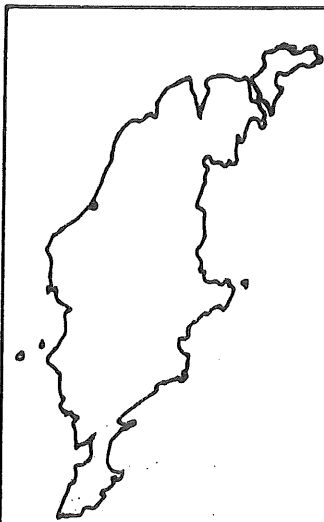




GOTLANDS LÄN

**KARSTOMRÅDET MED
LUMMELUNDAGROTTAN
VID
LUMMELUNDS BRUK**

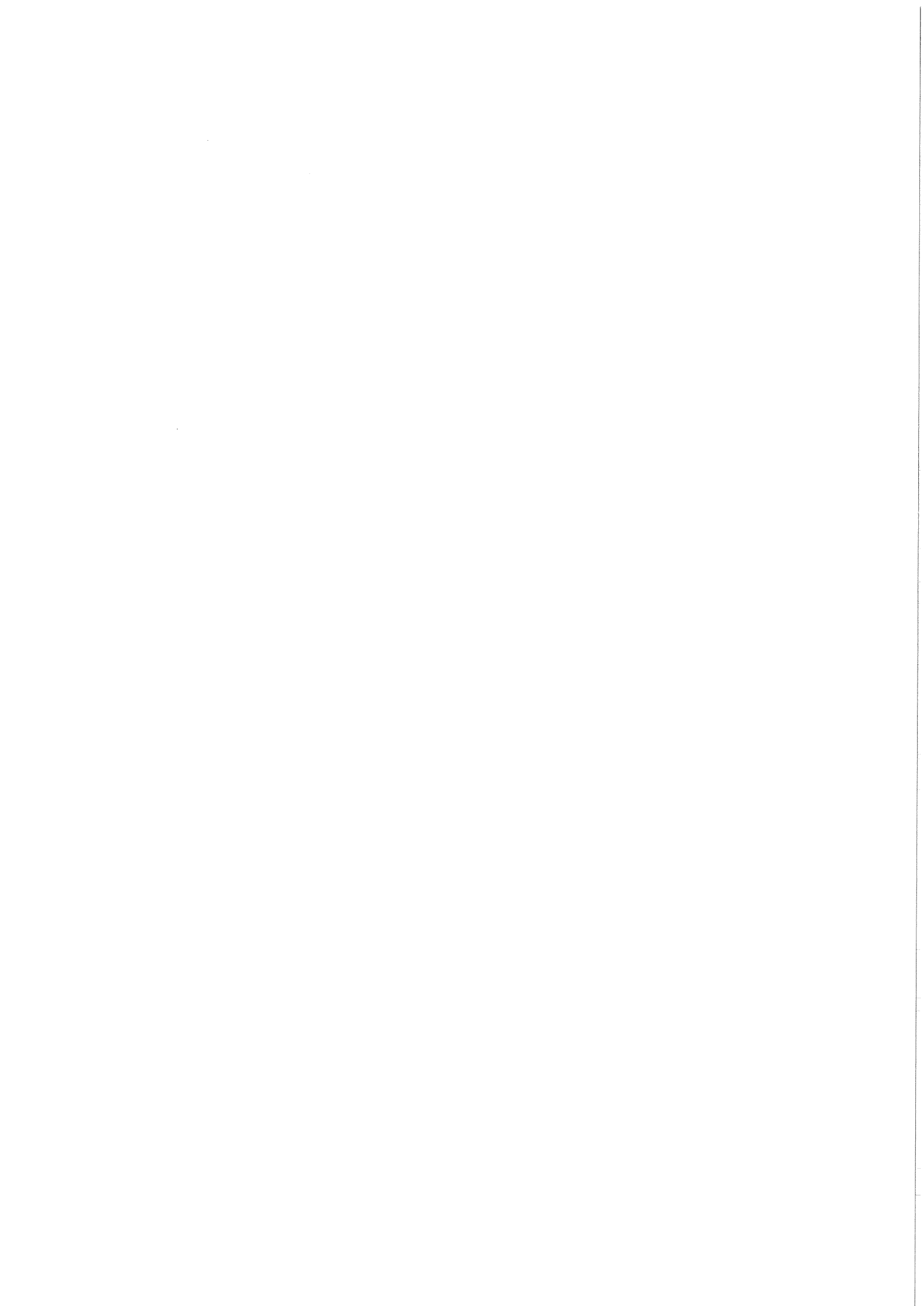


GEOVETENSKAPLIG INVENTERING

LÄNSSTYRELSEN I GOTLANDS LÄN

NATURVÅRDSENHETEN SEPT 1978

Prel. utgåva



KARSTOMRÅDET VID LUMMELUNDS BRUK - En geovetenskaplig inventering

INLEDNING.....	1
ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV OMRÅDET, NATURFÖRHÅLLANDEN.....	2
Klimat.....	2
Geologi.....	4
Vegetation.....	5
KARSTFORMER.....	6
Doliner.....	6
Källor och slukhål.....	11
Grottor.....	12
Övriga former.....	13
STRANDBILDNINGAR.....	16
Klint.....	16
Strandvallar.....	16
Grottor och strandhak i klinten.....	17
HYDROLOGI.....	22
Lummelundaströmmen.....	22
Slukhål.....	26
Karstkällor.....	29
LUMMELUNDAGROTTAN.....	33
Utforskning.....	33
Turistexploatering.....	39
Grottans utsträckning, uppbyggnad och uppkomst.....	41
Speleothems - kalcitutfällningar.....	48
Lösa avlagringar.....	53
Speleoklimat.....	55
Biologiska förhållanden.....	62
LUMMELUNDAGROTTAN I FRAMTIDEN.....	66
Turismen.....	66
Forskningen.....	67
Yttre förhållanden.....	67
NATURRESERVATET LUMMELUNDS BRUK.....	68
Allmän målsättning.....	68
Objekt av intresse ur turist och undervisningssynpunkt.....	70
Objekt av vetenskapligt intresse.....	71
Mark och vegetationsvård.....	71
Särskilda föreskrifter beträffande Lummelundagrottan.....	72
SAMMANFATTNING.....	73
LITTERATUR.....	76
Refererad litteratur.....	76
Övrig refererad litteratur med anknytning till Lummelundas karstområde.....	78

FIGURFÖRTECKNING

	Sid
1. Det undersökta karstområdet, översiktskarta	2
2. Detaljkarta över karstområdet	3
3. Berggrundskarta över området Visby-Lummelunda	5
4. Kollapsdolin och lösningsdolin, principskisser	9
5. De tre typer av doliner som förekommer i Lumme- lundas karstområde, principskisser	10
6. Den sprängda kanalen med 33 inkarterade slukhål	11
7. Strandlinjeprofiler, LG, AG	17
8. Grottor, strandhak och nischer. Inlagda på de- taljkartan	18
9. Våtmarksområdet vid Martebo omkring år 1700	23
10. Principskiss av ett slukhål som täppts till av nedsvämmat material	26
11. Vattenföringen i kanalen (ovanför sluken) och grottmynningen samt nederbörden för tiden 18/11- 25/11 1977	27
12. Sluken i slukhålsområde A år 1945	29
13. Vattenföringen i Lummelundagrottans mynning den 1/10 - 8/10 1977	31
14. Den först publicerade kartan över Lummelunda- grottans mynning	35
15. Karta över Lummelundagrottans yttre delar, upp- rättad av Tell 1955	36
16. Karta över Lummelundagrottans turistdel 1955	36
17. Karta över Lummelundagrottans kända delar fram t o m 1977	37
18. Besöksfrekvensen i Lummelundagrottan	40
19. De kända delarna av Lummelundagrottan och dess relationer till slukhålen ...	42
20. Tvärsnitt av Lummelundagrottans vattenförande delar	43
21. Principskiss som i tre steg visar hur en grotta av Lummelundagrottans typ kan tänkas ha bildats	45
22. Hur en strålstalaktit bildas ...	48
23. Detaljkarta över sal 5 och sal 6 i Lummelunda- grottan	54
24. Karta över sediment m m	56
25. Temperaturregistrering från termohygrograf 1 under andra veckan i juli 1977	58
26. Registrering av relativ fuktighet från termo- hygrograf 7 längst in i grottan	61
27. Karta över placeringen av biologiska fångstfällor	64
28. Detaljkarta med geovetenskapliga objekt inlagda	69

BILDFÖRTECKNING	Sid
1. Lösningdolin	8
2. Alluvialdolin	8
3. Ett aktivt slukhål i kanalen	14
4. Klafvers spricka	14
5. Strandgrotta nr 10 i klinten	21
6. Källflödena vid nr V	21
7. De inre delarna av Aktiva systemet	47
8. En av de rikare droppstensförekomsterna i Fossila systemets huvudgång	47
9. Altaret i sal 5	50
10. En intermitterent bassäng där det bildats lily pads och grottopkorn	50
11. Blomkålsliknande bergmjölksformation .	52
12. Exempel på hur den lagrade kalkstenen släpper i stora sjok och därmed flyttar hela grottgången uppåt	52

TABELLFÖRTECKNING

1. Grottor och strandhak utbildade i klinten	20
2. Max och minimitemperaturer för 10 olika punkter i grottan under tiden 7/5 - 11/11 1977	57

INLEDNING
 =====

Föreliggande rapport är den första av två stycken, som behandlar karstområdet vid Lummelunds bruk. Denna första rapport är upplagd som en inventering av området och är bl.a. avsedd att tjäna som underlag till en skötselplan för det blivande naturreservatet. Undersökningarna, som till stora delar bekostats av medel från Naturvårdsverket, har bedrivits från maj 1977 och pågår alltjämt. Ett varmt tack riktas till de 27 personer som deltagit i undersökningarna och utan vilkas hjälp undersökningarna inte kunnat genomföras. Flera av medarbetarna, som samtliga är medlemmar i Sveriges Speleolog-Förbund, har på egen hand utfört vissa i undersökningen ingående moment. Resultaten av dessa delundersökningar redovisas här med referens till tidskriften Grottan där de enskilda författarna redogjort för sina delundersökningar. I två fall har delundersökningarna använts som examensarbeten, ett i naturgeografi och ett i kvartärgeologi.

Ett varmt tack ska också Ni ha som hjälpt mig med korrekturläsning, renritning, renskrivning och reproarbeten.

Utforskningen och karteringen av Lummelundagrottans gångsystem har skett i samarbete med Sveriges Speleolog-Förbund liksom allt arbete under jord.

I denna första rapport har i görligaste mån vetenskapligt resonemang och bevis kring förekommande påståenden utelämnats för att göra innehållet lättillgängligt. Vissa avsnitt är starkt förkortade och undersökningar som ansetts vara av ren forskningskaraktär och utan intresse för en bredare publik har helt utelämnats.

Undersökningarna kommer att fortsätta in på 1979. Den andra rapporten beräknas vara färdig samma år, och då framlägges i form av en doktorsavhandling i ämnet Naturgeografi vid Lunds Universitet.

Text och figurer i denna rapport får ej dupliceras eller användas i kommersiellt syfte. Text och figurer ur denna rapport får ej publiceras utan att källan tydligt anges. Vad det gäller bildmaterialet har fotografen, vars namn står under respektive bild, egen copyright enligt lagen om upphovsmannarätt.

Lund den 30 juni 1978
 Fil.Kand Leif Engh
 Naturgeografiska institutionen
 Lunds Universitet

ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV OMRÅDET, NATURFÖRHÅLLANDEN

Det undersökta området är beläget ca 13 km norr om Visby vid Lummelunds bruk, även benämnt Överstekvarn. Kartan nedan, fig 1, visar hela det område, som berörts av undersökningen. Intensivundersökning har utförts i den västra delen av området, med avgränsning åt öster strax bortom punkterna A och D. En detaljerad karta med nivåkurvor har upprättats över denna karstmorfologiskt intressanta del (fig 2). Kartan täcker det område, som kan vara aktuellt att avsätta som ett geovetenskapligt naturreservat.

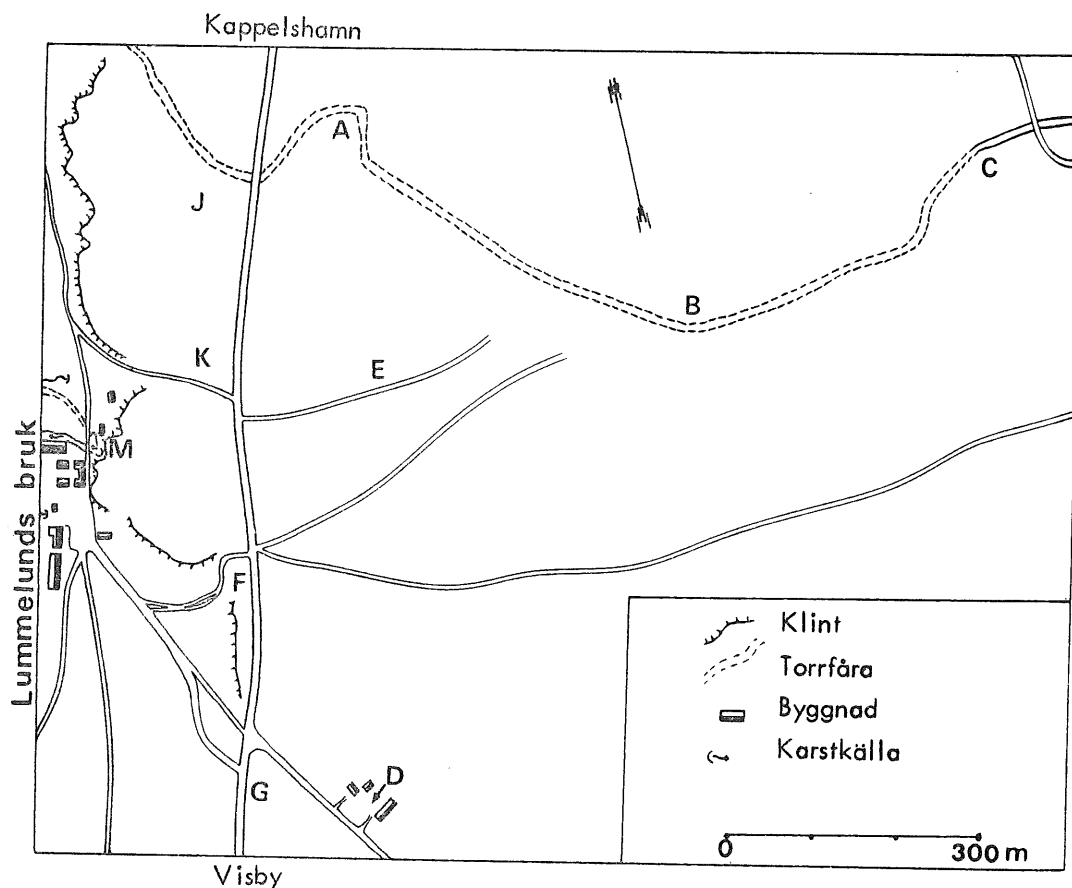


Fig. 1. Det undersökta karstområdet vid Lummelunds bruk, 13 km norr om Visby.

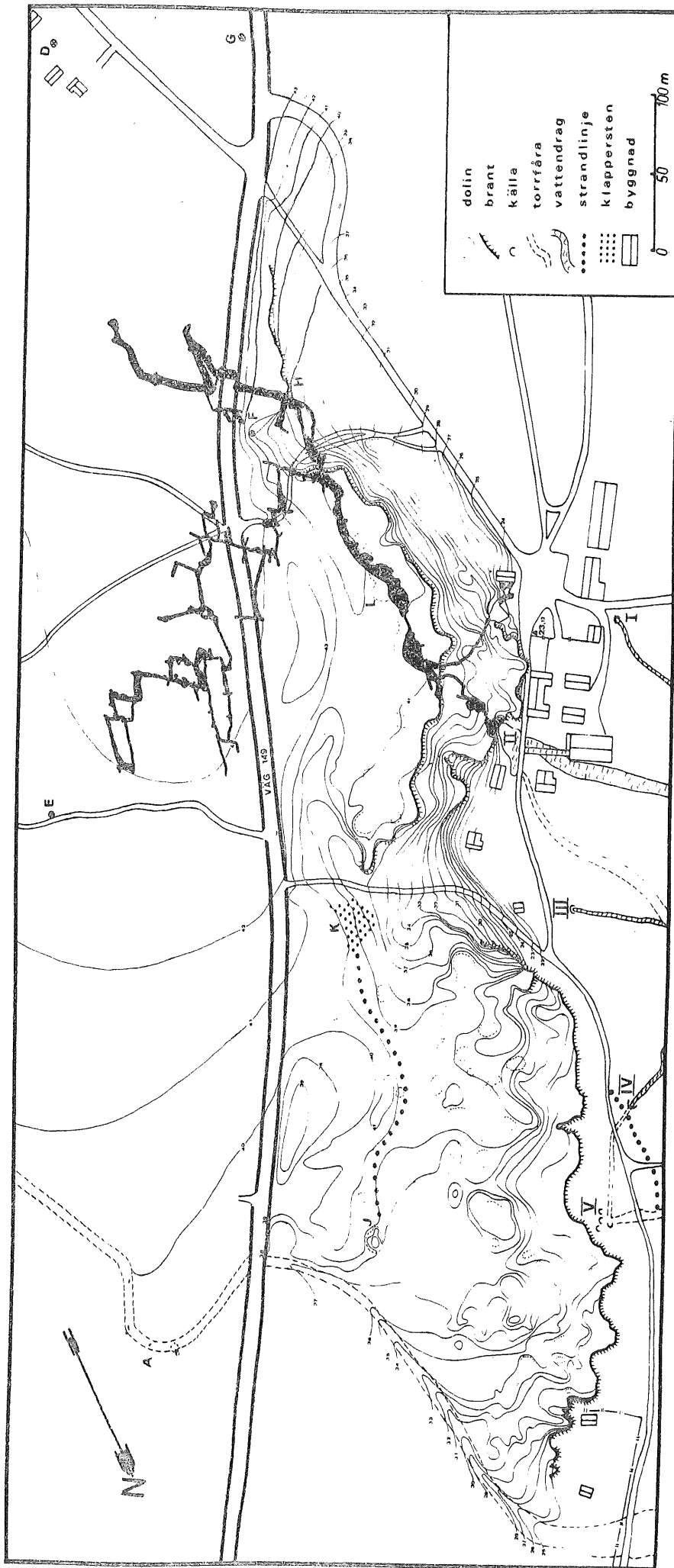
Klimat

Hela Gotland har ett fukttempererat (oceaniskt) klimat med varm sommar, typ Cfb enligt Köppens klimatklassificering. Klimatet vid Lummelunds bruk skiljer sig troligen föga från klimatet i Visby varför följande värden kan antas gälla:

Månadsmedeltemperaturen för Visby 1931-1960 enligt Ångström (1974)

jan	febr	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
-0,6	-1,4	0,0	4,3	9,0	13,9	17,1	16,6	12,9	8,3	4,1	1,8

$^{\circ}\text{C}$



3.

Fig. 2. Detaljkarta över karstområdet vid Lummelunds bruk. Utsträckningen av Lummelundsgrottans kända delar har markerats på kartan. Kartan är upprättad i fält med mätbordstachymeter, ekvidistansen är 1 m.

Årsmedeltemperaturen under samma period är $7,1^{\circ}$ C.

Följande nederbördsdata är hämtade från en station inom dräneringsområdet, ca 2 km öster om Lummelunds bruk. Observationsperioden sträcker sig mellan 1961 och 1970.

jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
40	29	33	39	57	17	41	67	51	66	70	44 mm

Årsmedelnederbörden för samma period är 554 mm

Enligt ortsbefolkningen regnar det något mera i det kustnära området vilket också bestyrktes av nederbördsmätningar under fältarbetsperioderna.

Geologi

Öster om landsvägen är terrängen flack och sluttar svagt in mot Martebo myrs centrala delar. Markytan är här täckt av lösa avlagringar av ringa mäktighet. Enligt SGU:s karta Aa No 193 utgöres jordlagren av morän, isälvsavlagringar och svämngrus (från Baltiska issjön). I den numera utdikade Martebo myr utgöres jordtäcket av bleke överlagrad med kärrtorv. Omedelbart väster om landsvägen och längs densamma finns en smal remsa av morän vars västliga gräns utgöres av en strandlinje (markerad på kartan fig 2) med klappersten. Mellan punkterna K och F på samma karta avgränsas moränen av höjdkurvan 42 m.

Där strandvallen och moränen upphör åt väster är berggrunden enbart täckt av ett tunnt lager vittringsjord fram till klinten. Omedelbart nedanför klinten finns mäktiga rasackumulationer som synbarligen jämnats ut, förmodligen av vågpåverkan. Vid själva bruket saknas rasmassorna varför man kan förmoda att de använts till byggnadsändamål el.dyl.

Mellan klinten och den nutida strandlinjen täcks berggrunden huvudsakligen av sandiga sediment från Litorinahavet.

Berggrunden på Gotland består av lagrade och olagrade kalk- och sandstenar från silurtiden. För ca 400 miljoner år sedan sedimenterade lera, kalk och sand på botten av ett tropiskt hav, och idag återfinns vi dessa sedimentpackar som bergarter på Gotland. I dessa lagerpacker kan man urskilja 13 olika tidsperioder (grupper) varav de fem äldsta finns i det undersökta området.

Fig 3 visar de olika lagren från kusten och in mot Martebo myr. Längst ut vid kusten finns den äldsta lagerserien på Gotland, Undre Visby märeigelsten. Mellan kusten och klinten förekommer övre Visby märeigel som överlagras av Högklintsgruppens kalkstenar som bildar själva klinten. Högklintsgruppen består av fyra underavdelningar (facies) varav tre stycken, Högklint A-C, finns representerade i området enligt Lindén & Odell (1978). Ungefär i höjd med landsvägen överlagras Högklintsgruppen av den hårdare Toftakalkstenen, som i Martebo myr i sin tur överlagras av den femte gruppen, Slitegruppen. Kalkstenarna är mycket fossilrika och innehåller bl.a. koraller, krinoider (sjöililjor), snäckor och musslor. Fossilerna kan bäst studeras i klinten, i grottan och i den sprängda kanalen. Beskrivningar av fossillokaler har gjorts av Munte m.fl. 1925, Regnell & Hede 1960, Manten 1971 och Laufeld 1974. Själva klinten i området består i huvudsak av revkalksten med vissa inlagringar av märeigellinser. På den renspolade ytan ovanför klinten har doliner utbildats i revkalken.

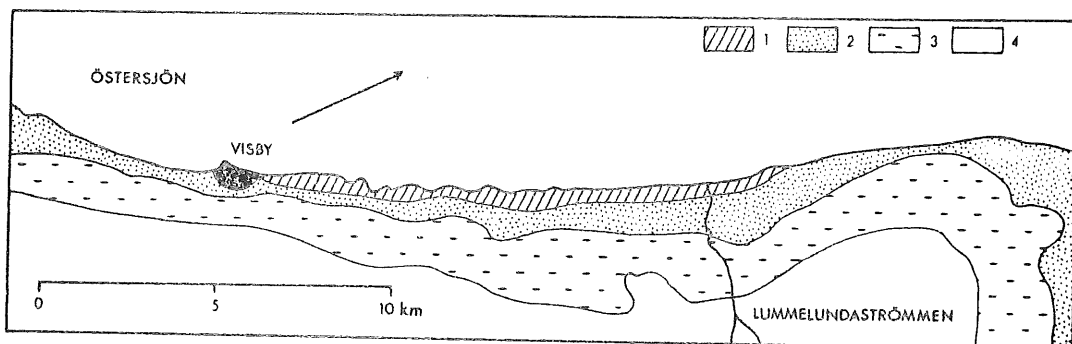


Fig. 3. Berggrundskarta över området Visby-Lummelunda, fritt efter Lundqvist, Hede & Sundius, 1940.

