,0	10,0	9	19	2,0	3,3
'3 02 21	10.59.36,6	500 "	8	90	5,2	10,4	16	24	2,0	3,0
'3 02 21	14.00.10,8	250	6	25	2,4	9,0	10	16	2,0	3,8
'3 02 21	15.59.36,0	500 "	8	70	5,2	9,0	20	22	1,8	3,0
'3 02 22	09.18.32,7	500 "	10	80	4,6	6,0	15	15	2,0	2,5
'3 02 22	10.59.29,5	1000 "	10	70	7,8	3,8	24	7	2,0	3,0
'3 02 22	13.59.29,2	250	5	30	3,0	1,6	10	3	2,0	7,0
Σ sek			52	425						
Medelvärde			7,5 sek. 1 min.							

Ann. SNR = signal/brusförhållande
1 mμ = 10 Ångström

Tabell 2.

Skott	Hagfors				Stöllet				
	kg	hastighet m/s	amplitud µB	varaktighet sek.	frekvens Hz	hastighet m/s	amplitud µB	varaktighet sek.	frekvens Hz
1	250	320,6	34	5					
2	500	322,0	45	15					
3	250	324,4	22,5	5					
4	500	328,8	49	10	1,8				
5	500	324,4	22,5	5	2	312,3	7	10	2
6	1000	322,0	26,5	7	1,2	320,0	9	12	1,2
7	-500-	322,0	7,5	8		313,5	3	10	3,5