1. Undre och övre Visby märeigel. 2. Högklintskalksten. 3. Toftakalksten. 4. Slitegruppen.

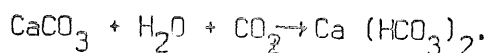
Vegetation

Större delen av området ovanför klinten är bevuxen med gles tallskog. Nedanför klinten finns strandängar, åker och lövblandskog.

I den nordöstra delen av det intensivundersökta området (gräns längs vägen i mitten av detaljkartan) utgöres undervegetationen enbart av gräs och örter som en följd av tidigare fårbetning. Sydöstra delen av området har till skillnad mot ovanstående öppna terräng en tät och svårgenomtränglig undervegetation av torn och sly.

KARSTFORMER

Med karstformer avses här bildningar, som i huvudsak bildats genom vattnets kemiska utlösning av kalkberggrunden s.k. korrosion. Vattnet löser ut kalciumkarbonat och magnesiumkarbonat ur kalken, en kemisk reaktion, som förenklat kan uttryckas:



Denna karbonatutlösning är effektivast i sprickor, skiktfogar och andra svaghetszoner där den för vattnet exponerade kalkstensytan är större. Därvid uppstår vissa väl definierade former, s.k. karstformer. Dessa förekommer inte bara på markytan utan även under jord, där vattnet kan lösa ut kalkstenen och skapa grottor.

För en utförligare information om begreppet Karst hänvisas till Helldéns avhandling "Karst" från 1974.

Den typiska ytkarsten i kalt berg på Öland och Gotland utgöres av pavement, (Nilsson 1968, Sepp & Luther 1961) glacialt präglade hållområden med postglaciala karstformer, främst då sprickkarren (eng. grikes, ty. Kluftkarren) d.v.s. sprickor vidgade genom kemisk utlösning. Pavement förekommer i princip överallt på Öland och Gotland där kalkberggrunden ligger blottad, Alvaret kan stå som typexempel. Karstområdet vi Lummelunda skiljer sig markant från de flesta kända karstområden på Gotland då ytkarstformerna här utgöres av doliner (se nedan).

Ett karstområde kännetecknas av underjordisk dränering med inga eller få vattendrag på markytan. Typiska formelement är doliner, källor, slukhål och subterrana vattendrag samt torr-dalar vilka alla är representerade vid Lummelunda.

Doliner

Doliner är den vanligaste bildningen av de medelstora formerna i ett karstområde. De är sänkor med slutna bottnar där djupet på sänkorna vanligen är mindre än diametern. En särskild form, sprickdoliner, är som namnet antyder avlånga bildningar, eljest är doliner mer eller mindre cirkulära.

Dolinerna vid Lummelunda förekommer längs klintkanten i ett ca 100 m brett stråk, beläget mellan Lummelundaströmmens torråra och vägen till Överstekvarn (se detaljkartan fig.2).

Dolinerna är utbildade på en från början rensplad kal berggrund varför Ancyclusgränsen i området, (d.v.s. gränsen för jordtäcket) utgör den naturliga avgränsningen i öster. Avgränsningarna i norr och söder på kartan är konstruerade, ett fåtal doliner förekommer även utanför dessa gränser. På detaljkartan framgår form och storlek på de 53 markerade dolinerna. Bild 1 visar en för området typisk dolin.

Flera av dolinerna är svåra att urskilja och avgränsa i terrängen då de är tämligen flacka och då markytan har en allmänt orolig topografi. Detta är kanske den främsta orsaken till de skillnader, som finns mellan författarens kartering och den som genomfördes av Lundevall 1964. Andersson & Gusting (1962) har noterat två dolinområden öster om landsvägen, varav det östligaste nu är täckt med schaktmassor från kanalarbetet under 60-talet. Det västligare området skulle utgöras av två doliner i skiktad kalksten. Lundevall kunde dock ej återfinna dessa och författaren har i det angivna området funnit flatbottnade sänkor som troligtvis härrör från stembrytning,

Lundevall anser att dolinerna bildats genom instörtning av taket i underliggande grottssystem. Grävningar i flera doliner har emellertid visat att så inte är fallet. De flesta dolinerna är s.k. utlösningdoliner bildade genom en accelererad korrision. Bottnen i dessa doliner utgöres av en till synes uppkrossad kalkberggrund, där storleken på stenarna ökar med djupet. Dessa stenar är resultatet av kemisk vittring längs sprickor och svaghetszoner i såväl vertikalled som horisontalled, i kombination med frostsprängning. Med ökat djup ökar passformen mellan stenarna, och närmast berggrunden uppfattas de inte som enskilda stenar utan som en enhetlig starkt uppsprucken berggrund. Djupet till fast berg varierade i de 12 provdolinerna från 14 till 65, cm.



Bild 1. Lösningdolin, bildad genom nederbördsvattnen som långsamt löst upp kalkberggrunden. Foto Mischa Gavrjusjov.



Bild 2. Alluvialdolin, bildad då jordtäcknet (i detta fallet klappersten) sjunker ner i en underliggande karsthåla. Foto Mischa Gavrjusjov.

Fig 4 b är en principskiss av ett tvärsnitt genom en lösningsdolin, medan 4 a visar en kollapsdolin bildad genom instörtning av underliggande grottsystem. Vissa av dolinerna i området uppvisar tvära kanter med kantställda block, något som kan betyda att de är resultat av mindre instörtningar. Några renodlade kollapsdoliner har dock inte påvisats, instörtningarna är förmodligen att härleda till mindre håligheter bildade i anslutning till dolinens botten. Om ett grottsystem befann sig så nära markytan att det skulle kunna ge upphov till dessa relativt små doliner, borde det finnas spår av detsamma i klintbranten med tanke på frekvensen av doliner strax intill denna. Dubbeldolinen vid L på detaljkartan är emellertid ett undantag. Denna är relativt stor och belägen rakt ovanför en stor instörtning i Lummelundagrottan (se kap. Lösa avlagringar) varför ett samband kan misstänkas. Berggrunden är emellertid 12 m mäktig mellan markytan och grottan och andra samband än läget har inte konstaterats.

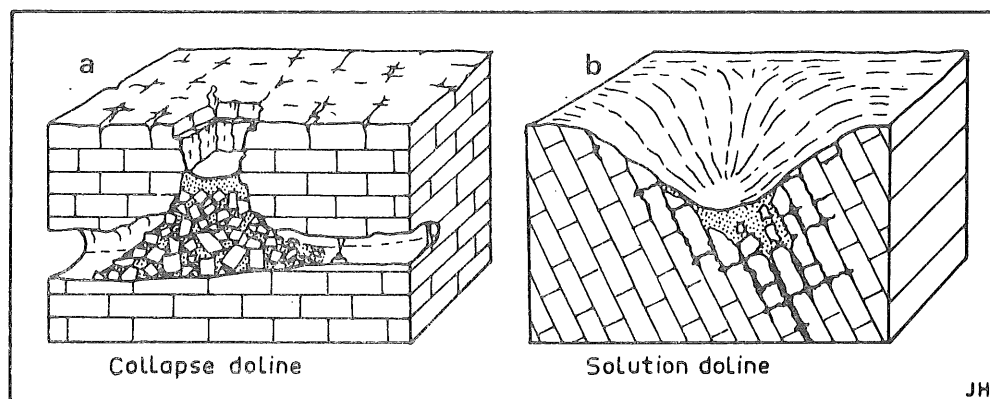


Fig. 4. Kollapsdolin (a), bildad genom instörtning av ett underliggande grottsystem. Lösningdolin (b), bildad genom nederbördens långsamma upplösning av kalkberggrunden. (efter Jennings 1971).

I och ovanför den markerade strandlinjen på detaljkartan förekommer några alluvialdoliner. Dessa är utbildade i klapperstenen där stenarna successivt fyller ut det hålrum som bildas efterhand som berggrunden under löses ut. Bild nr 2 visar en sådan dolin där en sättning nyligen har inträffat. Under spaden till höger i bilden syns ett tydligt brott i det tunna jordtäcket. Denna dolin bildar övre delen av den dubbeldolin, som är markerad med J på detaljkartan. Dubbeldolinen ligger i en rak linje mellan de sista slukhålen i Kanalen och de källor dessa står i förbindelse med.

Detta läge, samt det faktum att dubbeldolinen är ovanligt djup i förhållande till diametern, liksom tydliga tecken till recent aktivitet (vid bearbetningen av botten sjöök denna plötsligt ytterligare 10 cm) gör att ett samband med ett eventuellt underliggande grottssystem är möjligt.

De alluvidoliner, som finns utbildade i strandavlagringarna har helt naturligt bildats efter de senares avsättning. Lösningdolinerna i berggrunden utgör i vissa fall betydande svackor i terrängen där man kan förmoda att ackumulation av klappersten annars skulle ha skett om dolinerna hade existerat när strandlinjen låg på denna nivå. Slutsatsen blir att samtliga doliner i området är av postglacialt ursprung. Genomförda morfometriska analyser gav samma resultat vid jämförelse med de kemiska denudationsberäkningarna.

Figur 5 visar de tre typer av doliner som förekommer i området. A är en typisk lösningdolin medan B är en trolig lösningdolin där mindre sättningar kan ha förekommit. C är en dolin utbildad i strandklappern där fördjupningen i den underliggande berggrunden är flackare än vad dolinen utvisar.

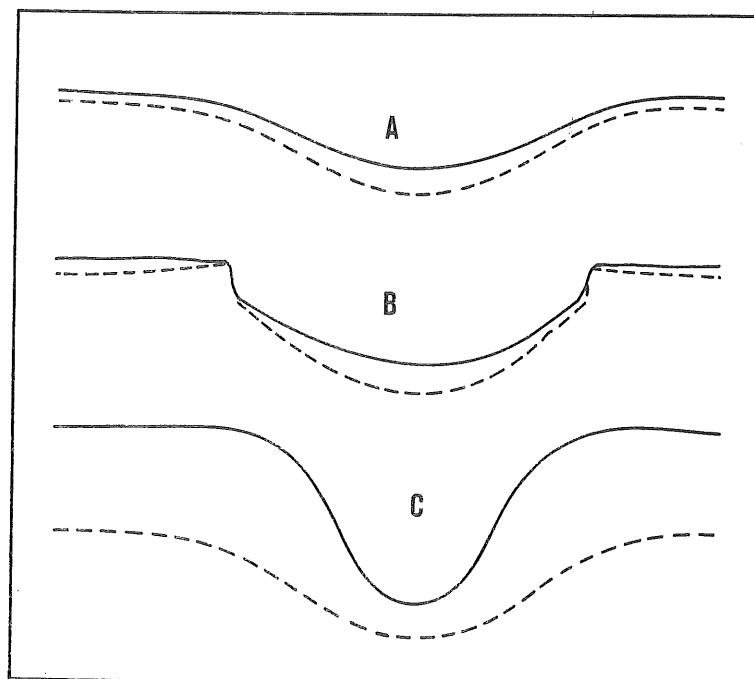


Fig. 5. De tre typer av doliner som förekommer i Lummelundas karstområde. Heldragen linje=markyta, streckad linje=berggrundsyta. A=lösningdolin. B=lösningdolin som delvis bildats genom små sättningar i berggrunden efterhand som kalken löses ut.

C=Alluvidolin, sättningar i jordlagren efterhand som underliggande berggrund gått i lösning.

Källor och slukhål

Samtliga dokumenterade slukhål, 33 stycken, finns utbildade i botten eller i sidorna av kanalen, d v s den artificiellt vidgade och fördjupade delen av Lummelundaströmmens lopp. Av figur 6 framgår att sluken är koncentrerade till tre olika platser i kanalen, med enstaka sluk däremellan. De tre slukhålsområdena A, B och C finns också markerade på översigtskartan figur 1.

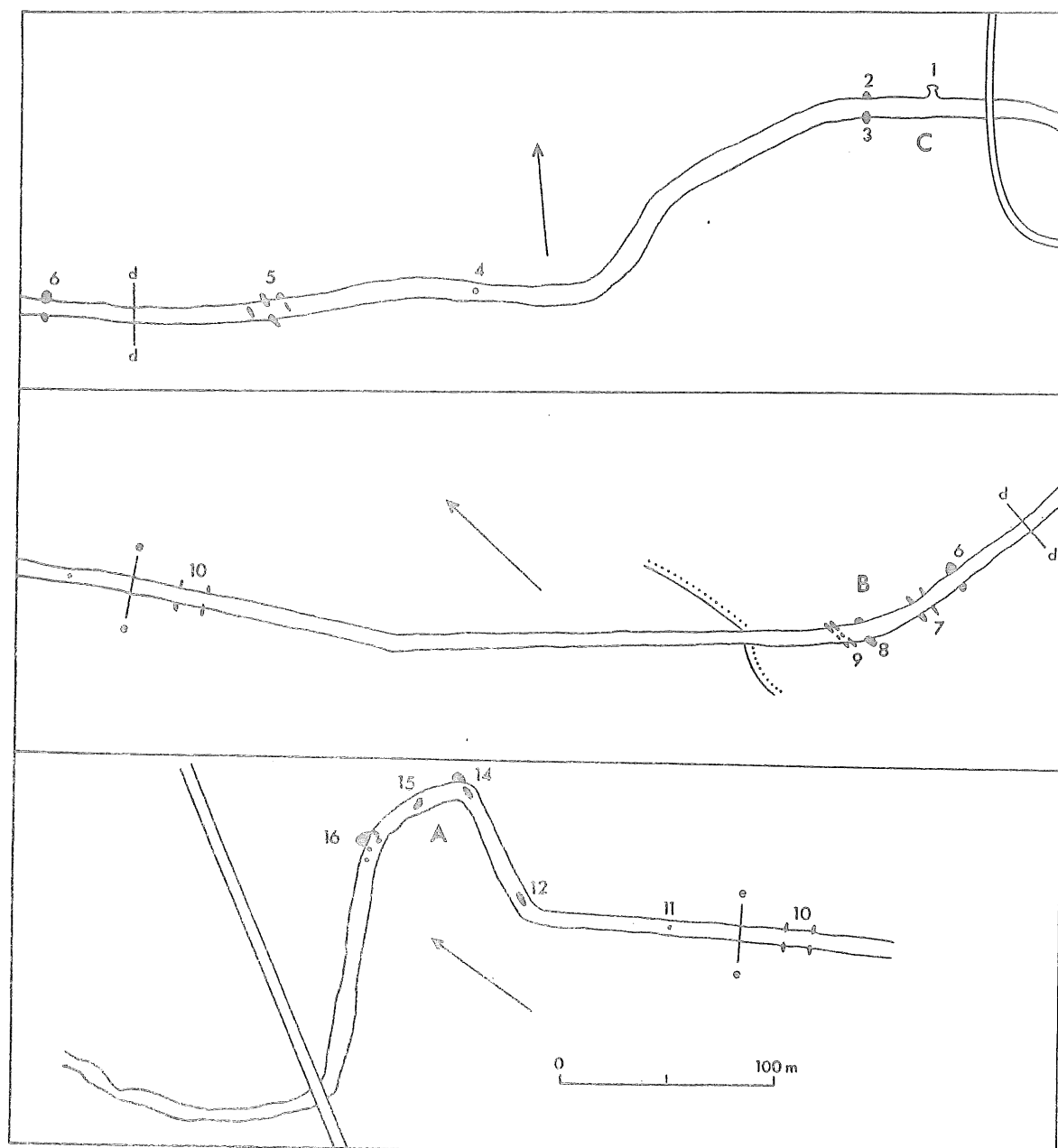


Fig. 6. Den sprängda kanalen med 33 inkarterade slukhål. Längst ner till vänster går landsvägen Kappelshamn - Visby, som utgör gränsen mellan den artificiella kanalen och den opåverkade strömfåran väster om bron.

Sluken utgöres av vidgade vertikala sprickor som står i förbindelse med det underjordiska dräneringsnätet. Kapaciteten hos sluken varierar från några få l/s till hundratals l/s. Bild 3 visar sluket i kanalbotten vid punkt 14, fig. 6. När fotot togs nådde Lummelundaströmmen precis fram till sluket varför man kan se hur vattnet forsar ner i underjorden. Ökar vattenföringen med ca 30 l/s kommer vattnet att nå botten av detta sluk vilket då enbart kommer att synas som en virvel på vattenytan.

Under sommarhalvåret försvinner normalt allt vatten ner i sluk nr 2 och 3.

Källorna (totalt tre stycken), är samtliga belägna nedanför klinten. De är markerade på detaljkartan med beteckningarna I-V.

Källorna I och III är permanent vattenförande och har inte kunnat relateras till några sluk. Nr II utgöres av Lummelundagrottans mynning och vattenströmmen därur står i förbindelse med sluken i slukhålsområde C och B. Källorna IV och V förefaller att stå i förbindelse med varandra och källa V har relaterats till sluken vid A. Källa V misstänkes dessutom mynna ur ett grottsystem vars mynning eventuellt är begrävd under rasmassorna nedanför klinten.

Ytterligare källor i anslutning till området har nämnts av Lundevall 1964. I Lummelundaströmmens nordliga torråra, mellan klinten och havet skulle det finnas fyra mycket små källor på 3,12 - 5,50 - 5,92 respektive 6,54 meters höjd över havet. Dessa har inte återfunnits. Lundevall nämner också att det enligt muntlig uppgift från Rolf Ödin finns en periodisk källa under herrgårdsbyggnaden.

Åkerman (1978) har med hjälp av värmekamera påvisat en submarin källa strax utanför ovannämnda torråras mynning.

I det hydrologiska avsnittet redogöres mer detaljerat för källorna och slukhålerna, deras kapacitet och inbördes förhållanden.

Grottor

Då kapacitet behandlar karstformer avses här grottor, som i huvudsak bildats genom korrosion. Det finns i området bara

en känd grotta med denna genes, Lummelundagrottan. I Klinten finns ett stort antal mindre grottor och grottanlag. Dessa har i huvudsak bildats genom mekaniska processer, främst abrasion, varför de behandlas i kap.strandbildningar.

Lummelundagrottan är en av landets fyra största kända grottor. Vilken som är den största går ännu inte att avgöra då ingen av dem är fullständigt utforskad. De enda jämförelser, som kan göras är mellan de uppmätta och utforskade delarna av grottsystemen samt mellan minimilängden på det underjordiska vattendrag som förekommer i respektive system, alltså avståndet mellan sluk och källa. Lummelundagrottan är t.o.m. den 1/7 1978 uppmätt och karterad till 1800 meters längd, vilket placerar den som nr 2 efter Labyrintgrottans 2100 m. Avståndet källa - sluk är för Lummelundagrottan 1150 m fågelvägen vilket är det 4:e längsta i Sverige.

Undersökningarna har visat att det troligen existerar ett grottsystem mellan sluket A och källa 5 på detaljkartan. Det underjordiska loppet är 310 m efter en rät linje och nivåskillnaden är 18 m. Strax ovanför källan ligger en av rasmaterial delvis igenfylld grottmyrning. Denna skiljer sig något till formen från kringliggande strandgrottor och det är inte omöjligt att detta kan vara öppningen in till grottsystemet. En upprensning av myrningen kan ge svar på frågan.

Övriga karstformer

Detaljkartan avgränsas i norr av en torrdal, Lummelundaströmmens nedre naturliga del. Enl. Gislén & Brink samt Andersson & Gusting var denna torrfåra sällan vattenförande, de nämner "mannaminne" som tidsmått. Under hösten och vintern 77/78 rann emellertid vattnet ofta fram i fåran trots en relativt ringa vattenföring. Orsaken är förmodligen den successiva igensättning av slukhålan som beskrives i hydrologi-avsnittet.

Från källa V utgår två flacka torrdalar varav den ena blev uppgrävd till en kanal sommaren 1977. Samma öde rönt torrfåran vid källa III, som efter grävningen nu är permanent vattenförande.



Bild 3. Ett aktivt slukhål i kanalen. Foto Acki Berggren.

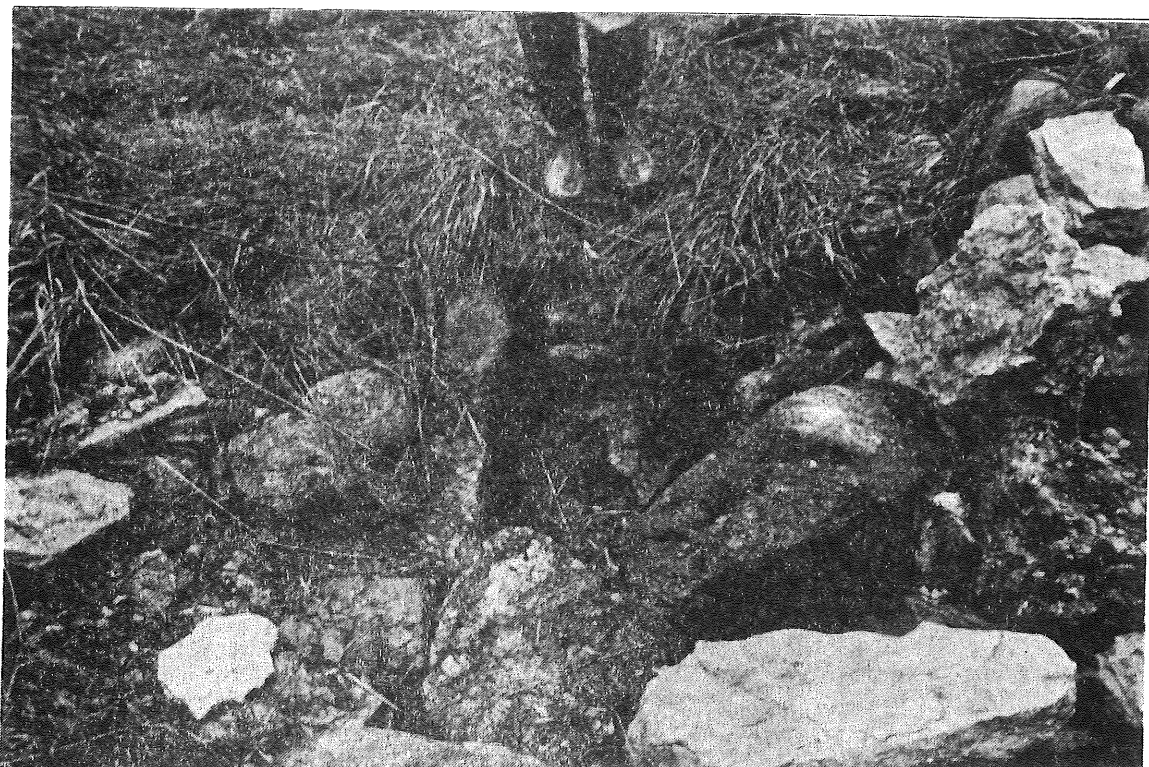


Bild 4. Klafvers spricka. En vertikal öppning i markytan med förbindelse med ett underliggande grottsystem, troligtvis Lummelundagrottan. Foto Rolf Engh.

Efter utflödet från grottan delar sig Lummelundaåns strömfåra i två delar. Den norra av dem är vattenförande endast vid högvatten. Regleringsluckor i dammen utanför grottmynningen kan helt hindra tillflödet till denna strömfåra även vid högvatten.

I tidigare arbeten har två "fönster" beskrivits och markerats på kartor. Med fönster menas här en mindre öppning i markytan som står i förbindelse med ett underliggande grottsystem.

Fönstret vid F på kartan har ej någon direkt öppning då det ligger i en stentäckt sänka, men vid kall väderlek märks en uppåtgående luftström och varm grottluft. Denna utströmning av varm luft vindertid gör att fönstren lättast upptäcks när marken är snötäckt, runt öppningen har då snön smält undan.

Fönstret vid E, benämnt Klafvers spricka, är troligen samma öppning som på tidigare kartor markerats ca 100 m längre åt norr. Vid finkarmning av terrängen i mars 1978 under en snösituation med kall väderlek påträffades i vart fall inga andra fönster väster om landsvägen än vid E.

Klafvers spricka (foto 4) visade sig vid detta tillfälle bestå av en, från det kända fönstret, åt norr fortsättande spricka med ytterligare tre luftutsläpp med ett par meters mellanrum. Denna spricka med fyra fönster ligger 53 meter från närmsta kända parti i grottan, men det råder ingen tvekan om att de står i förbindelse med varandra.

Den minsta typen av karstformer, karren, saknas helt i området, eller rättare sagt syns ej. Troligen förekommer karrenformer i viss utsträckning under jordtäcknet där detta är tunnt eller har låg karbonathalt. Klafvers spricka förefaller att vara sprickkarren, som brutit genom taket till grottan, men möjligheten att det är ett fossilt slukhål kan inte uteslutas.

STRANDEILDNINGAR

Ända uppe från landsvägen och ner till den nuvarande kustlinjen förekommer former, som vittnar om olika stadier i Östersjöns utveckling.

Klint

Genom den västra delen av det undersökta området sträcker sig en vackert utbildad klint, avbruten enbart på ett fåtal ställen. Klinten är markerad på detaljkartan och det högsta partiet ligger öster om källa III. Högsta punkten ligger här 41 m.ö.h. och den vertikala nivåskillnaden är 21 meter.

Klintens bas ligger (under rasmassorna som döljer densamma) på mellan 21 och 23 meters höjd över havet, en nivå som ungefär sammanfaller med det forna Littorinahavet. Det är dock ytterst osannolikt att klinten bildades vid det tillfället, även om den säkert omformats en hel del av littorinahavets vågor. Förmodligen står klintbildningens ursprung att söka betydligt längre tillbaka i tiden (jämför Rudberg 1967).

Strandvallar

Som tidigare nämnts ligger Littorinagränsen i området på ca 25 m.ö.h. Sydöst om källa III längs höjdkurvan för 25 m, finns spår efter en strandvall som troligen härstammar från Littorinahavet. Mera påtagligt är att ett stort antal grottor och strandhak finns utbildade i klinten just vid denna nivå.

På kartan mellan punkterna B och C finns en mycket tydlig strandvall markerad på ca 40 m.ö.h. Lundevall hänför denna vall till Ancylussjöns högsta kustlinje vilket förefaller mycket troligt. Fig. 7 visar en strandlinjeprofil som sträcker sig från havet, över Lummelundagrottans mynning och fram till kanalen vid slukhålsområde A. Som jämförelse visas en profil från Lickershamn. Nedanför klinten vid källa 4 finns ytterligare en strandvall markerad, dateringen av denna är dock osäker liksom för de vallar som påträffas längre ner mot den nuvarande strandkanten.

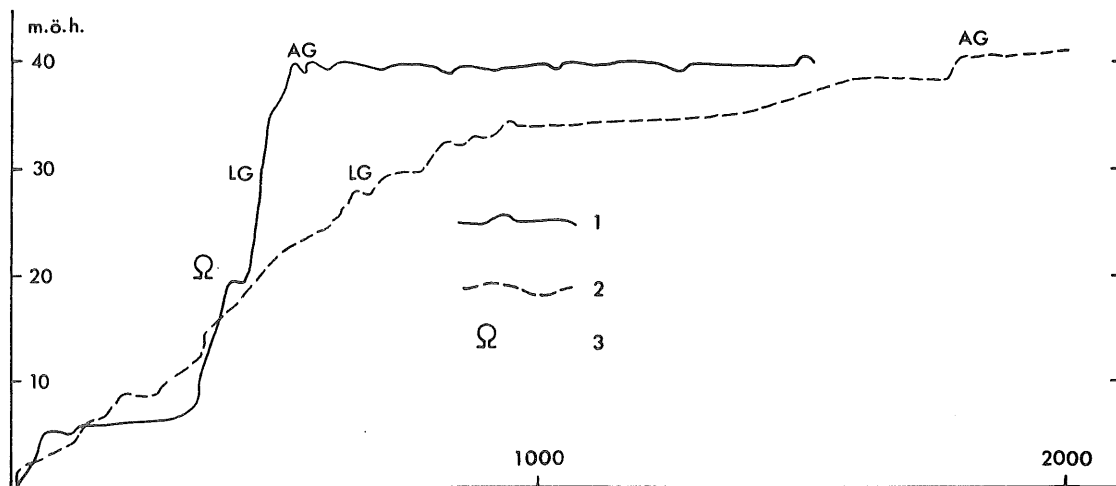


Fig. 7 Strandlinjeprofiler. Helderagen linje (1) från havet över Lummelundagrottans mynning till slukhålsområde C, upprättad av Lundevall 1964 (fram till grottan) och Andersson & Gusting (grottan till sluken vid C). Streckad linje (2), strandlinjeprofil från Lickershamn, upprättad av Lundqvist, Hede & Sundius 1940.3 = Lummelundagrottans mynning. LG = Littorinagränsen. AG = Ancylusgränsen.

Grottor och strandhak i klinten

Lundevall (1964) har i sin uppsats noggrant redogjort för strandhak och grottor längs klinten. Han har noterat 30 objekt (markerade på detaljkartan), som han i beskrivningen delat upp i 41 enheter. Därav anges 29 st (27 st i Lundevall 1965) vara mer eller mindre bildade genom kemisk utlösning. Mina undersökningar har visat att korrosionen varit den dominerande processen vid bildandet av högst två av dessa grottor. Då Lundevall dessutom vid upprättandet av sin beskrivning grundat sig på ett klassifikationssystem, som inte längre används inom speleologin har jag föredragit att helt revidera beskrivningen.

Då denna uppsats i första hand skall behandla karstfenomen får presentationen av övriga former bli summarisk. De enskilda objekten i klinten behandlas därför inte ingående men presenteras i överskådlig tabellform, där genes, storlek och h.ö.h. anges. Numreringen hänvisar till objektets läge på detaljkartan figur 8.

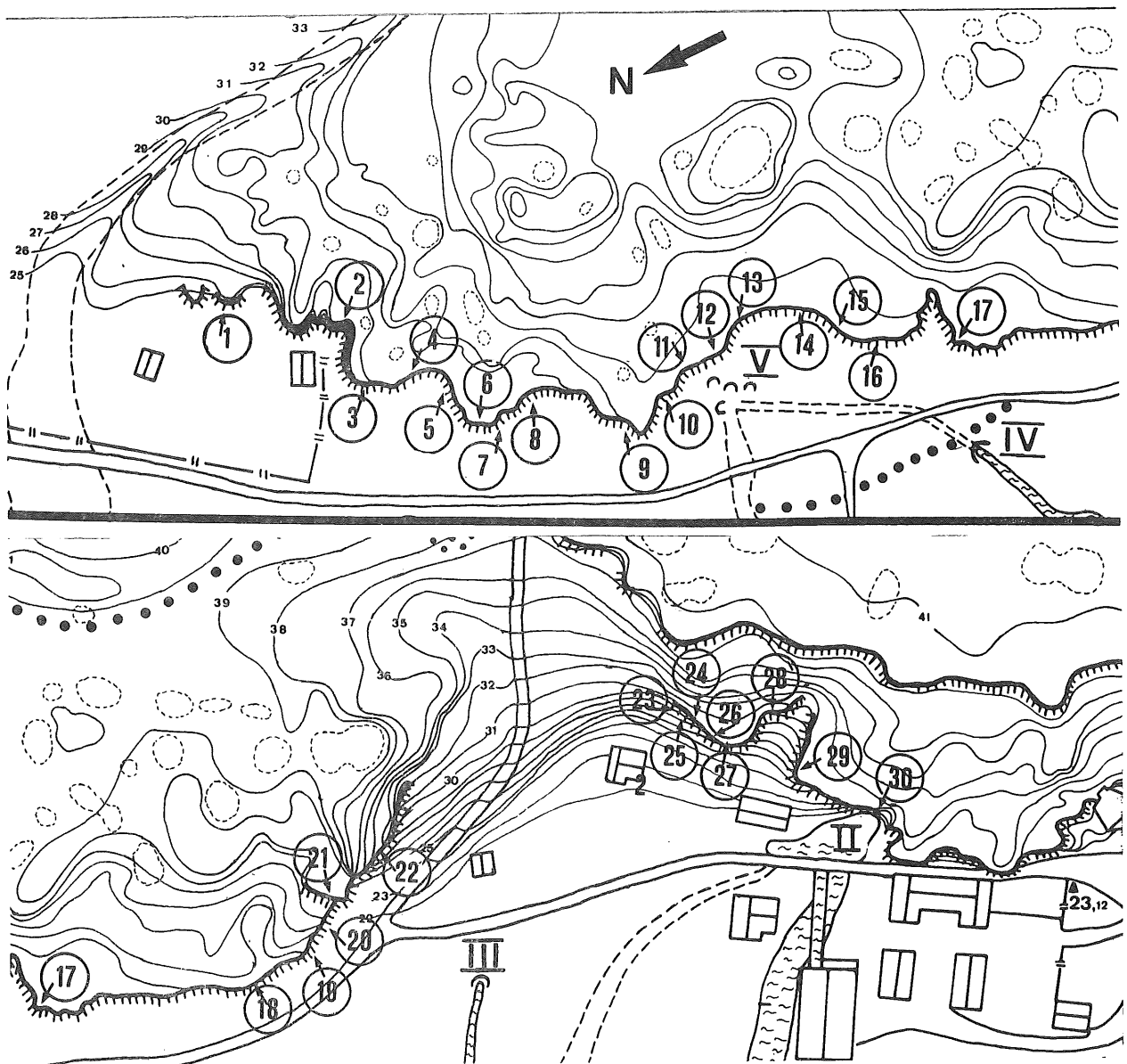


Fig. 8. Grottor, strandhak och nischer utbildade i klinten mellan lummelundaströmmens norra torråra och Lummelundagrottans mynning. Objekten beskrives i tabell 1.

Vid den genetiska klassifikationen används följande förkortningar:

SB = strandbildningar (littoralala bildningar). Därmed avses former skapade genom abrasion, (mekanisk nedbrytning genom vågverkan i strandzonen). Om bildningen uppfyller den nu alltmera vedertagna definitionen på grotta, "hålighet med tak, väggar och golv, där en vuxen person av normalstorlek ryms", har den kallats för strandgrotta.

LV = landvittring, d.v.s. supralittoralala bildningar (ovanför strandzonen). Dessa håligheter har bildats genom samverkan mellan följande processer: frost-, sol- eller saltsprängning samt vegetationspåverkan (rotsprängning) och korrosion. Störst verkan har dessa processer haft (främst då frostvittringen) där vatten tränger fram ur klinten. Då detta sker i svaghetszoner, som sprickor, skiktfogar och porösare skikt, återfinns vi de supralittoralala bildningarna (LV) och omformningarna just där. Vittringen pågår förvisso längs hela klinten, därom vittnar förekomsten av talusbranter men sker något snabbare i nämnda svaghetszoner varvid håligheter bildas. Bild 5 är ett exempel på detta (objekt 10). Samtliga strandbildningar (SB) är även mer eller mindre påverkade av de supralittoralala vittringsprocesserna. I de fall denna påverkan är mycket markant har detta markerats i tabellen med SB - SL.

På de ställen där vatten sipprar fram ur berggrunden sker ingen kemisk utlösning av kalken, som Lundevall förmodade. Enligt Bögli (1971) bör i stället en utfällning av kalciumkarbonat ske, vilket också har konstaterats på flera ställen. Däremot har givetvis nederbörden en viss korrosiv inverkan på kalkstensbranten. Denna inverkan är dock liten i jämförelse med effekten av de mekaniska processerna.

Under "anm." i tabellen står SG för strandgrotta (abrasionsgrotta) och G för grotta bildas genom övrig mekanisk vittring. Höjden över havet anger lägsta punkten i hålighetens mynning. Flera av bildningarna är helt eller delvis ifyllda av rasmaterial (talus). Då det gäller grottorna har detta särskilt noterats då det kan betyda att dessa grottor egentligen är större än vad uppmätningen anger. Grotta 9A är typexempel på en sådan grotta som är så fylld att endast en springa i taket är öppen.

Tabell 1. Grottor och strandhak utbildade i klinten. Reviderad efter Lundevall 1964.

Nr	Genes	Bredd	Höjd	Längd	h.ö.h.	anmärkning
1	LV	1,6	0,7	-	26,69	
2	SB-LV	4,2	1,2	2,2	26,77	ombyggd till jordkällare
3	SB	5,6	1,2	4,9	24,61	SG
4	SB	1,7	1,0	1,7	26,2	
5a	SB	6,6	-	1,6	24,9	
5b	SB	1,1	0,6	0,8	27,4	
6	SB	4,8	2,3	2,5	25,2	
7	SB-LV	4,2	0,7	0,9	27,6	
8a	SB	5,4	0,8	1,5	24,9	
8b	SB	1,1	0,6	0,8	25,6	
9a	SB	3,9	0,4	3,3	25,1	SG helt fylld
9b	SB-LV	7,3	2,2	2,7	25,4	
10a-b	SB	10,6	2,6	4,0	24,6	SG
11	SB-LV	6,9	2,5	4,9	27,9	SG delvis fylld
12	SB-LV	12,0	3,6	3,7	25,4	SG delvis fylld
13	SB-LV	7,2	3,0	3,5	26,1	SG delvis fylld
14a	SB	2,5	1,3	2,9	25,3	Ev. igenfylld SG
14b	SB	3,1	1,4	1,7	26,8	
14c	LV	2,1	1,4	1,2	26,1	
15a-c	SB-LV	19	4,3	2,5	25,4	Komplex av flera bildningar
16	SB-LV	6,1	2,8	2,3	24,6	Komplex av flera bildningar
17a	SB	2,1	1,5	1,1	26,7	
17b-g	5 st. mindre bildningar 2 SB och 3 LV, ej omnämnda av Lundevall. Ej uppmätta.					
18	SB	1,7	0,4	1,5	19,2	
19a	SB-LV	2,6	0,9	1,6	26,1	
19b	SB	4,0	0,9	2,3	28,4	
20	LV	3,7	1,2	1,1	31,6	
21	SB-LV	4,5	2,5	5,0	31,6	SG
22a	LV	1,5	0,2	1,5	36,6	
22b	LV	2,0	0,4	1,1	36,3	
23	LV	2,4	0,6	0,9	30,9	
24	SB-LV	4,4	2,2	5,4	31,3	G
25	LV	1,4	0,3	1,0	30,4	
26	LV	1,5	0,7	1,0	30,4	
27	LV	2,0	0,6	1,1	29,5	
28	SB-LV	7,0	2,5	2,4	28,9	SG
29	LV	2,2	0,2	-	28,7	

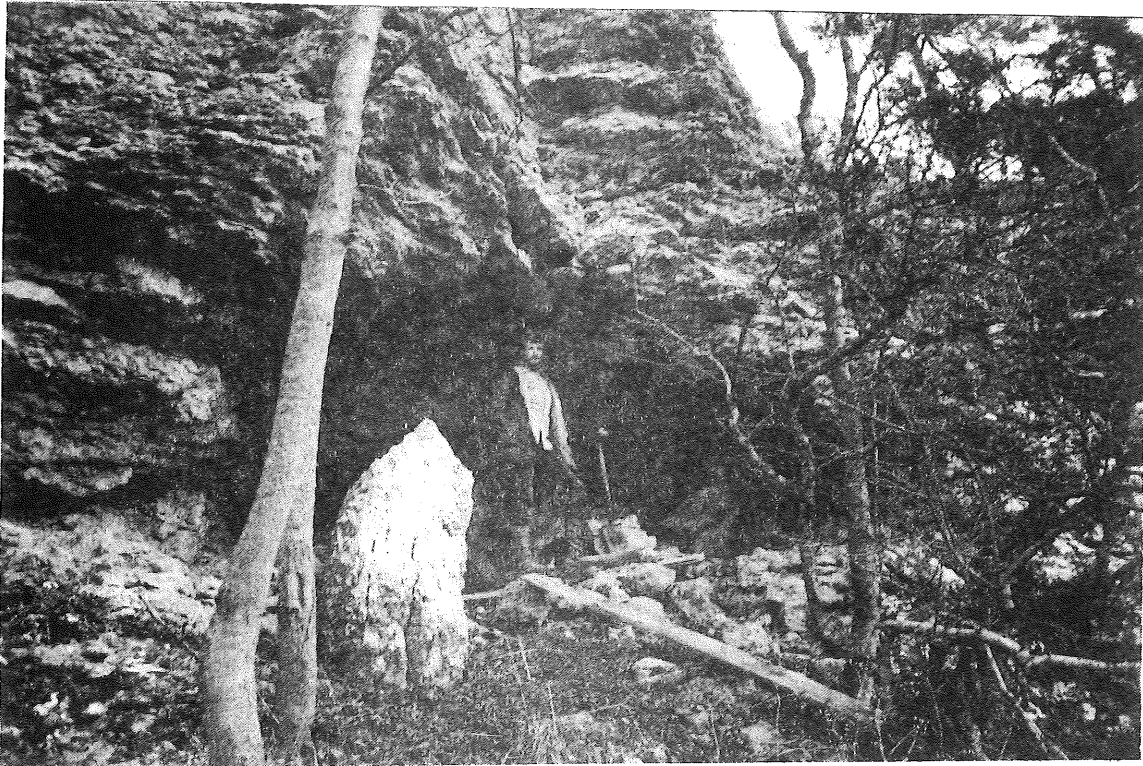


Bild 5. Strandgrotta nr 10 i klinten. Grottan är delvis fördjupad genom frostsprängning orsakad av vatten, som tränger ut ur den bakre väggen. Foto Misha Gavrusjov.



Bild 6. Källflödena vid nr V. Längst ner till höger i bild finns det största utloppet, därifrån grävdes kanalen som nu för bort det mesta vattnet från området (tidigare rann vattnet i ytterligare två fåror). Foto Leif Engh.

HYDROLOGI

Lummelundaströmmen

Lummelundaströmmen kan delas upp i tre olika delar. Den övre delen, från Martebo myr och ner till landsvägen vid A på fig 1, utgöres numera av en sprängd kanal (se bild 3), som längst upp förgrenar sig i mindre dräneringsdiken. Huvudkanalen har av lokalbefolkningen fått det logiska namnet Kanalen. Nedströms passagen under landsvägsbron, väg 149, finns den ursprungliga strömfåran bevarad och bör därmed benämnas Lummelundaströmmen. Större delen av året når emellertid inte vattnet fram till denna fåra, som alltså mestadels är torrlagd, utan det söker sig ner i slukhål och rinner underjordiskt ända fram till Lummelundagrottans mynning. Här samlas vattnet i en mindre kvarndamm varefter det bildar ett vattenfall, som tillsammans med ytterligare forsar nedanför har en total fallhöjd på 13 m. Vattendragets sträckning härifrån och ut i havet kallas av befolkningen för Lummelundaån.

Ytan av Lummelundaströmmens nuvarande dräneringsområde anges av VIAK (1969) till 68 km². Medelvattenföringen anges till 400 l/sek, en siffra som framdeles kommer att diskuteras.

Före 1947 var Lummelundaån ett naturligt vattendrag som avvattnade det mycket stora våtmarksområdet mellan Tingstäde och havet. Fig 9 är ett avsnitt av en karta från kring år 1700 och utvisar omfattningen av detta sammanhängande myr-träskområde. Lummelunds träsk, som numera är helt torrlagt, var på den tiden Gotlands största sjö. Enligt en skrivelse av W. Steffen 1819, hade våtmarkerna då en yta på 40 km² mot knappt 4 km² idag (beräknat efter topografiska kartan). Enligt Wahlin (1942) utgjordes för övrigt år 1870 ca 10% av Gotlands yta av våtmarksområden (ca 30.000 ha). 1940 hade denna siffra reducerats till 0.3 % (1000 ha).

1847-50 utfördes den första utdikningen av Martebo myr med påföljd att myren till stora delar var uttorkad 1855. Som en följd av tvistigheter mellan olika intressenter fullföljdes dock inte dikningsarbetet i tillräcklig mån varför myren, n.g.a. marksjunkning och igensättning av kanalerna, åter började försumpas.

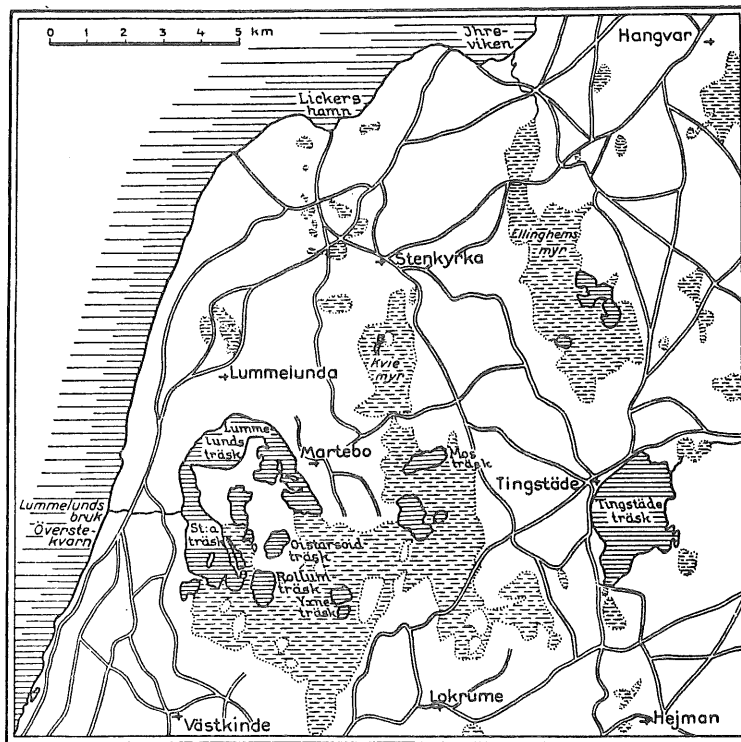


Fig. 9 Våtmarksområdet vid Martebo omkring år 1700. Då Gotlands största sammanhängande myr och träsckområde, jämför Tingstäde träsck, öns nuvarande näst största sjö. (efter Gislén & Brink 1948).

1888 beslöts att omfattande utdikningsarbeten skulle utföras och vara klara till 1895. Kanalerna breddades och fördjupades. Slukhålren rensades upp och vid de tre största (sluken vid B och C samt det nu icke återfunna "första sluket") sprängdes uppsamlingsbrunnar med flera m bredd och djup. Gislén och Brink, 1948, beskriver detta i detalj och nämner också att slukhålren därefter tycks ha rensats vart eller vartannat år. Detta var en helt naturlig åtgärd då dräneringen byggde på slukhålrens kapacitet. Huvudavlömskanalen följer i stora drag den ursprungliga strömfåran just för att kunna utnyttja slukhålren. Av denna anledning byggdes kanalen de första omgångarna bara ut till strax efter slukhålsområdet vid C.

Marksjunkningen i det forna myrområdet gjorde emellertid att man breddade och fördjupade kanalerna ytterligare under åren 1932 och 1938-39. Fortfarande slutade dräneringskanalen vid slukhålsområde B.

Sista sträckan fram till B var inte ens nedsprängd i berggrunden utan kalkhällen utgjorde botten i kanalen, utom själva sluket där en uppsamlingsbassäng sprängts för att öka slukens kapacitet.

1962 säger lantbruksingenjör Aspegren i ett utlåtande: "Markens ytsänkning nödvändiggör åter en sänkning av vissa avlopp i 1938 års företag och då huvudsakligen i företagets nedre del. Största delen av vattenföringen i huvudavloppets nedre del avbördas nämligen genom slukhål med utlopp vid Lummelunds bruk. Vid högvattenföringar kan dock erforderlig avbördning ej ske med mindre än att ett stort övertryck erfordras, vilket har till följd att stora delar av Martebo myr skadas genom översvämningar". Därmed bildades Martebo myrs dikningsföretag av 1962. Arbetet utfördes mellan 1964 och 1970.

Kanalen byggdes nu ut ända fram till landsvägen, vid punkt A på översiktskartan, varifrån vattnet via trummor under vägen avbördas ner i den naturliga orörda strömfåran. Vid bron ligger kanalbotten på 37,4 m.ö.h., och den stiger upp mot myren med 5 promilles lutning. Bottenbredden varierar mellan 4,5 och 5 meter.

Denna senaste utbyggnad av dräneringssystemet har i mycket hög grad förändrat Lummelundaströmmens karaktär och risken är stor att förändringarna med tiden kan bli katastrofala för det naturliga underjordiska dräneringssystemet. Aspegren nämner, i det tidigare citerade utlåtandet, att syftet med 1962 års företag bl.a. är "att hela avrinningen skall kunna avbördas ovan jord genom huvudkanalen". Så håller också på att bli fallet; med denna jämt sluttande rymliga kanal har slukhålens roll i dräneringssystemet minskat och därmed dikningsföretagets intresse att hålla slukhålen öppna, med påföljd att allt mindre vatten kommer att strömma ner i de underjordiska grottsystemen. Se detaljerad förklaring nedan under rubriken Slukhål.

Före utdikningarna fungerade Martebo myrkomplexet som en stor reservoar för nederbörden. Under de torrare sommarmånaderna bör därför Lummelundaströmmen aldrig ha sinat helt utom möjligen vid extrema tillfällen. Linnés omnämnande 1745 bestyrker detta då han påpekar att ån efter sitt utlopp från Lummelundagrottan kunde driva tre kvarnar samtidigt. Idag har man svårt att föreställa sig detta när man ser den diminutiva rännil, som sormartid sipprar ut ur grottnynningen.

Den effektiva dränering av Martebo myr, som nu föreligger efter upprepede sänkningar av dräneringströskeln, medför en snabb avrinning vid vårflod och kraftigare nederbördstoppar.

Då marksjunkningen dessutom minskat volymen av den vattenhållande kärrtorv som utgör den dominerande jordarten i området, skulle marken snabbt torka ut med bibehållen låg avrinningströskel. Detta problem har lösts med regleringsluckor i kanalerna, varav den viktigaste befinner sig 1,3 km uppströms (öster om) bron vid slukområde C. När överskottsvattnet dränerats bort, höjes dammluckan till en höjd av max 1,4 m över kanalbottnen. Vid längre torka medför detta att inget vatten rinner över luckan och Lummelundaströmmen blir helt torrlagd. Detta är förvisso ett från jordbrukets synpunkt nöjaktigt arrangemang, men från naturvårdens synpunkt är det raka motsatsen. Sommaren 1976 släpptes inget ytvatten ut från fördämningen under så lång tid att karstvattnenytan (den speciella grundvattnenytan, som finns i karstifierad berggrund) sjönk till en nivå under 21,83 m.ö.h. Står karstvattnenytan under denna nivå rinner inget vatten ur Lummelundagrottan och Lummelundaåns nedre lopp är inte vattenförande. Det kan nämnas att ån, enligt Sveriges Fritidsfiskares Riksförbund varit av stor betydelse för havslaxöringens förnygring. Med nuvarande reglering torde detta knappast längre vara fallet.

För att eliminera risken av en uttorkning av vattenströmmen genom Lummelundagrottan, med de katastrofala följder detta skulle få för grottans djur och växtliv, bör ett minimiflöde garanteras. Detta har uppskattats till 5 l/s om vattnet via slutna ledningar leds direkt ner i sluket C:3 och till 8 l/s om vattnet skall rinna öppet i kanalen från dammluckan till sluken. Denna avtappning behöver inte vara kontinuerlig utan kan tillgripas först när vattenflödet ur grottmyningen understiger 8 l/s då man vid denna vattenföring kan räkna med att de största underjordiska magasinerna tömts till strax över mynningens nivå. Detta samband konstaterades under fältarbetet i juni månad 1977. Då någon extrem torka ej rådde denna sommar sinade aldrig flödet ur grottan.

En väsentlig framtida uppgift är att upprätta ett diagram över flödet från de olika källorna efter det att vattentillförseln från myren brutits. En sådan mätserie skulle kunna ge besked om de underjordiska vattenmagasinens volym och även ge besked om tidpunkten då vatten måste tillföras sluken för att upprätthålla minimiflödet. Under våren 1978 har en mindre tappningslucka tagits upp i den stora dammluckan, men i vilken utsträckning denna kommer att användas för att släppa ut vatten under torrperioder är ännu inte klarlagt.

Slukhål

Totalt har 33 separata slukhål påträffats under fältarbetet. Fig 6 sid 11 visar slukens läge och ungefärliga former. Bokstäverna relaterar till de tre väsentligaste koncentrationerna av sluk, och motsvaras av samma beteckningar på översigtskartan, fig 1.

Avsikten var från början att beräkna kapaciteten hos varje sluk, en uppgift, som så småningom visade sig vara meningslös av två orsaker. För det första företog dikningsföretaget under slutet av sommaren en upprensning av kanalen medelst schaktmaskin varvid åtskilliga sluk begravdes och kunde senare inte återfinnas. Två nya sluk hittades som troligtvis varit tilltäppta tidigare. För det andra visade det sig att sluken hade en stor förmåga att täppa till sig själva. Fig 10 visar en principskiss på hur detta går till. Ett större föremål spolans ner i sluket och fastnar där. Flera mindre föremål kommer sedan i sin tur att fastna och slutligen sker en fullständig tilltäppning av finare partiklar. Då vattnet står extremt högt i kanalen (kommer att ske ytterst sällan efter senaste utbyggnaden) kan proppen lossna av vattentrycket. Liknande fenomen i naturliga, icke människopåverkade karstområden har beskrivits bl.a. av Jakucs 1977

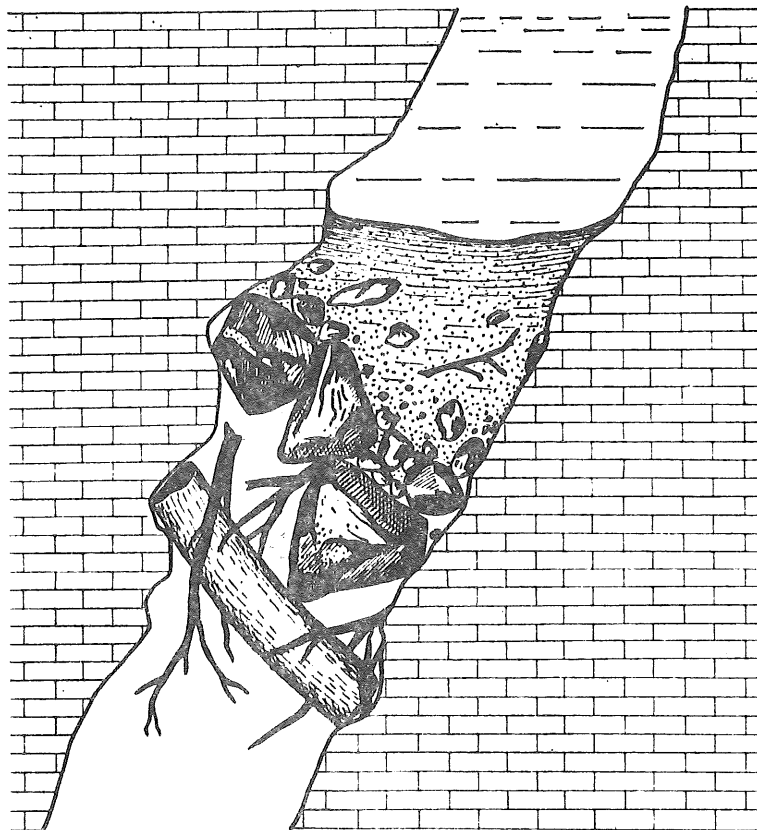


Fig. 10. Principskiss av ett slukhål som täppts till av nedsvämat material. (efter Jakucs 1977)

Andersson & Gusting (1962) beräknade slukhålens sammanlagda kapacitet till $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$, samma siffra anger Knutsson 1974. Detta är en mycket hög siffra, som dock styrkes av Gislen & Brink (1948) då de säger att vårfloden sällan når fram till klintkanten vilket i sin tur betyder att allt vatten dränerades via sluken. En vecka efter vårflodens maximum 1963, var flödet i mynningen $3,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (Knutsson 1974).

I november 1977 fick författaren möjlighet att studera slukhålens kapacitet under en nederbördsrik period. Fig 11 visar situationen mellan den 18:e och 25:e november. Kurvorna i diagrammet visar vattenföringen i kanalen resp. utloppet, staplarna ner till är nederbörden under samma tidpunkt. Datumet markerar kl 12 på dagen, nederbörden är avläst kl 07 och härstammar från SMHI:s nederbördsstation i dräneringsområdet.

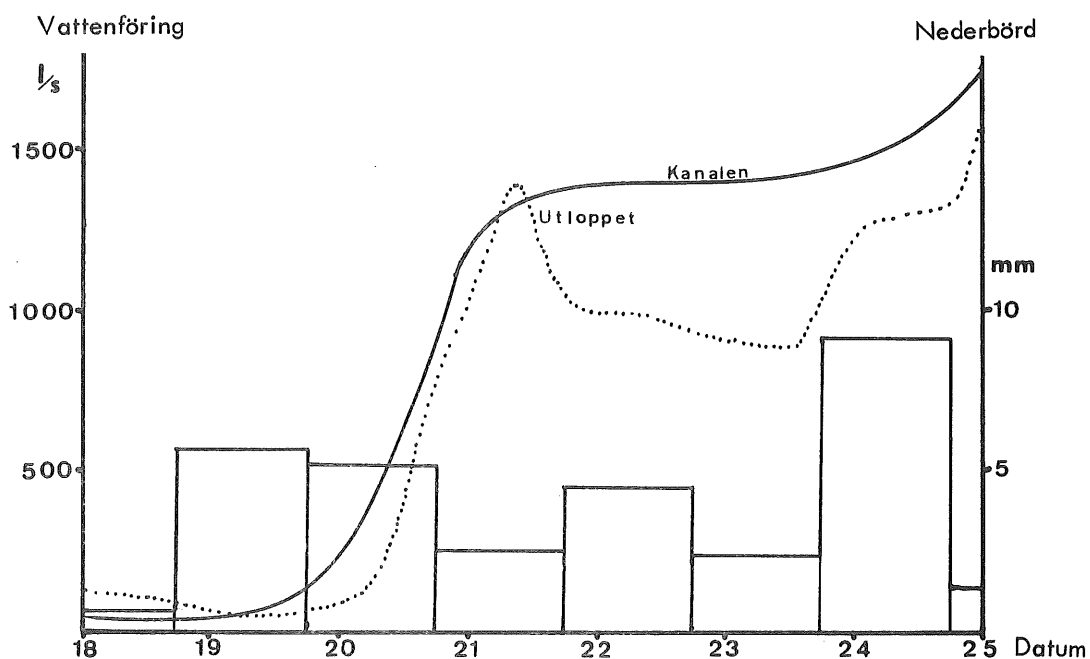


Fig. 11 Vattenföringen i kanalen (ovanför sluken) och grottnynningen samt nederbörden för tiden 18/11-25/11 1977.

Den 20:e ökade vattenföringen kraftigt i kanalen efter nästan 2 dygns regn. 6 timmar efter det att vattnet i kanalen stigit förbi slukhålsområdet C började vattnet stiga i grottan. Ett dygn senare var vattenföringen i grottnynningen ca 1400 l/s . Vid kontrollen 12 timmar senare hade den minskat till ca 1000 l/s och minskade sedan långsamt i två dygn. Som diagrammet visar sjönk däremot inte vattenståndet i kanalen under samma tidsrymd. Istället trängde vattnet allt längre västerut i kanalen och hade vid middagstid den 22/11 nått ända fram till slukhålsområdet A.

Dagen efter var vattenföringen något mindre i kanalen, men trots detta var sluken vid A mättade och vattnet rann nu under landsvägsbron ner genom torrdalen och ut i havet. Detta har enligt tidigare beskrivningar varit något mycket sällsynt, vilket man kan förstå eftersom sluken har kunnat ta emot $5,5 \text{ m}^3$ vatten per sekund. Men vid detta tillfälle var den totala vattenföringen knappt 1700 l/s, och ändå nådde Lummelundaströmmen fram till sin gamla fåra, om än bara med några tiotal l/s.

Den 24:e steg emellertid åter vattnet i grottmynningen samtidigt som vattnet i kanalen drog sig tillbaka till sluken vid A utan att vattenföringen i kanalens övre del minskade. Den logiska förklaringen bör vara att en propp i ett av de större sluken vid B eller C, lossnade. Samma slutledning har Andersson & Gusting dragit efter en längre mätserie med pglar i kanalen och vid mynningen. En snabb sänkning av vattenståndet i kanalen motsvarades ca 8 timmar senare av en ökning i vattenföringen i grottmynningen.

Av ovanstående framgår att slukhålens kapacitet idag är långt mindre än 1958 (det år som A & G baserat sina beräkningar på). Den senaste utbyggnaden av kanalen åstadkom en jämnt sluttande bred dräneringsfåra, som lätt leder bort vattnet med en markant sänkning av högsta vattenlinjen som följd (2,4 m vid slukhålsområde B och C enligt entreprenörens ritningar). Detta medför att något högre hydrostatiskt tryck inte kan byggas upp och att slukhålens självrensande förmåga starkt begränsas. Dessutom rensas slukhålen inte numera av markägarna, ett förfaringssätt som förr var nödvändigt för att förhindra översvämningar. Resultatet har blivit att slukhålen successivt håller på att täppas igen. Gislén & Brink beskriver 1948 två sluk ca 100 m öster om sluken vid C som ej kunnat återfinnas. Figur 12 visar slukhålen vid C år 1945 enligt samma författare. Trots noggranna undersökningar har jag inte heller återfunnit eller vid högvatten kunnat påvisa sluken a-c. Dessa har förmodligen täppts till så effektivt att de inte längre är aktiva. Sluket i den i figuren benämnda "Kamsmygen" var helt igenproppat med organiskt svärmaterial, endast ett fåtal l/s trängde ner vid extremt högvatten i slutet av november 1977.

Ovanstående belyser vad som sannolikt håller på att ske med sluken i Kanalen. Om inte åtgärder vidtages framöver kommer den subterrana dräneringen troligen att alltmer minska med åren. Resultatet blir en sänkning av grundvattenytan i området med åtföljande risk för uttorkning av Lummelundagrottan.

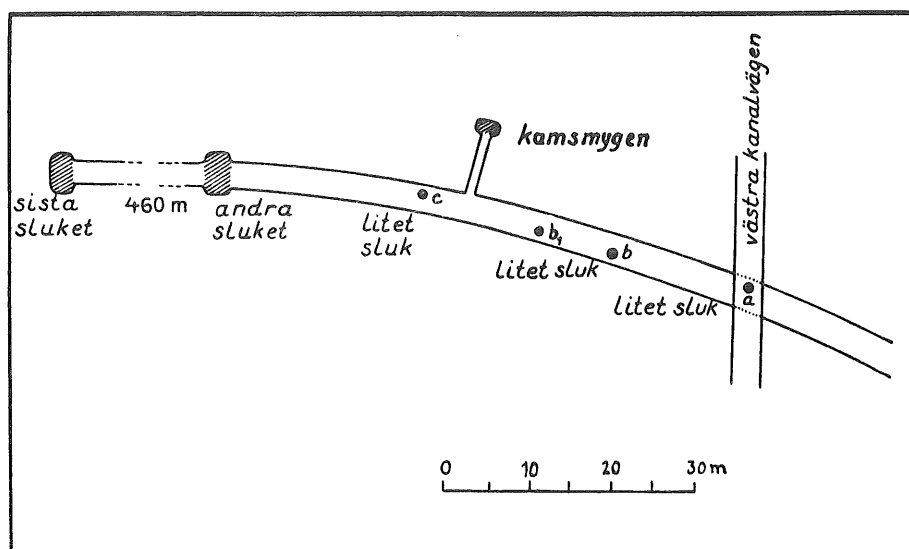


Fig. 12 . Sluken i slukhålsområde A år 1945 enligt Gislén & Brink, 1948.

Slukhålens kapacitet

En mätning av de enskilda slukens kapacitet skulle vara tämligen tidsödande då det bl.a. skulle kräva en ordentlig upprepning av varje sluk. De beräkningar, som gjorts under fältarbetet har varit mycket motsägelsefulla beroende på den igensättning och öppning av sluken som tidigare beskrivits. Nedanstående är därför en sammanställning av de högsta erhållna värdena av mätningar under vecka 47 år 1977, då vattenföringen var som störst. Flygelmätningarna utfördes upp- och nedströms om slukhålsområdena A, B och C (se fig 6)

Sluken vid c: 430 l/s

Sluken mellan B och C: 160 l/s

Sluken vid B: 730 l/s

Sluken mellan A och B: 80 l/s

Sluken vid A: 325 l/s

Det bör observeras att värdena inte kan jämföras inbördes då de avser maximalt erhållna värden under mätningar vid olika tillfällen under veckan.

Karstkällor

I det undersökta området finns fem karstkällor av betydelse. I kap. Karstformer omnämnes visserligen ytterligare källor, men tre av dem ligger utanför det intensivundersökta området och har ingen vattenföring att tala om, utan det rör sig här snarare om framsipprande vatten. En annan källa lär ligga under herrgårdsbyggnaden och har ej kunnat undersökas.

På detaljkartan, figur 2, är källorna markerade med siffrorna I-V

från höger till vänster nedtill på kartan. Denna numrering användes i texten.

Källa nr I ligger i södra hörnet av parken 12.0 m.ö.h. Källan har nästan begravts av schaktmassor men är fortfarande aktiv. Denna källa är vattenförande året runt, även under rycket torra perioder. Vattenföringen tycks inte heller påverkas av riklig nederbörd utan den är i det närmaste konstant och ligger på 0.7 l/s. Just det faktum att flödet är konstant skiljer källan från de andra fyra i området. Troligen rör det sig här inte om vatten, som rinner fram i öppna sprickor, utan det är snarare ett långsamt cirkulerande grundvatten. Det senare styrkes av att vattnet alltid är helt klart och temperaturen konstant 7.1°C.

Källa nr II är Lummelundagrottans mynning. Tröskeln för vattnets tapning ur grottan ligger på 21,83 meters höjd över havet. Vattenföringen varierar numera, enligt muntliga uppgifter från markägarna, från inget flöde alls under extrem torra, till ett par m³/s under vårflödet. Före utbyggnaden av kanalsystemet enligt "Martebo Myrs Dikningsföretag 1962" var den minimala vattenföringen ca 5 l/s och den maximala åtskilliga m³/s enligt Andersson & Gusting (1962) och Knutsson (1974).

Under fältarbetsperioden konstaterades vattenflöden mellan 6 l/s och 1450 l/s. Vattenföringen är direkt beroende av vattenföringen i kanalen och slukhålens tillfälliga kapacitet. Vattenföringen i grottmynningen är därmed också beroende av nederbörden vilket framgår av figur 13. Figuren visar situationen den första veckan i oktober 1977. De första mätningarna genomfördes vid middagstid den 1/10 därefter mättes vattentemperatur och flöde tre gånger dagligen. Lufttemperaturen registrerades av en termohygrograf och nederbördsstatistiken härrör från SMHI:station i dräneringsområdet.

Diagrammet visar två markanta toppar i vattenföringen föregångna av två nederbördstoppar. Ökningen i vattenflödet börjar 1,5-2 dygn efter att nederbörden inträffat. Detta är dock ingen generell regel, i november när det regnade nästan dagligen och markerna var vattenmättade dröjde det endast 12-24 timmar innan ökningen satte in. Då det alltså är dräneringsområdets kondition, som till stor del avgör tidsförskjutningen mellan regn och ökad vattenföring i källan, går det inte att ställa upp något generellt samband. En mätserie under de olika årtiderna, med flera olika situationer krävs för att upprätta ett dylikt schema.

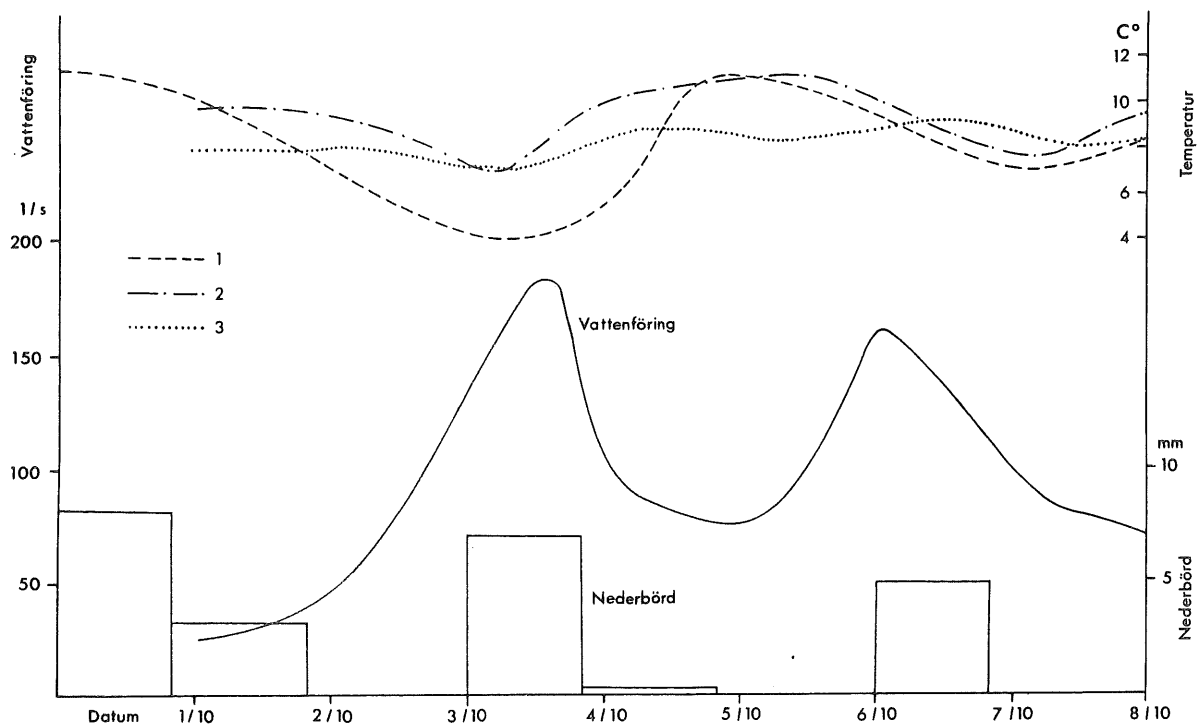


Fig. 13. Vattenföringen i Lummelundagrottans mynning den 1/10-8/10 1977. 1 = atmosfärens temp. 2 = vattentemp. i sluket. 3 = vattentemp. i utloppet. Staplarna visar nederbörden i dräneringsområdet.

Längst upp i fig. 13 har vatten och lufttemperaturerna avsatts. Då vattenföringen stiger den 3/10 sjunker temperaturen i vattnet. Detta är ett fenomen, som inträffar då vattenföringen varit låg (under ca 60 l/s) en längre tid och därpå ökar kraftigt. Andersson & Gusting samt Tell har också noterat detta fenomen i Lummelundagrottan. Vid en låg vattenföring är omröringen liten i de stora vattenmagasin, som finns mellan sluk och utlopp (Knutsson 1974) och det inrinnande varmare vattnet kan till viss del rinna genom grottsystemet som ett varmare ytvatten. Ökar vattenmängden plötsligt sker en omröring i bassängerna och det där stående 7,0 gradiga vattnet (den temperatur som de kända bassängerna och själva grottan har vid extremt låg vattenföring) blandas med det inströmmande vattnet. Har inloppsvattnet då en temperatur något över 7^o (som situationen var den 1/10-3/10 enl. fig. 13) får vi en sänkning av temperaturen i utloppsvattnet. Generellt kan sägas att inloppsvatten varmare än 7^o C kyls ner i grottsystemet, medan inloppsvatten med en temperatur under 7^o C värms upp samt att det är mängden vatten, som per tidsenhet strömmar genom grottan, som avgör hur stor temperaturförändringen blir.

Från mitten av november och framåt var vattentemperaturen i sluket under flera dagar betydligt lägre än 7°C . Utloppsvattnet understeg emellertid inte $7,0^{\circ}\text{C}$ förrän den 25/11 då det sjönk till $6,0^{\circ}\text{C}$ vilket var en följd av att det då femgradiga inloppsvattnet strömmade genom grottan på bara några timmar ($Q=1400\text{ l/s}$)

Den 20/2 1950 uppmättes en temperatur i grottmynningen på $2,1^{\circ}\text{C}$ enligt Gislén & Brink (1950). Det var under en intensiv snösmältningssperiod med hög vattenföring (av beskrivningen bör det ha varit mer än $2\text{ m}^3/\text{s}$) och en temperatur på $0,8^{\circ}\text{C}$ i inloppsvattnet. Författarna nämner att den låga temp. på utloppsvattnet var ett "rare and occasional minimum", vilket är riktigt om de därmed menade att så låga utloppstemp. endast kan förekomma under intensiva snösmältningssperioder. Numera bör dock så låga utloppstemperaturer överhuvudtaget inte kunna uppträda såvida en upprepning av slukhålens ej sker.

Under snösmältningen i mars 1978 låg temperaturen i inloppet under 1°C medan den i utloppet inte gick under $3,5^{\circ}\text{C}$.

Källa nr III bearbetades under sommaren 77 med en grävskopa varvid den flyttades en bit bakåt i branten. Den springer nu direkt ut ur en vertikal kalkvägg via flera sprickor och skiktfogar på en höjd av 11,8 m.ö.h. Källan står under hydrostatiskt tryck och vattenföringen i den varierar på samma sätt som i källa II, dock tycks den maximala vattenföringen bara uppgå till 13 l/s. Vid denna max. vattenföring sprutar vattnet ut ur sprickorna i branten och vatten sipprar fram i småsprickor som är belägna ända upp till 1,8 m över källans huvudmynning. Vattnet var vid dessa tillfällen grumligt, liksom vattnet i kanalen, vilket kan tyda på en direkt förbindelse med slukhålen.

Källa nr IV står också under tryck och kan ha en maximal vattenföring på 12 l/s. Källan springer fram i en sluttning mellan två träd på en höjd av 14,3 m.ö.h. mitt i en torrfåra. Denna torrfåra börjar vid källa V, som ligger ca 20 m.ö.h. Källa V är endast vattenförande vid extremt stor vattenföring i kanalen när vattnet når fram till slukhålsområde A.

Den 22/11 1977 började det strömma vatten ur källa V och dagen efter rann det fram ca 330 l/s. Vattnet steg artesiskt rakt upp ur marken i fyra kraftiga strömmar och ett flertal mindre inom en yta på 15 x 15 m. Marken utgöres här av utjämnat rasmaterial från klinten och vattnet sökte sig nu upp mellan blocken. När flödet var som störst

var nivåskillnaden mellan den högsta och lägsta punkten, där vatten trängde upp ur sluttningen, 2,4 m.

Bild nr 6 är tagen ner över källorna vid V när flödet var ca 200 l/s. Huvudkällan är belägen i nedre högra delen av bilden och från den går numera ett grävt dike (före sommaren 1977 en naturlig grund torråra) fram till källa IV, som ligger bortom bilen i fotot. En bit utanför vänstra kanten av bilden ligger den igenfyllda grottnyning, som kan vara det ursprungliga utloppet för den kraftiga vattenström som under högvatten i kanalen nu rinner fram ur källorna vid IV och V (se under rubriken grottor i kap. Karstformer).

Vattnet i båda källorna var starkt grumligt, dock blev källa IV grumlig först i samband med att vattnet i kanalen nådde fram till slukhålsområde A. Av detta kan man dra slutsatsen att båda källorna står i direkt förbindelse med sluken och eventuellt också med varandra. Men källa IV, som var aktiv under hela fältarbetet är inte bara beroende av vatten från de nedre sluken utan tappar förmodligen vatten från samma akvifer som källa III. Förhållandena tyder på ett komplext system av öppna karstsprickor med stor vertikal utbredning i berggrunden.

LUMMELUNDAGROTTAN

=====

Anm: Siffrorna inom parentes hänvisar till kartan över Lummelundagrottan på nästa sida.

Utforskning

Lummelundagrottorna är en pluralisbeteckning, som flera tidigare författare använt sig av. Det är emellertid författaren obekant varför detta uttryck har använts för att beteckna ett sammanhängande grottsystem, d.v.s. en enda grotta. Måhända syftar det ursprungligen också på de små strandgrottor, som finns i klinten. Hursomhelst bör grottan fortsättningsvis benämnas i singularis så länge beskrivningen berör kända delar eller delar som av starka skäl kan misstänkas stå i förbindelse med Lummelundaströmmens passage fram till Överstekvarn.

"Strömmen vid Öfverste-Qvarn är deruti mycket underligt, att han, sedan han tagit sin begynnelse i Martebo Träsk, går därifrån vid pass 1/16 mihl under jorden, under Berg och Dahlar, och änteligen kommer upp vid Öfverste-Qvarn, där Land-Borgen emot västra sidan är afbruten, där han utlöper lik som utur ett hvalf af 2 famnars bredd och 1 famns högd."

Så lyder den första publicerade skildringen av Lummelundagrottan i Linnés "Öhländska och Gotländska Resa" från år 1745.

1917 besökte H. Munthe grottan och mätte upp den. Av beskrivningen i "Strandgrottor och andra närstående fenomen i Sverige" från år 1920, framgår det att han enbart besökt själva mynningsgrottan (1) och inte försökt följa vattenströmmen in i berget.

Munthe beskriver grottan som en kombinerad strand- och utlösningsgrotta 1920, medan han 1924 beskriver den som en strandgrotta utbildad av Littorinahavet. I båda arbetena benämner han grottan Kytt Jans källare, ett namn som han hänför till F.A. Säve. Denna mynningsgrotta har sedermera kommit att kallas Linnés grotta, ett namn som Munthe i sin skrift från 1920 gett till en grotta i Torsburgen. Enligt Munthe är alltså Kytt Jans källare det korrekta namnet på Lummelundagrottans mynning. Tell (1955) menar att namnet säkert associerar till det faktum att grottan använts såsom jordkällare.

Enligt tillgängliga uppgifter var Torsten Gislén den förste, som gjorde ett försök att tränga innanför själva mynningsgrottan. Detta skedde 1924. Ett år senare försökte speleologen Leander Tell sig på samma sak med lyckat resultat. Tell gjorde sedan under loppet av flera år upprepade besök i grottan och trängde allt djupare in i densamma. Främsta hindren var de djupa bassängerna och de trånga labila passagerarna. Hur Tell och hans medhjälpare så småningom bemästrade dessa svårigheter finns utförligt beskrivit i hans bok "Underjordens vackra värld".

1933 upprepade Gislén sitt besök i grottan för biologiska studier. Dessa fortsatte sedan under somrarna 1945-47 och 49-50 tillsammans med Per Brink och resulterade i två publicerade arbeten. Figur 14 är en plankarta upprättad av dessa båda forskare och visar hur långt in de trängde i grottsystemet. De uppger att det var det djupa och kalla vattnet som hindrade vidare framträngande.

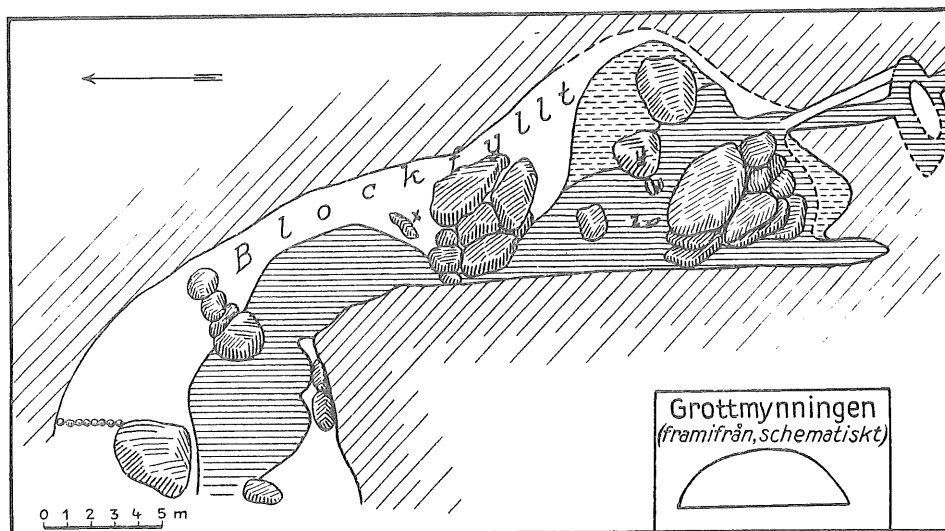


Fig 14. Den först publicerade kartan över Lummelundagrottans mynning (efter Gislén & Brink 1948).

Samtidigt fortsatte Tell och hans medhjälpare att utforska och detaljkartera grottan. De lyckades 1953 att tränga ytterligare längre in i grottan via en smal med djupt vatten fylld kanal. Denna kanal hade emellertid tre år tidigare forcerats av tre pojkar från Visby, Örjan Håkansson, Percy Nilsson och Lars Olsson. 1955 försökte dessa tre att tränga ytterligare längre in i grottsystemet. När de befann sig vid punkten N på den av Leander Tell upprättade kartan, fig. 15 inträffade ett mindre ras från taket. Raset blottade en trång öppning, som de lyckades tränga sig igenom och kom därvid upp i en lång delvis lerfylld gång. Efter mer än 20 meters ålning medelst hasning i denna mycket smala och låga gång (2). Kom de ut i den delen av grottan, som idag är öppen för turistvisning.

Samma år anordnades tre större expeditioner in i detta nyupptäckta system, deltagare var bl.a. Leander Tell, Carl-Fredrik Lundevall, Gunnar Olsson och fotografen Lennart Nilsson. Fig 16 visar den kartskiss som upprättades det året av Tell, kartan slutar där visningsdelen av grottan idag upphör.

Under de kommande 9 åren skedde inga större nyupptäckter i grottan, men 1959 inträffade in viktig händelse i Lummelundagrottans historia. Ett för ändamålet speciellt bildat bolag lät spränga en tunnel (3) in till den nyupptäckta delen av grottan i avsikt att öppna den för turister. Tunneln färdigställdes på hösten samma år och de första salarna kunde visas för turister. 1961 hade visningsdelen byggts ut i sin nuvarande utsträckning.

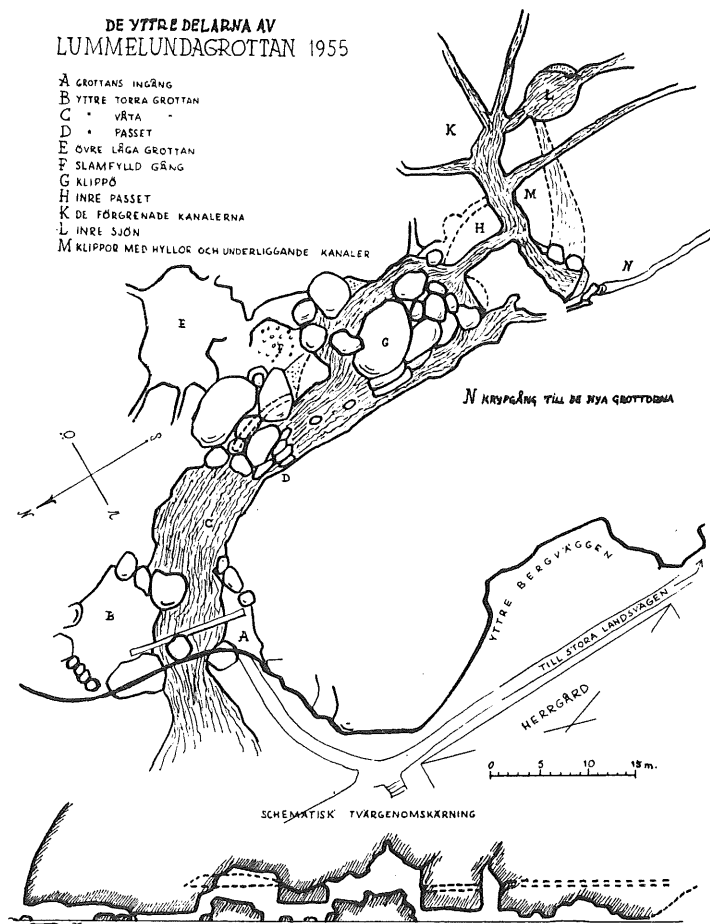


Fig. 15. Karta över Lummelundagrottans yttre delar, upprättad av Tell 1955.

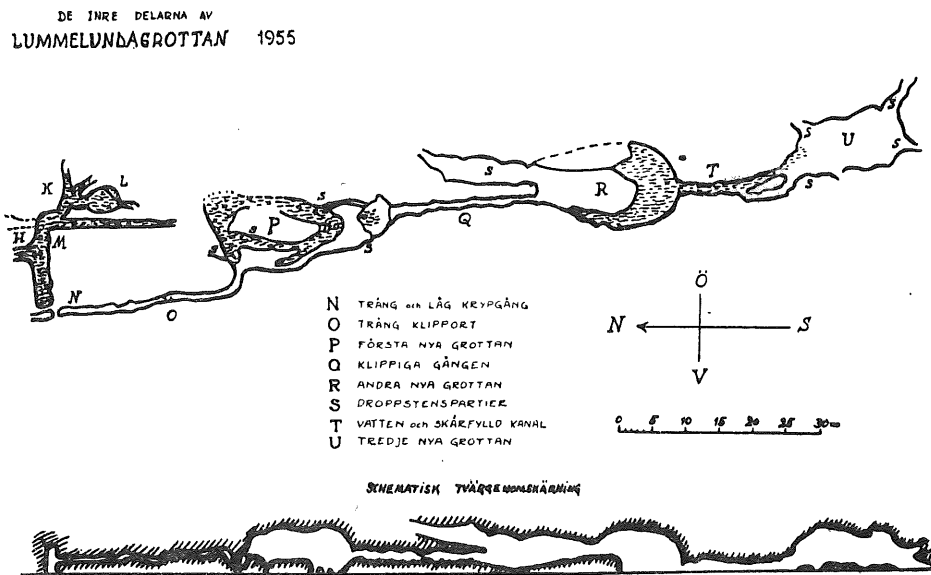


Fig. 16. Karta över Lummelundagrottans turistdel som den såg ut före ombyggnaden till visningsgrotta 1959 (Tell 1955).

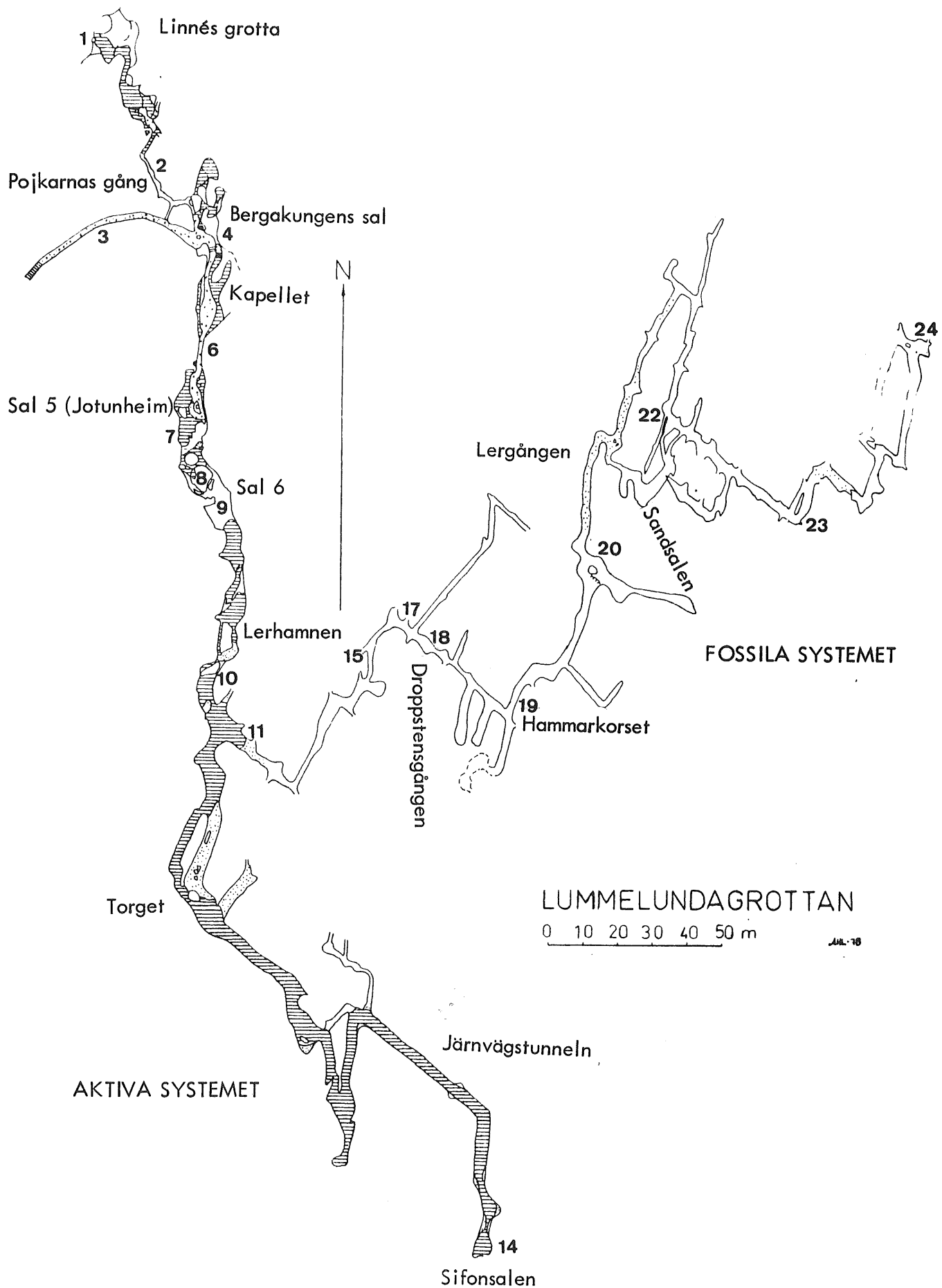


Fig.17. Karta över Lummelundagrottans kända delar fram t.o.m. 1977. Endast ett fåtal av förekommande namn har markerats på kartan. Siffrorna finns refererade till i texten. (Kartan upprättad av SSF).

1964 genomförde Lundevall en karstmorfologisk undersökning av grottan och tillhörande område. Mot slutet av undersökningen fann han i den innersta delen av den då kända grottan (strax bortom där visningsdelen slutar idag, 1977) en dold passage, som ledde ner till en låg, delvis vattenfylld sal (8). Därifrån öppnade sig nya helt okända gångar, som man vid detta första tillfälle inte hann undersöka. Några dagar senare inledde emellertid Gunnar Olsson en omfattande undersökning och kartering av de nyupptäckta grottpassagerna. 1965 presenterar han tillsammans med Lundevall en karta i Geografiska Annaler samtidigt som de anger den sammanlagda längden av alla uppmätta gångar till 1285 m.

Sedan dess har grottan besökts av medlemmar från Sveriges Speleologförbund (SSF) i samband med undersökningar av J. Åkerman (klimatet i grottan), U. Helldén (karstkemi) och R. Lindén (bergmekanik) varvid en del nya gångar konstaterats. Något mera planmässigt underjordiskt utforskningsarbete har dock inte kunnat utföras förrän i samband med den nu pågående undersökningen där SSF har karterat om hela det kända grottsystemet med modern karteringsutrustning. Vi har därtill funnit och karterat ca 600 m nya gångar, huvudsakligen då i det Fossila Systemet.

Trots en intensiv arbetsinsats är grottan ännu inte fullständigt utforskad, från den s.k. huvudgången i Fossila Systemet utgår flera sidogångar, som slutar med ett frågetecken (se fig. 17). Dessa gångar har inte kunnat utforskas p.g.a tidsbrist. Det kan ta tre personer ett helt arbetspass att tränga in 50 m i en sådan gång. Passagerna är oftast mycket trånga och låga., vilket kan kräva åtskilligt med upprensningsarbete, eller instabila vilket kräver säkringsarbete. Nästan allt arbete i denna delen av grottan får utföras i krypande eller ålände ställning något, som tär på krafter och sliter på knän.

Det är av stor vikt att utforskningen fortsätter och att alla gångar undersöks. Varje liten passage, hur obetydlig den än verkar, kan vara en öppning till ett nytt system av stora gångar. Detta påståendes riktighet har bekräftats gång på gång i den speleologiska forskningen inte minst här i Lummelundagrottan där tre stora sådana genombrott skett enligt beskrivningar ovan. Det är också sådana genombrott som fört oss vidare in i Fossila Systemet, och som med stor sannolikhet kommer att leda framtida utforskare vidare in i Lummelundagrottans ännu okända delar.

Sveriges Speleolog-Förbund har, sedan bildandet i mitten av 1960-talet, visat ett starkt intresse för Lummelundagrottan men någon planmässig utforskning har ej kunnat bedrivas under jord då ingången till grottan är låst och ägarna till denna yttre del av grottan bl a av säkerhets-skäl har varit restriktiva med tillstånd till utforskning av partierna innanför turistdelen. SSF har därför med olika metoder försökt spåra de inre delarna av grottssystemet från markytan.

Medelst en elektromagnetisk metod (slingram) har man till vissa delar fastställt utsträckningen av det aktiva systemets fortsättning (Lindén 1975). En TV-kamera och mätutrustning har sänkts ner i brunnshålet vid D på detaljkartan och den underliggande grottan har på så vis kunnat studeras och delvis karterats (Åström 1975).

Turistexploatering

Efter genombrottet 1955, då den nuvarande visningsdelen av grottan upptäcktes, fick Lummelundagrottan en hel del publicitet (Tell 1955). Detta medförde en stark ökning av besöksfrekvensen även om besökarna fick nöja sig med att titta in i själva mynningsgrottan. Ett besök i de inre nyupptäckta delarna krävde nämligen både kunskaper, mod och utrustning.

Redan innan upptäckten av de inre grottosalarna med dess spektakulära droppstenspartier hade Leander Tell arbetat för upptagandet av en tunnel in till de då kända delarna av grottan (Tell 1955 och 1977). 1959 realiserades dessa planer genom bildandet av AB Lummelundagrottorna. En tunnel (3) färdigställdes samma år in till "Bergakungens sal" (4) och året efter öppnades grottan för turister. 1961 var grottans visningsdel fullt utbyggd i den omfattning, till punkt 7, som gällde fram till 1978. I mars 1978 påbörjades arbetet med den nya tunneln in till, "Sal 6" (9), som främdeles kommer att tjäna som utgång för turistströmmen.

De arbeten som utförts i själva grottan är följande: skrotning och rensning av lösa block, stödgjutning vid labila partier, igenfyllning av djupa bassänger (speciellt i Kapellet), gjutning av betonggolv, uppsättning av räcken och elektrisk belysning samt skyddsnät framför droppstensformationerna, vidgning av den trånga passagen (6)

mellan Kapellet och Sal 5 samt montering av en väggfast spång i den-
samma (djupt vatten under). Passagen 8. mellan Sal 5 och Sal 6 kommer
förmodligen att breddas och höjas under sommaren -78 och en del av
rasmassorna från Sal 6 att transporteras ut ur grottan.

Av tabellen fig 18 a framgår hur besöksfrekvensen ökat sedan grottan
gjordes tillgänglig för turister. Kurvan är dock inte exakt för åren
1960-73 då bokförd statistik saknas. Det ungefärliga besöksantalet
har meddelats muntligt av Gunnar Ödin, AB Lummelundagrottorna.

1977 besöktes grottan av nästan 90 000 personer, statistiskt sett
betyder detta att mer än 1 % av Sveriges befolkning besökte Lummelunda-
grottan. Detta är ett mycket inponerande tal som gör grottan till ett
av landets mest besökta enskilda turistobjekt. Enligt en lista
publicerad av Dr Habe 1974, kommissionen för turistgrottor i
Internationella Speleolog Unionen (UIS), hamnade Lummelundagrottan på
35:e plats vad det gäller antal besökare per år i världens turist-
grottor (I inventeringen saknas dock en del länder, bl.a. USA.)

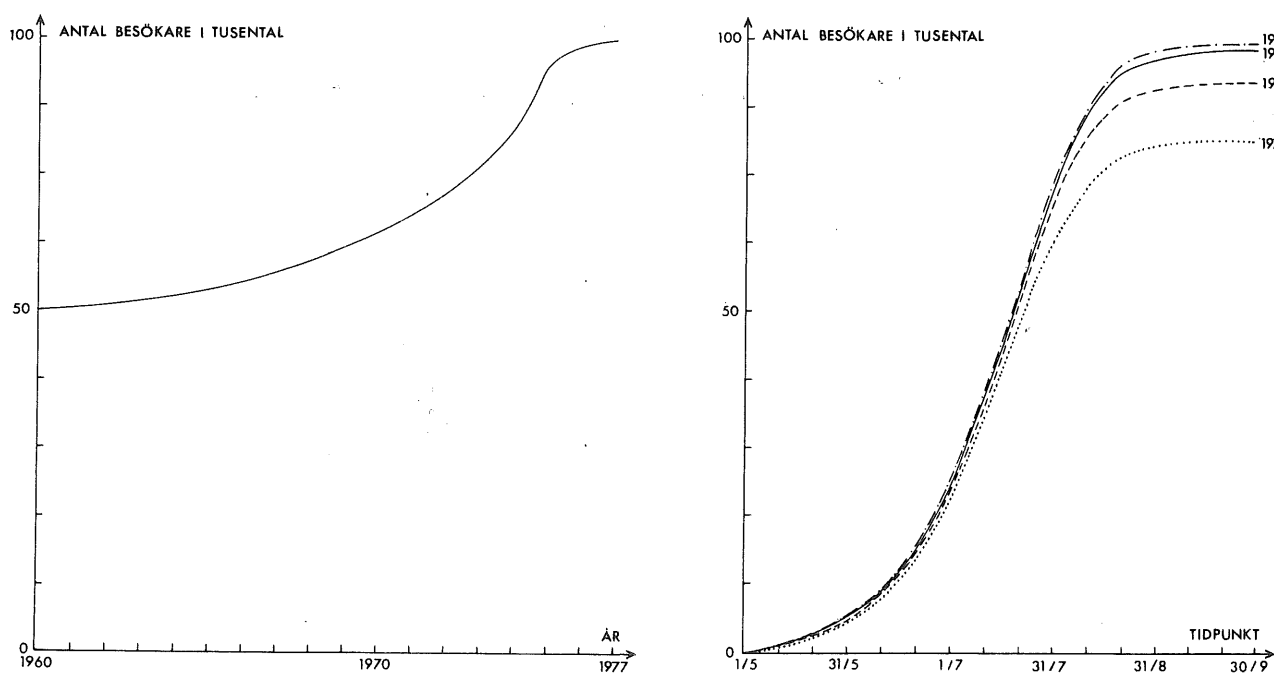


Fig. 18 a. Besöksfrekvensen i Lummelundagrottan 1960-1977.

Fig 18 b. Antalet besökare i grottan under åren 1974-77,
fördelade på tidpunkt.

Grottan är öppen för turistvisning under ca fem månader från maj till september. Ca 50 % av alla besök sker i juli månad och ca 75 % av besöken mellan den 10/6 och den 10/8. Detta förhållande som framgår av diagrammet i fig 18 b, innebär att grottan under denna period 1977 hade 67500 besökare, varav 45 000 i juli månad.

Vid en jämförelse mellan kurvorna i fig 18 b ser man att det totala antalet besökare ökar från år till år, ökningen tycks dock minska med åren. Att döma av förhållandena i och utanför grottan under högsäsongen 1977 beror denna uppbromsning inte på ett mättat intresse hos publiken utan snarare på en begränsning i grottans kapacitet. Visningsdelens ringa storlek, trånga passager och framförallt det faktum att besöksgrupperna från den innersta delen av turistgrottan har att gå samma väg tillbaka ut gör att besöksmaxima per dag ligger kring 1500 personer. Toppbelastningen låg för 1974-77 i perioden 11/7-20/7, på ett besöksantal av just ca 1500 personer/dag. 1977 lyckades man med konststycket att ta in över 1800 besökare/dag i genomsnitt under samma period.

Då de sist nämnda rekordsiffrorna inte var något att eftersträva, med tanke på den stress och trängsel som uppstod, diskuterade man inom AB Lummelundagrottorna möjligheten att förlänga visningsdelen och ta upp en utgångstunnel för att kunna enkelrikta trafiken i grottan. Den 10/12 1976 inkom bolaget med en ansökan att få bygga ut visningsdelen och öppna en ny tunnel till grottan. Man angav därtill två olika alternativ till utbyggnad. Länsstyrelsen avvaktade med sitt svar i väntan på föreliggande undersökning.

Den 26/10 1977 avgav författaren ett preliminärt utlåtande på grundval av de undersökningar, som då utförts. I utlåtandet framgick det att en utbyggnad enligt anvisade direktiv kunde genomföras utan alltför omfattande följdverkningar på den naturliga grottmiljön. I mars 1978 påbörjades arbetet och det beräknas vara klart under sommaren samma år.

Grottans utsträckning, uppbyggnad och uppkomst

Vid denna undersöknings påbörjan var Lummelundagrottans gångsystem känt och uppmätt till ca 1200 m. Fram till våren 1978 hade denna siffra ökats till ca 1800 m och det är ingen överdrift att påstå att grottans kända längd ökar med vart tillfälle en karteringsgrupp arbetar i dess inre. Av figur 19 framgår det att de karterade grottgångarna finns inom en radie av ca 300 m från grottmynningen, markerad med M. Vi vet emellertid att grottan börjar redan vid sluk-

hålen vid punkten C på samma figur, detta betyder att grottan sannolikt har en total längd på flera km. Vi vet också att det s.k. Fossila Systemet i grottan står i förbindelse med sluken vid B medan det Aktiva Systemet står i förbindelse med brunnen vid punkt D och sluken vid C. Den punktstreckade linjen på kartan symboliserar alltså dessa förbindelser vilkas verkliga lägen inte är kända.

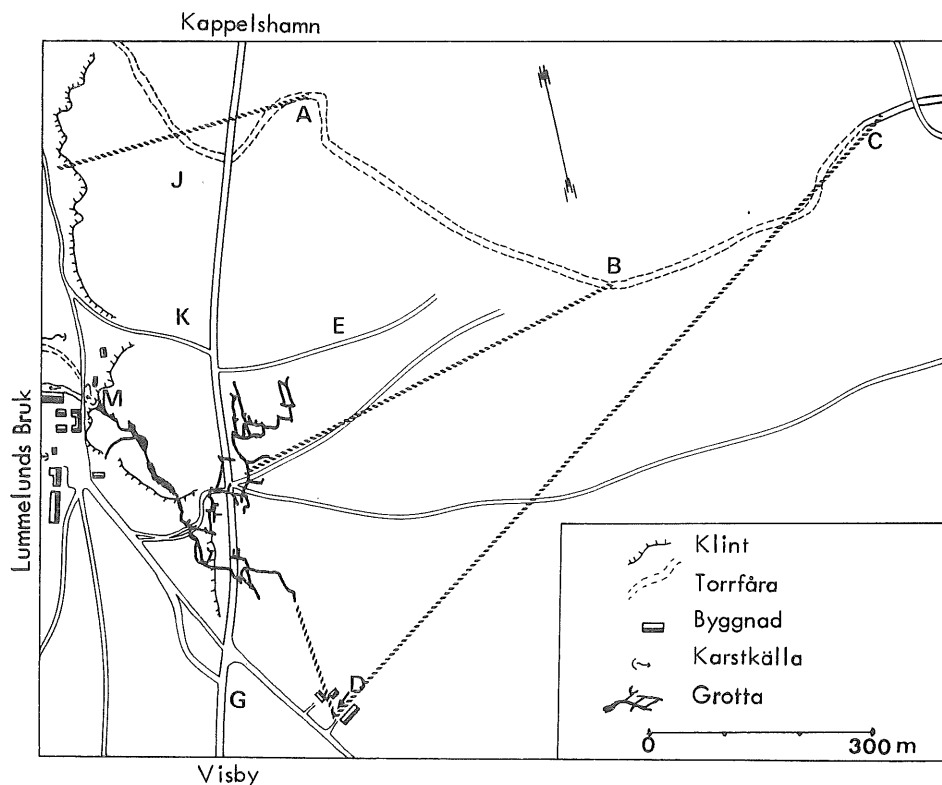


Fig. 19. De kända delarna av Lummelundagrottan och dess relationer till slukhålerna och andra företeelser i terrängen. De streckade linjerna anger påvisade förbindelser till respektive slukhålsområde.

Kartan, fig. 17, visar de gånger som karterats fram till årsskiftet 77/78, sedan dess har ytterligare gångsystem påträffats. En ny karta inkluderande dessa nya gånger samt med namn på olika partier och företeelser kommer att publiceras i en avhandling av författaren under 1979.

På den nu publicerade kartan framgår uppdelningen av grottan i ett aktivt och ett fossilt system. Den streckade delen, som löper i nära N-S riktning, är det s.k. Aktiva Systemet 1-14, d.v.s. den del av grottan där Lummelundaströmmen rinner fram. Den andra vanligen torra

och mera labyrintartade delen av grottan är det s.k. Fossila Systemet. Det Aktiva Systemet utgöres huvudsakligen av stora och rymliga gångar. I den yttre delen, fram till där det Fossila Systemet börjar (11), är grottan utbildad i revkalksten vilket betyder att gångarna och salarna här är oregelbundna till formen med ojämna väggar och tak. I den inre delen är den omgivande kalkstenen lagrad och gångarna är här raka och tunnelliknande med relativt jämna tak och väggar vilket framgår av foto 7. Vattnet rinner fram som en porlande bäck i grottgångarna utom på sex ställen där det bildar små sjöar. Dessa återfinns på kartan mellan punkterna 1-2 och 9-10 samt vid punkterna 6, 11, 13 och 14. Den sista av dessa sjöar utgör för närvarande det största hindret när det gäller vidare utforskning av grottans aktiva passager. Grottaket sänker sig här ner 3,5 m under vattenytan och bildar ett effektivt vattenlås, även kallat sifon vilket givit upphov till namnet Sifonsalen. Hela den kända delen av grottan är mer eller mindre utbildad efter ett horisontellt plan vilket framgår av figur 20 som visar ett tvärsnitt av grottan från mynningen till Sifonsalen (1-14). Höjdskalan är överförstorad för att framhålla nivåskillnaderna. De svarta partierna betecknar vatten och visar läge och djup i de sex större bassängerna. Längst till höger i figuren syns vattenlåset i Sifonsalen. Av figuren framgår också hur grottan ändrar karaktär efter ca 200 m där revkalken avlöses av den lagrade kalkstenen.

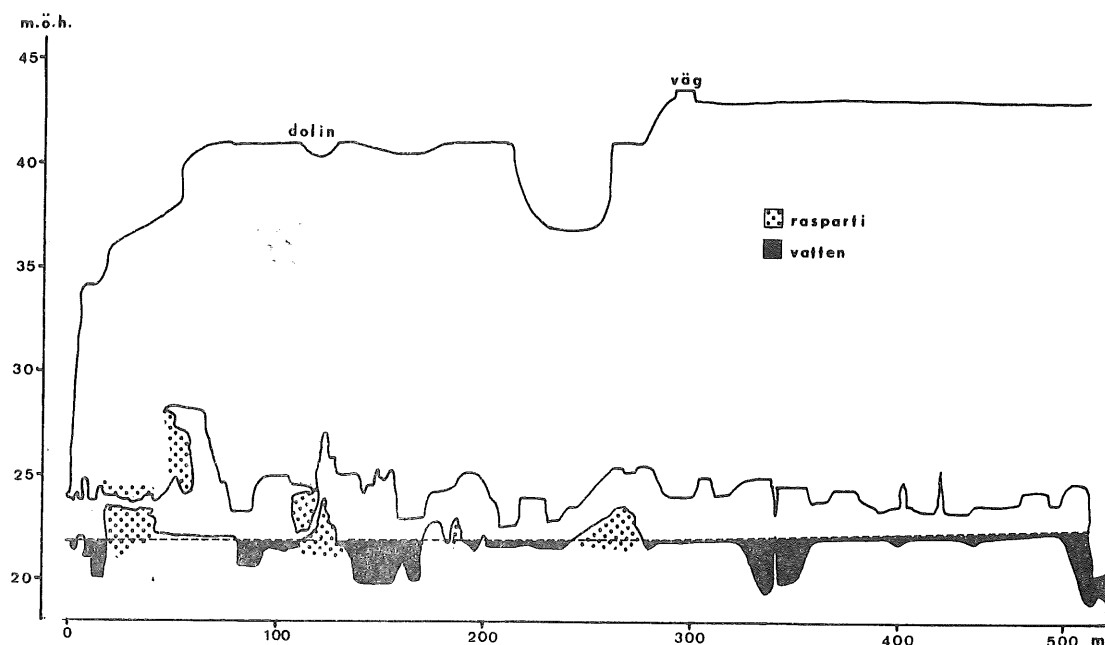


Fig. 20 Tvärsnitt av Lummelundagrottans vattenförande delar från mynningen till sifonsalen. Höjdskalan är överförstorad.

Det Fossila Systemet har fått sitt namn därför att det ansetts vara ett icke aktivt grottsystem, d.v.s. ett system där det inte längre förekommer vatten som kan göra grottgångarna större. På våren 1978 visade det sig emellertid att vissa partier tillfälligtvis kunde vara vattenförande, men namnet är så inarbetat att det vore olämpligt att ändra på det. Förutom att denna del av grottan inte är vattenförande skiljer den sig framförallt i gångstorlek från Aktiva Systemet. Grottgångarnas bredd överstiger sällan två meter och höjden sällan en meter. Det är i stort sett enbart gången mellan punkterna 22 och 23 på grottkartan som erbjuder promenadhöjd, i övrigt är det kryp- eller ålningsgångar.

Grottgångarna är här till större delen utbildade i lagrad kalksten (mängel och krinoidékalksten). Gångsystemet är till synes uppbyggt i ett labyrintartat system, men i själva verket dominerar två huvudriktningar, som också återfinnes i Aktiva Systemets inre delar. Dessa två riktningar sammanfaller med de dominerande sprickriktningarna vilket visar ett klart samband mellan berggrundens sprickor och grottgångarna.

Golvet i Fossila Systemet är helt täckt med lösa avlagringar av olika slag till skillnad mot den vattenförande delen av grottan där den kala berggrunden utgör golv på långa sträckor. Förekomsten av kalcitavlagringar på tak, golv och väggar är också mycket rikligare i Fossila Systemet. Här finns bl.a. de flesta och största droppstenarna som hittills upptäckts i Sverige. Detta behandlas längre fram under rubriken Kalcitutfällningar-Speleothems.

När det gäller de ännu okända delarna av grottan kan följande sägas. Fossila Systemet har åtskilliga gånger som ännu inte (1978) undersökts i detalj. Det är därför troligt att nya gånger till en sammanlagd längd av åtskilliga hundra meter kommer att karteras in så småningom. Det är konstaterat att systemet står i förbindelse med slukhålsområde B och det är mycket sannolikt att fönstret vid E gör detsamma.

En TV-undersökning av brunnen vid D har visat att vattnet hämtas upp från en grotta. Spår försök har visat att denna står i förbindelse med Lummelundagrottans aktiva system och troligtvis då via Sifonsalen. Vattnet i både brunnen och grottan (under lågvatten) härrör från slukhålsområde C. Undersökningarna av grottans okända delar kommer att fortsätta under 1978 och resultatet att presenteras året därpå.

Uppkomsten av Lummelundagrottan sammanfattas i figur 21. Figuren visar tre stadier i grottans utveckling där stadie 3 motsvarar grottans nuvarande utseende. Skissen visar ett tvärsnitt i berggrunden och det principiella utseendet för en grotta av denna typ och det är alltså inte en detaljerad profil av Lummelundagrottan.

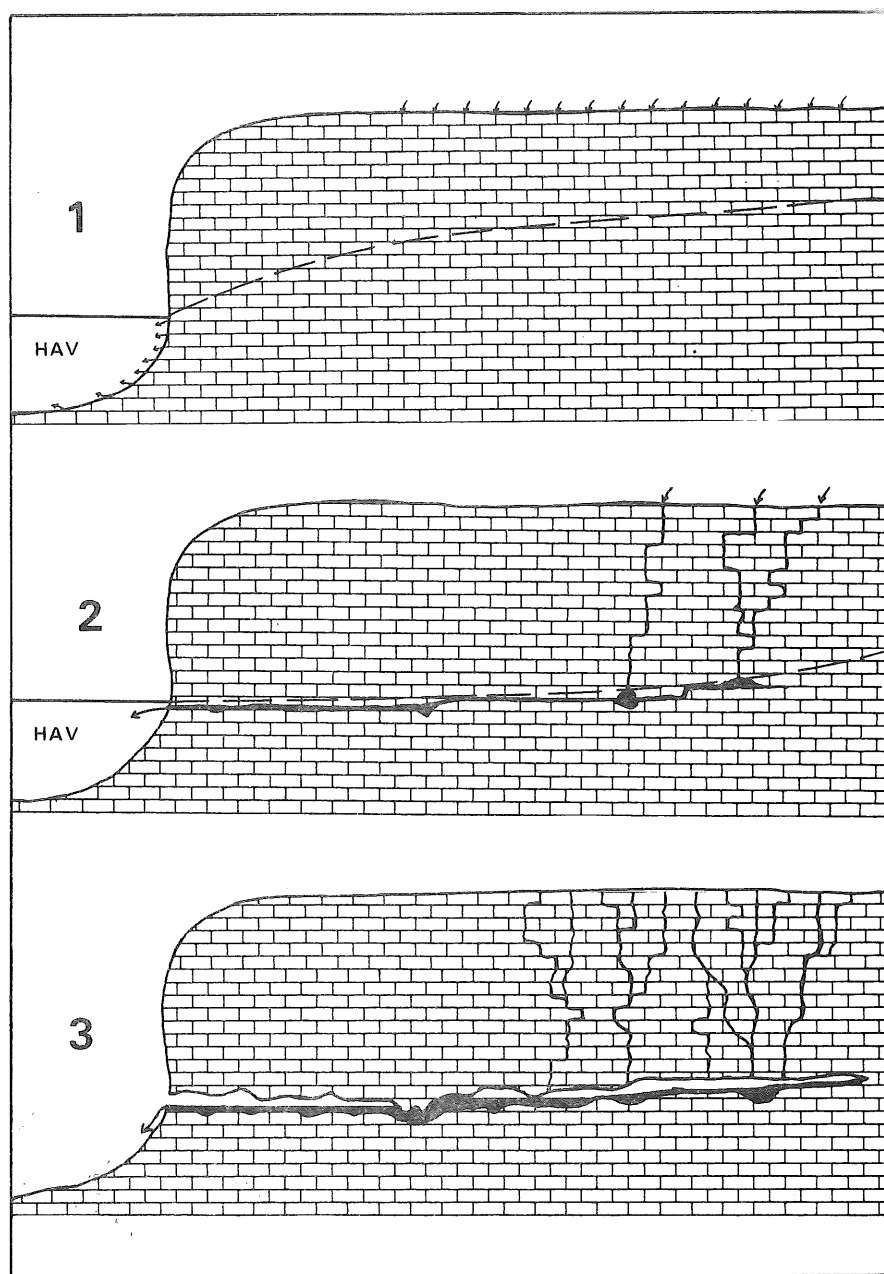


Fig. 21. Principskiss som i tre steg visar hur en grotta av Lummelundagrottans typ kan tänkas ha bildats.

Längst upp ser vi berget helt opåverkat med en relativt hög konvex grundvattenyta, som korresponderar med havsytan till vänster i figuren. Berggrundens läge i förhållande till havets nivå har nyligen etablerats, mest troligt är att havsytan tidigare stått över landytan.

I stadie 2 har tusentals år förflutit under vilka havsytan inte genomgått några större förändringar i förhållande till landområdet. Grundvattenströmningen genom berget har medfört en kemisk utlösning av kalkstenen i vissa svaghetszoner varvid vattnet börjat rinna fram i underjordiska kanaler. Även markvattnet har börjat vidga vissa vertikala sprickor under sin väg ner till grundvattenytan med påföljd att mer och mer vatten strömmar ner via dessa sprickor.

Då markvattnet når grundvattenytan sker en accelererad kemisk utlösning av kalken (blandningskorrosion, se Bögli 1971 och Picknett & Stenner 1978) vilket medför att underjordiska kanaler utbildas kring grundvattenytan. Denna sänkes något i sina inre delar då vattenkanalerna tillåter en snabbare dränering under påverkan av det hydrostatiska tryck som finns mellan grundvattenytan och avtappningsbasen (i detta fallet källor kring det dåvarande havets nivå).

Så småningom kommer dessa underjordiska kanaler att ha vidgats till grottgångar vilka under högvatten (t.ex. snösmältningen på våren) är helt vattenfyllda. Grottor bildade på detta speciella sätt kallas för Water Table Caves (Ford 1971).

Stadie 3 visar den nuvarande situationen. Havsytan har sänkts i förhållande till landet och de nu relativt stora grottgångarna blir luftförande i sina högst belägna partier. Slukhålerna har blivit flera och större, men då de flesta av dem mynnar i luftfyllda håligheter sker där ingen större vidgning av grottsystemet då blandningskorrosionen uteblir. Den huvudsakliga tillväxten av grottgångarna sker nu i de lägsta ännu helt vattenfyllda partierna. Studier av huvudgångens form i den vattenförande delen av Lummelundagrottan mellan Sifonsalen och mynningen visar att någon markant erosion ej har skett i denna del under de årtusenden som gått sedan grottan var helt vattenfylld. Detta beror troligen på att vattnet mestadels är mättat med karbonater redan innan det når denna del av grottan, att ingen blandningskorrosion kan ske samt att de underjordiska bassängerna fångar upp mineralpartiklar och dylikt, som annars, tillsammans med det rinnande vattnet, hade medfört en mekanisk erosion.

Kalцитutfällningarna i grottan har till största delen bildats under detta senare stadium, eventuellt kan avlagringar i de högst belägna partierna härröra från stadium 2.



Bild 7. De inre delarna av Aktiva systemet utgöres av tunnelformade gångar med rinnande vatten. Foto Mischa Gavrjusjov.

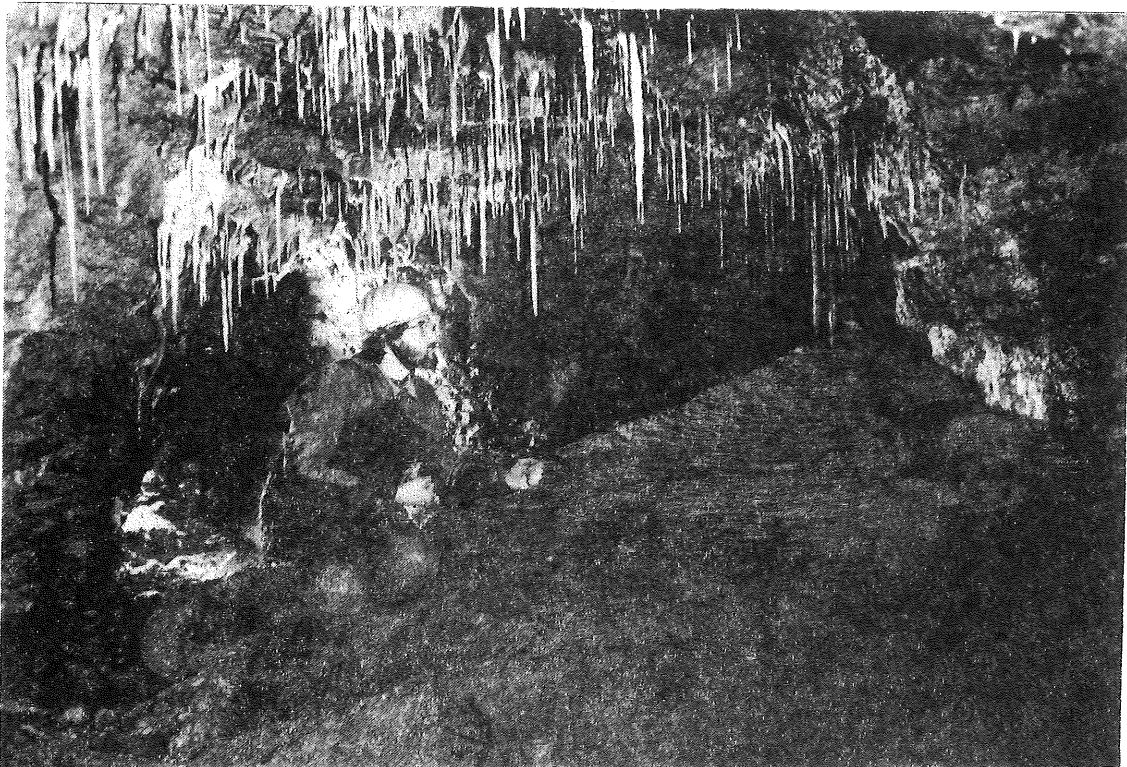


Bild 8. En av de rikare droppstensförekomsterna i Fossila systemets huvudgång (vid punkt 18 i fig.17). Den konformiga bildningen på golvet är rimstone, bildad av vattnet som sipprat ur sprickan. Foto Mischa Gavrjusjov.

Speleothems - Kalcitutfällningar

Speleothems är ett uttryck som härstammar från USA där det användes för att beteckna de speciella karbonatutfällningar som bildas i grottor. Då en motsvarande term saknas i svenskan (droppstensbildningar är missvisande då droppstenar bara är en typ av speleothems) användes här den amerikanska termen vilken för övrigt verkar att slå igenom i de flesta västländer. Vad det gäller namn på olika speleothems har det svenska namnet använts när sådant finnes, i annat fall den vanligaste engelska beteckningen. Lummelundagrottan har visat sig innehålla den största mängden och de flesta varianterna av speleothems av de hittills utforskade grottorna i Sverige. Av de frihängande formationerna, droppstenar och draperier, har ca 3000 st noterats och övriga bildningar har en sammanlagd yta av ca 200 m². Speleothems förekommer främst i grottans turistdel och i Fossila systemet.

Droppstenar=stalaktiter är den numerärt dominerande bildningen.

De flesta och mest välutbildade finns i Fossila systemet, ca 2200 st mot ca 800 i Aktiva systemet. Stalaktitförekomsterna är koncentrerade till vissa ställen i grottan vilka framgår av fig 17.

Den största ansamlingen finns i gångarna mellan punkterna 16-19 och 22-23. Vid 17 finns de längsta stalaktiterna med en medellängd på 39 cm, här finns också landets längsta kända droppsten på 86 cm.

Bild 8 är tagen i Droppstensgången vid punkt 18 och visar en av de rikare ansamlingarna. De flesta stalaktiterna på bilden är stråstalaktiter d.v.s. de är jämntjocka och ihåliga. Figur 22 visar hur en stråstalaktit bildas och hur den senare kan ombildas till en konisk droppsten.

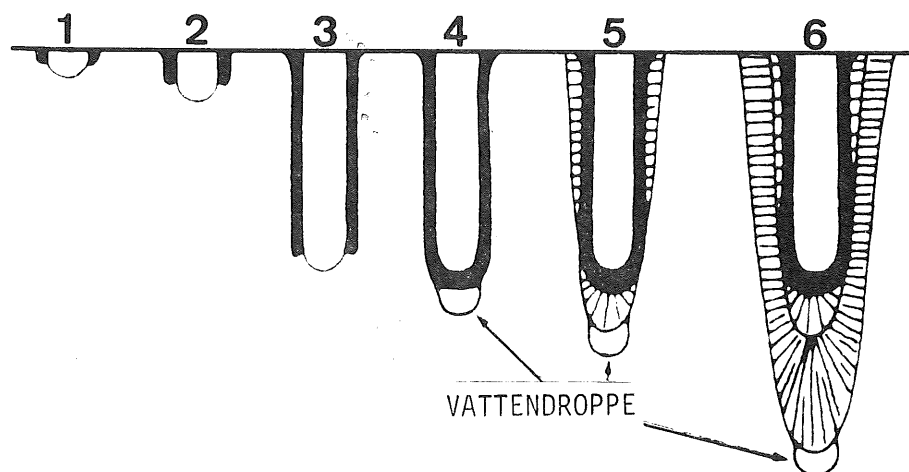


Fig. 22. Hur en stråstalaktit bildas, växer till och omvandlas till en konformig stalaktit (efter Jennings 1971)

1. Vatten sipprar fram ur berggrunden, droppe efter droppe. Vattendroppen som är mättad på kalciumkarbonat blir när den tränger fram i grottatmosfären övermättad, främst p.g.a. att CO_2 avges, varvid kalцит fälls ut i en ring kring droppen.
- 2 - 3. Ringen av kalciumkarbonat växer till nedåt och bildar så småningom ett rör med konstant diameter som vattnet sipprar fram genom. Detta är en stråstalaktit som fortsätter växa tills röret täpps igen eller tills den bryts av sin egen tyngd.
4. Stalaktitröret har av någon anledning täppts till.
5. Det ur berget framträngande vattnet rinner nu på utsidan av strået varvid kalk avsättes runt om.
6. Denna process kan fortsätta nästan hur länge som helst då den konformiga droppstenen växer till både vid basen och på längden varför den förmår bära upp den ökande tyngden.

Ca 85 % av stalaktiterna i Lummelundagrottan är av typen stråstalaktiter vilket är helt normalt för grottor på denna breddgrad (Sweeting 1972). De konformiga stalaktiterna i grottan är både färre och mindre, endast ett fåtal exemplar överstiger 20 cm i längd. Denna typ av droppstenar är betydligt vanligare i tropiska och subtropiska grottor (Sweeting 1972)

Stalagmiter, droppstenar som växer från golvet och uppåt, är relativt sällsynta i Lummelundagrottan. Ett knappt 50-tal har hittills hittats varav åtskilliga finns i Sal 5 i visningsdelen av grottan (se bild 9). Stalagmiterna bildas av kalciumkarbonatmättade vattendroppar. När dessa faller ner fälls kalciumkarbonat ut och formationen växer uppåt från underlaget.

Draperier förekommer på flera ställen, främst i anslutning till tydligt framträdande sprickor i tak och väggar. Draperier bildas liksom stalaktiter av vatten som sipprar fram ur sprickor, men i detta fallet droppar vattnet inte utan rinner långsamt längs taket eller väggen.

I bild 9 syns ett antal mindre draperier på väggen och i taket. Bilden är från Sal 5 och visar också den största ansamlingen stalagmiter i grottan. Väggen i högra delen av fotot är klädd med en speciell form av kalцитutfällning, rimstone.

Rimstone härrör liksom ovanstående bildningar från kalkmättat vatten som tränger fram ur sprickor och skiktfogar och rinner längs väggar och golv. Rimstoneformationerna kan täcka flera kvadratmeter och vara dm tjocka.



Bild 9. Altaret i Sal 5. Stråstalaktiter, konformade stalaktiter, stalagmiter, draperier, flowstone och rimstoneutfällningar täcker här tak och väggar. Foto Mischa Gavrjusjov.

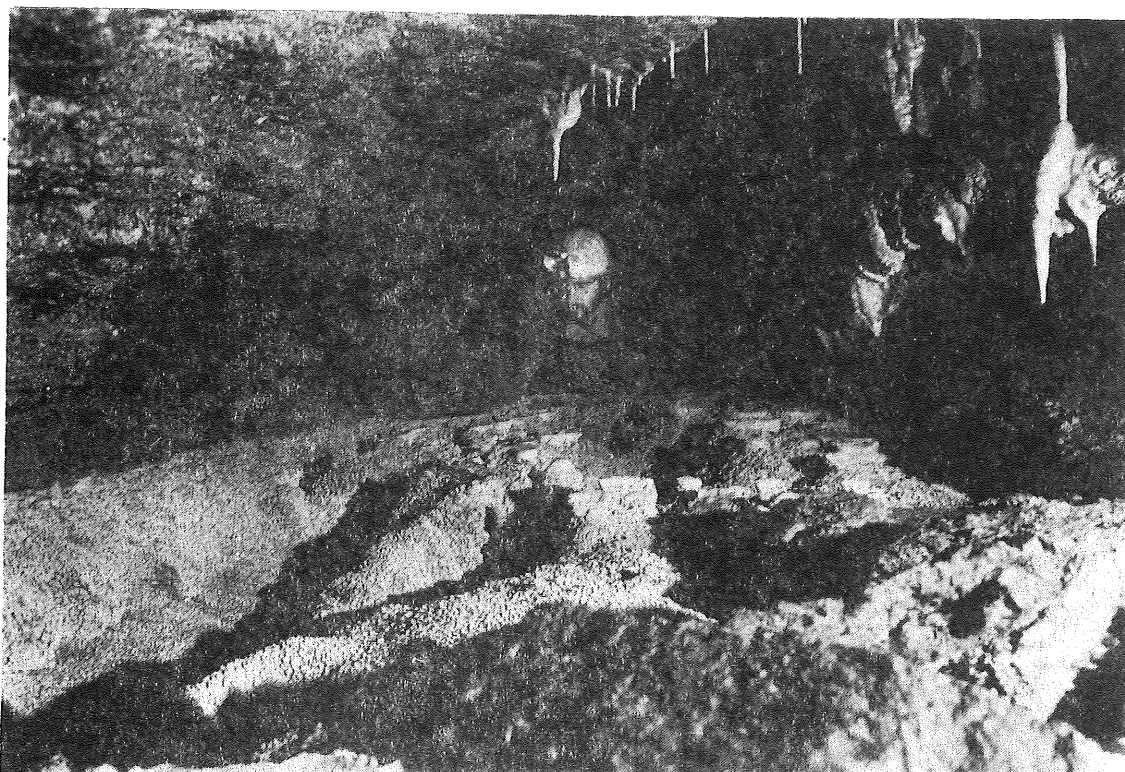


Bild 10. En intermittent bassäng där det bildats lily pads och grottoppkorn. (vid punkt 15 i fig.17). Foto Mischa Gavrjusjov.

I grottan finns totalt inkarterat 210 m² rimstone ungefär lika fördelat mellan Aktiva och Fossila systemen. Den mesta rimstonen förekommer på väggarna som bild 9 visar, men särskilt nedanför sprickor kan det finnas mäktiga avlagringar på golvet som bild 8 visar.

Utfällningarna är uppbyggda i trappstegsform av små terrasser. Oftast är kanten på de enskilda terrasserna en aning upphöjd så att själva terrassteget bildar en liten vattenbassäng. På ett fåtal ställen i grottan förekommer utfällningar med helt slät överyta, dessa bildningar benämnes i den engelska terminologin för flowstone. Flow och rimstoneutfällningarna kallas med ett gemensamt namn för travertine eller kalksinter.

Bild 10 visar en för Sverige unik bildning, lily pads. Detta är den enda kända förekomsten. Till skillnad från tidigare nämnda speleothems är lily pads bildade i ett stillastående vatten.

Under snösmältningen eller efter en längre ihållande regnperiod fylls bassängerna i bilden med genom berggrunden nedsipprande vatten. Kalciten fälls dels ut under vattenytan som små popkornsliknande knoppar och dels i själva ytan. Den senare processen är snabbare vilket medför att bassängkanterna växer uppåt. I själva vattensamlingen finns också ett antal ytutfällningar, som växer på höjden i takt med den stigande vattenytan. En viss tillväxt sker också på bredden varför dessa formationer, lily pads, ser ut som solroskakor eller liljekorgar; därav namnet.

En annan märklig bildning är de rika förekomsterna av bergmjölk (moon milk el. rock milk) i Bergakungens sal, Kapellet och i de inre delarna av Sal 5. Bergmjölken hänger i klasliknande formationer (se bild 11) högst upp i taket i anslutning till kraftiga sprickor.

I många grottor bildar bergmjölken en vit trögflytande massa, därav namnet, men i Lummelundagrottan förekommer den enbart som en vit, blomkålsliknande (mycket lik !) bildning. Till konsistensen är den fast och spröd som krita.

Bergmjölken är inte en vanlig kalcitutfällning, utan den förmodas bildas genom mikroorganismer som bryter ner kalkstenen (Moore & Nicholas 1964) eller genom frostoåverkan av berggrunden (Sweeting 1972).

Slutligen finns det också spridda förekomster av grottoppokorn (cave popcorn, cave coral el. globulite). De upp till 2 cm stora popkornsliknande bildningarna sitter i tak och på väggar, oftast flera tillsammans. Den största förekomsten finns i bassängen vid punkt 15 på kartan, där de uppträder tillsammans med lily pads.

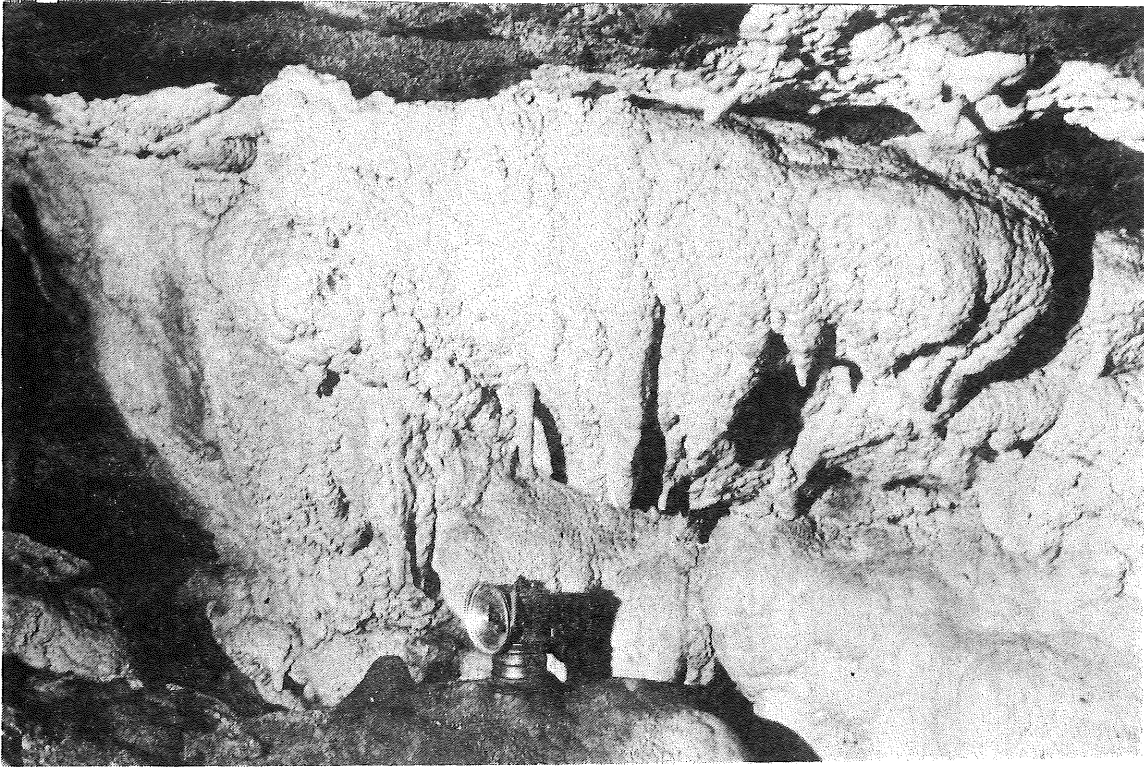


Bild 11. Blomkålsliknande bergmjölksformation (den vanligaste). Bilden är tagen i takgången mellan Sal 5 och Sal 6. Foto Mischa Gavrjusjov.

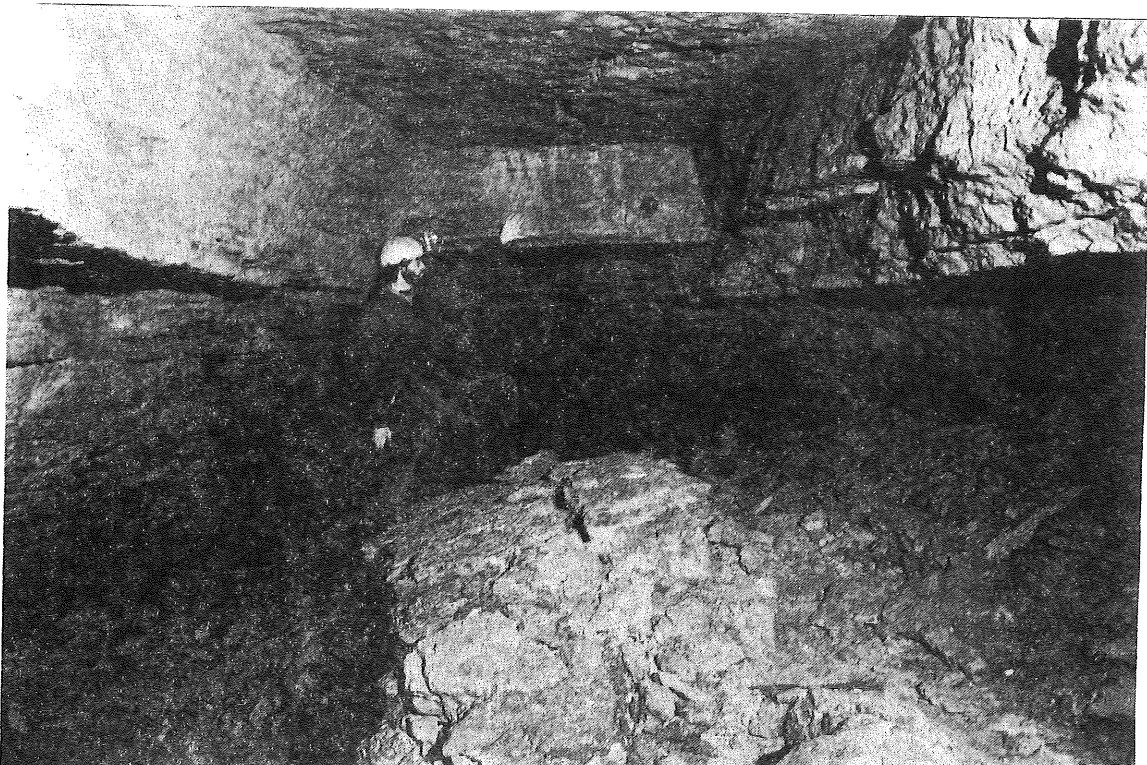


Bild 12. Exempel på hur den lagrade kalken släpper i stora sjöar och därmed flyttar hela grottgången uppåt. Bilden tagen i Aktiva systemet strax före Torget. Foto Mischa Gavrjusjov.

Troligt är att grottoppkorn kan bildas både i den fria grottatmosfären och under vattnet även om vissa forskare hävdar att de enbart kan bildas under vatten (Sweeting 1972).

Lösa avlagringar

De lösa avlagringarna i en grotta är tillsammans med kalcitavlagringarna ytterst viktiga för den tillämpade speleologiska forskningen. Redan nu pågår det en intensiv forskning runt om i världen på sediment i grottor och man räknar inom speleologin med att denna forskning kommer att få allt större betydelse i framtiden. I vissa sediment har det nämligen visat sig att man kan utläsa en hel del om bl.a. tidigare landskap och klimat, grundvattenförhållanden och förhållanden mellan hav och land.

I Lummelundagrottan kan man skilja mellan två huvudgrupper av lösa avlagringar. Den första gruppen är autoktona sediment d.v.s. avlagringar som härstammar från själva grottan. Den andra gruppen utgöres av material som utifrån förts in och sederterat i grottan, dessa benämnes för alloktona sediment. Det är de senare som för närvarande tillmättes den största betydelsen i karstforskningen.

De autoktona sedimenten kan indelas i vittringsrester och rasmaterial. Kalkstenen i Lummelundaområdet är tämligen oren. När kalken löses upp blir det därför kvar en rest av icke lösligt material, mest i form av lera och finare mineralpartiklar. Leror har på ett fåtal platser i grottan kunnat identifieras som lokala vittringsrester, men misstankar finns att ytterligare lerförekomster kan härstamma från själva berggrunden. Analys av dessa kan eventuellt avgöra vilka leror som är alloktona och vilka som är autoktona.

Rasmaterialet i grottan är, till skillnad från det ovanstående, lätt att identifiera. Rasmassorna kommer från väggar och tak och ligger i princip rakt under den plats de härstammar från. De mäktigaste raspartierna finns i den yttre delen av grottan som är utbildad i rev- och krinoidéekalksten, partierna är markerade i figur 20.

Rasmaterialet kan bestå av enstaka större block eller en ansamling av block och stenar. Figur 23 visar Sal 5 och Sal 6 med mellanliggande parti. Då vissa förändringar kommer att ske här i samband med den nya utgångstunneln har partiet karterats i detalj av SSF. I sal 5 syns enstaka block som fallit ner från taket samt en ansamling av flera mindre block inbakade i finkorniga sediment. Sal 6 innehåller den största blockförekomsten i hela grottan.

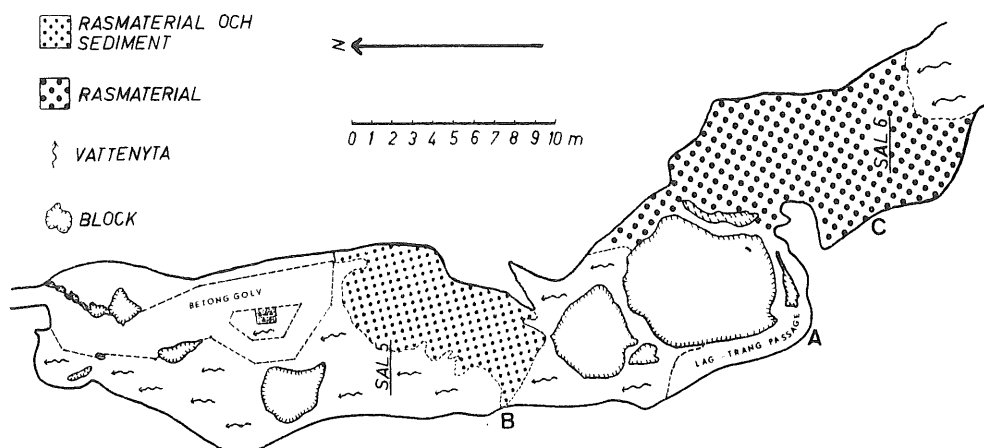


Fig. 23 Detalj-karta över Sal 5 och Sal 6 i Lummelundagrottan. Kartan visar den rikligaste förekomsten av rasmassor i grottan. Kartan upprättad 1977 av Sveriges Speleolog-Förbund.

Detta beror på att kalken här innehåller linser av mörk ler vilken gör att taket är instabilt. Blocken här är till skillnad från dem i Sal 5 renspolade från finkorniga sediment.

Mellan salarna (från B till A-C) har taket i grottan satt sig, d.v.s. taket har störtat ner i form av ett par gigantiska block och spärrat hela den ursprungliga grottgången eller salen. Instörtningen kan ha berört hela den ovanför liggande berggrunden då partiet ligger rakt under dolinen vid L i fig. 2.

I Fossila Systemet finns åtskilliga mindre instörtningar, oftast har hela kalkstensskikt släppt från taket med påföljd att gångens tak flyttats en bit uppåt. Troligen finns det nedrasade block under de finkorniga sediment som täcker större delen av golvet i denna del av grottan.

Bild 12 är tagen omedelbart norr om Torget i Aktiva Systemet. Fotot visar hur ett stort parti av taket har släppt.

De alloktona sedimenten kan indelas i infiltrerade och fluviala sediment. De behandlas dock i denna rapport enbart som alloktona sediment i avvaktan på resultaten från pågående undersökningar.

Bokstäverna A - F i fig 24 visar på en del anmärkningsvärda sedimentavlagringar i grottan.

A och B är sandbankar med ett stort innehåll av skal från olika mollusker. Dessa har till viss del undersökts och skalens examinerats, men det är av stor vikt att sandbankarna inte rubbas eller förstörs genom mänsklig påverkan. Punkt C visar en av de mest betydelsefulla avlagringarna i grottan. Det är en isolerad sedimentpacke som bl.a. innehåller organogena lager som kan få mycket stor betydelse för framtida forskning. Denna lagerpacke får alltså inte heller utsättas för någon som helst påverkan. D och F utgöres av mäktiga sandavlagringar vilkas ursprung ännu inte har kunnat förklaras. Samma gäller om E där de mäktiga och utsträckta lersedimenten ännu så länge förefaller oförklarliga.

I Fossila Systemet finns ytterligare avlagringar av stort vetenskapligt intresse, men då de är belägna i ännu ej karterade grottgångar har deras läge ej markerats på kartan.

Undersökningen av de lösa avlagringarna pågår alltjämt och i den kommande avhandlingen kommer stor vikt att läggas vid dessa sedimentundersökningar.

Speleoklimatet

Det speciella klimat som råder i grottor har under det senaste århundradet tilldragit sig ett alltmer ökat intresse hos forskare. Olika typer av grottor uppvisar olika klimatförhållanden (se nedan) men den för forskning och praktisk tillämpning hittills mest intressanta typen är den där klimatet är mer eller mindre konstant. Generellt kan sägas att denna typ av grottor har en konstant temperatur, som är lika med den omgivande atmosfärens årsmedeltemperatur (Rousset 1967) hög luftfuktighet och avsaknad av luftdrag. Dessa faktorer har gjort att man praktiskt utnyttjar grottor av denna typ i flera olika sammanhang. På kontinenten finns t.ex. flera underjordiska laboratorier i grottor, bl.a. i Han-sur-Lesse grottorna i Belgien, men mera vanligt är att man använder grottor i medicinskt syfte.

Det är belagt att indianer i Nordamerika vid sjukdom flyttade in i vissa grottor för att bli fortare friska, en behandlingsmetod, som sedan 1840 utnyttjats i USA även av den erkända läkevetenskapen (Tell 1967). I Europa, bl.a. Ungern, Österrike och Italien har man i grottor eller i gruvor, behandlingsrum för olika slag av sjukdomar. Baradlagrottan i Ungern är ett exempel, där man har 100 sängplatser installerade för astmasjuka patienter (Tell 67, Schulz 1952).

Grottor kan uppdelas i två huvudgrupper med avseende på deras klimat. Avgörande för vilken klimattyp grottan skall hänföras till är i första hand antalet förbindelser med den fria atmosfären och förekomsten av genomrinnande vattendrag. Enligt en klassificering av Deld (1923) benämnes en grotta med

endast en öppning en statisk grotta. Ett grottsystem med två eller flera förbindelser med den fria atmosfären benämnes dynamisk. Mellan dessa två ytterligheter finns ytterligare indelningar.

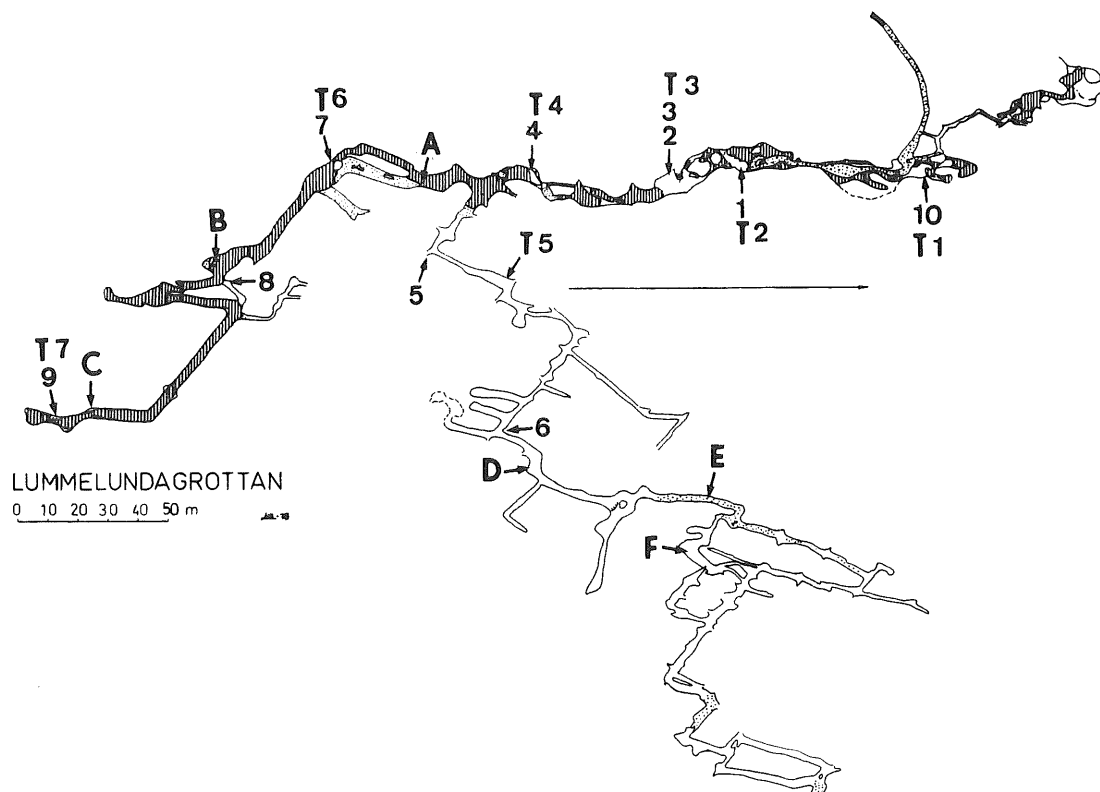


Fig. 24. Karta över Lummelundagrottan där bokstäverna A-F visar på speciella sedimentackumulationer. T1-T7 visar var termohygrograferna varit placerade och 1-10 var max-min termometrarna varit placerade.

Lummelundagrottan är att anse som en statisk grotta i sina inre delar även om de s.k. fönstren vid vissa väderlekssituationer ger upphov till en viss luftgenomströmning. Slukhålerna i kanalen påverkar inte luftcirkulationen då det mellan dem och mynningen finns helt vattenfyllda grottgångar (ev. gäller detta ej för Fossila Systemet, men luftströmning har inte konstaterats i något av sluken vid slukhålsområde B).

Temperatur

Temperaturmätningarna i grottan genomfördes med 10 st max-min termometrar (mätnoggrannhet 0.5 °C) och 7 st termohygrografer. Instrumenten placerades ut den 7/5 och togs in den 11/11 1977. Termograferna var utrustade för veckodrift och registreringsapper byttes så ofta som det praktiskt var möjligt, dock ej kontinuerligt. Instrumentens placering i grottan framgår av kartan

fig. 24.

Tabell 2. Max och minimitemperatur för 10 olika punkter i grottan under tiden 7/5-11/11 1977.

Termometer nr	Max.temperatur °C	Min.temperatur °C
T1	8,5	7,0
T2	9,0	7,5
T3	7,5	7,5
T4	7,5	6,5
T5	6,5	5,0
T6	5,5	5,0
T7	7,5	7,0
T8	8,0	7,0
T9	8,0	7,0
T10	10,5	7,0

Värdena för T1, T2, T4, T7, T9 och T10 i tabell 2 stämmer överens med på termograferna registrerade värden. De avvikande värdena för T5 och T6 bekräftas av den termograf (THG 5), som var placerad emellan dem. Termografernas registreringar visar också att förekommande temperatursvängningar har skett långsamt över en period på flera veckor med maximumtemperaturen i slutet av juli. Undantag är dock T2 och T10.

T3 som var upphängd i taket i sal 6 uppvisade en konstant temperatur på 7,5 °C medan T2 som befann sig rakt under T3 har ett temperaturmaxima på 9°C. Höjdskillnaden mellan termometrarna var ca 4,5 m. Den sannolika orsaken till det högre värdet på T2 är att denna hängde strax ovanför vattenytan.

Vid stor vattenföring och hög vattentemperatur kommer vattnet att avge värme under hela passagen genom grottssystemet (se kap. hydrologi) vilket kan förklara den högre temp. på T2. Detta är också den troliga förklaringen till den 1°C högre temperatur som T8 och T9 uppvisar, då dessa termometrar befann sig relativt nära vattenytan, dock ej så nära som T2.

T10 och termograf 1 uppvisar en temperaturvariation på $3,5^{\circ}\text{C}$ under perioden. Båda dessa var placerade i den yttre delen av grottan mellan den naturliga mynningen och den sprängda igångstunneln. Termografens registreringar visar på flera små och snabba temperaturvariationer under dagtid. Dessa variationer uppträdde första gången den 13/5 på eftermiddagen då fluktuationer på en halv grad förekom. Fig. 25 visar en registrering från den 11/7 till den 17/7. Temperaturfluktuationerna uppgår till maximalt 2°C och uppträder mellan kl. 10 och 18. Vad temperaturkurvan visar är helt enkelt den luftcirkulation, som uppträder mellan turistingången och grottans naturliga mynning under visningstiden.

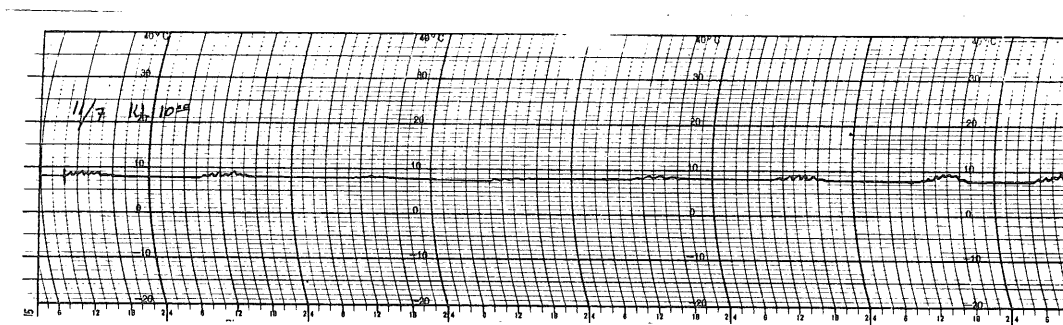


Fig. 25. Temperaturregistrering från termohygrograf 1 under den andra veckan i juli 1977. Registreringen visar den största kontinuerliga temperaturfluktuationen som uppmätts i grottan.

I den inre delen av grottans visningsdel märktes inget av dessa fluktuationer. Temp. maximum var här $8,5$ grader vilket var ett förvånansvärt lågt värde med tanke på att ca 90 000 personer passerade genom denna grottsal under sommaren samt att belysningen i salen avger ca 2 kW när den är tänd.

Temperaturen i den fossila delen av grottan är enligt T5, T6 och THG 5 ca 6°C vilket är $1,5^{\circ}\text{C}$ under temp. i den vattenförande delen. Temp. tycks dessutom minska med djupet in i gångsystemet enligt de tre registreringarna. Orsaken till detta kan vara luftcirkulationen (mindre troligt, se nedan) eller vattnets uppvärmande effekt i den aktiva delen av grottan. Avslutningsvis kan sägas att medeltemperaturen i den aktiva delen av grottan under mätperioden blev $7,5^{\circ}\text{C}$.

Grottans varmaste punkt finns i en nisch i taket i den sal som kallas Kapellet. De vackra och rikliga mängderna av kalcitutfällningar i nischen belyses av lampor på sammanlagt 1,6 kW. Värmen från dessa samlas upp i fickan i taket där en temperatur på $18,5^{\circ}\text{C}$ uppmättes efter det att belysningen varit påslagen i 5 timmar.

Luftcirkulation

Luftströmmarna genom grottsystemet blev inte undersökta i den utsträckning, som vore önskvärd. Vid varje besök i grottan noterades dock eventuella luftströmmars hastighet och riktning med hjälp av rök.

Någon egentlig luftström konstaterades aldrig i det aktiva systemets huvudgång under hela undersökningsperioden. Den enda märkbara luftdraget i denna del av grottan noterades i den trånga passagen vid Lerhamnen (se fig. 17). Vid kall väderlek ute (under 2°C) märktes här en svag luftström ut genom grottan.

Övriga luftströmmar i den aktiva delen noterades där fossila gångar mynnade.

I det Fossila Systemet noterades vid åtskilliga tillfällen vindar på upp till 2 m/s. Dessa vindar har relaterats till de fönster, som förmodas stå i kontakt med denna del av grottan. Det förefaller också som sluken i slukhålsområde B kan stå i förbindelse med denna del av grottan (se föregående kap.).

Styrkan på dessa ihållande vindar genom de trånga gångarna i Fossila Systemet är troligen direkt avhängig av atmosfärstemperaturen utanför grottan. När temperaturen var några grader lägre än i grottan strömmade luft upp genom Klafvers spricka. Ju kallare det var desto starkare tycktes luftströmmen vara. Av detta framgår att den uppvärmda grottluften vid kall väderlek strömmar ut genom "fönstren" medan kallluft troligen tillföres via grottans mynning. När det är varmare ute än i grottan strömmar luften ner i "fönstren". Denna nedåtgående luftström förefaller dock att vara betydligt svagare än den uppåtgående vid kall väderlek. Vid en utetemperatur på 26°C uppskattades den nedåtriktade luftströmmen till 1 m/s, medan den uppåtriktade vid -3°C uppskattades till 2 m/s.

Alla observerade luftströmmar i Fossila Systemet kan dock inte förklaras med temperaturdifferenser. Vid flera tillfällen noterades vindar av varierande styrka som plötsligt kunde kasta om riktningen. Dessa vindar uppträdde speciellt då det blåste kraftigt utanför grottan. Enligt Bukuvinsky (1966) är detta en vanlig företeelse, han benämner denna typ av vind kmitor. De tidigare beskrivna vindarna benämner han termodynamiska strömmingar och de karaktäriseras av stabilitet i riktning och styrka. Kmitors däremot karaktäriseras av markanta variationer i intensitet och riktning samt av perioder med i stort sett vindstilla.

När en yttre vind blåser mot grottöppningen pressas luft in i grottan med ett förhöjt lufttryck i grottan som följd. Därvid uppstår i hela grottan en luftpuls som kommer att växla riktning när vindtrycket mot grottmynningen åter understiger lufttrycket i grottan. I Fossila Systemets smala och trånga gångar kommer luftpulsen att märkas som en vind av varierande styrka eftersom systemets totala volym medför att stora luftmassor passerar de yttre delarna. I det aktiva systemets vida gångar kommer pulsen däremot inte att märkas nämnvärt.

För att få fullständig klarhet i Lummelundagrottans luftcirkulationssystem behövs en undersökning under en hel årscykel där temperatur och luftströmningar utanför grottan registreras liksom luftströmmarnas riktning och styrka i grottans olika delar. Det senare bör mätas med en av Åkerman (1972) konstruerad apparat för kontinuerlig registrering av vindriktning samt med varmtrådsanemometer.

Luftfuktighet

Luftfuktigheten i grottan mättes med de 7 termohygrografer, som beskrivits ovan. Mätnoggrannheten för hygrograferna är $\pm 3\%$.

Under hela undersökningsperioden understeg den relativa luftfuktigheten i grottan aldrig 95%, utom i de yttersta fem meterna i mynningsgrottan. Generellt kan sägas att variationerna för de enskilda hygrograferna var mycket små med ett undantag.

Den hygrograf THG 7, som var placerad längst in i grottan i sifonsalen uppvisade de största variationerna. Fig 26 visar en registrering från den 20/6 till den 27/6 då variationerna var som störst. Denna fluktuation i den relativa luftfuktigheten kan spåras också i THG 3, 4 och 6 om än i mindre grad, i de tre andra hygrografernas märks inga förändringar under denna period. Gemensamt för THG 4, 6 och 7 är att de var placerade i huvudgången mindre än 1 meter från det förbiströmande vattnet. THG 3 var placerad ca 4 m från vattnet och uppvisade de minsta variationerna, kurvan uppvisade enbart en smärre oregelbundenhet, den 20/6.

Det ligger nära till hands att skylla dessa fluktuationer på det rinnande vattnet efter vad som nämnts ovan, speciellt som THG 7 uppvisade de största och flesta variationerna trots att denna hygrograf befanns sig längst bort från mynningen men närmast den punkt där vattnet rinner in i grottan.

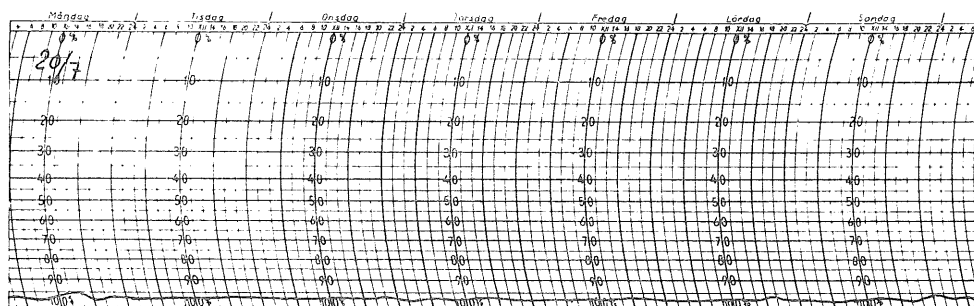


Fig. 26. Registrering av relativ luftfuktighet från termohygrograf 7 längst in i grottan. Registreringen är från 3:e veckan i juli och visar den största uppmätta variationen i grottan.

Tyvärr finns inga vattenföringsmätningar från mättiden men enligt nederbördsdata från SMHI föll inget regn under perioden varför vattenföringen bör ha varit låg och relativt konstant. Vid kontroll av lufttemperaturerna (SMHI) för de tillfällen i juni och juli, när variationer i den relativa luftfuktigheten registrerades, framgår det att dygnsskillnaderna mellan max-min temperaturerna är högre än normalt under de perioder då fluktuationer registrerades. Detta samband borde undersökas närmare i framtiden.

THG 1 uppvisade också variationer under sommarmånaderna, dock mycket små sådana på maximalt 1,5 %. Fluktuationerna uppträdde samtidigt med temperaturvariationerna och härrör förmodligen från samma luftcirkulation som beskrivits i föregående avsnitt.

Slutsatser av klimatundersökningen

Vid en jämförelse mellan den orörda delen av grottan och den del, som är öppen för turistvisning framkommer följande:

I den del av turistgrottan, som ligger mellan den sprängda ingångstunneln och den naturliga utgången blir klimatet av dynamisk karaktär under den mest intensiva turistsäsongen. Temperaturvariationerna är dock ganska små, 3,5⁰C uppmätt som mest, och variationerna av den relativa luftfuktigheten är negligerbara. Längre in i grottans turistdel påvisades på 1,5m höjd över golvet en temperaturförhöjning på 0,5⁰C under turistsäsongen, motsvarande höjning noterades inte i de orörda delarna av grottan. I turistdelens högst belägna partier konstaterades vid punktmätningar temperaturdifferenser på upp till 10⁰ C. I den övriga delen av grottan uppvisade högsta punkterna i grottsalarna en konstant temperatur.

Sammanfattningsvis kan sägas att temperatur och relativ luftfuktighet inte påverkas nämnvärt i Lummelundagrottans turistdel trots en besöksfrekvens på 90 000 personer/år. Kan en effektiv luftsluss tas i bruk blir påverkan ännu mindre. Största problemet är belysningen, som skapar ett varmare och ljusare mikroklimat kring och framförallt ovanför lamporna. Problemet kan delvis lösas genom att använda lampor med lägre effekt och placera dem så lågt och fristående som möjligt samt att inte låta dem brinna i onödan.

Biologiska förhållanden

En grotta utgör ett speciellt ekosystem där växt och djurlivet kan följa en helt unik utvecklingslinje. Grottor har därför blivit mycket intressanta studieobjekt för biologer då man där på en och samma ort kan studera olika evolutionsförlopp. Inom den internationella karstforskningen finns en särskild biospeleologisk sektion, som i huvudsak består av forskare med biologisk bakgrund. Då jag själv är traditionell karstforskare har Bill Odell från SSF anlitats för att utföra den biologiska undersökningen av Lummelundagrottan.

Grottan har varit föremål för biologiska studier redan före ifrågasvarande undersökning, Gislen & Brink 1950, Hinricsson 1955 och Lundevall 1964, varav Gislen & Brinks var den mest omfattande. Dessa undersökningar berörde dock enbart själva mynningsgrottan varför Odells undersökning får anses vara den första riktiga speleobiologiska studien.

Inventeringen har skett i hela den del av grottan som var känd vid utgången av 1977 (se fig 17). I de ännu okända delarna av grottan och i de mycket trånga passagera som ej kunnat undersökas finns möjligheter att ytterligare arter så småningom kommer att upptäckas utöver de 83 djurarter som noterats. Artlistorna har publicerats av Odell 1978 och från denna rapport har nedanstående text ställts samman.

För att skona faunan från för stora påfrestningar har insamling skett enbart för att erhålla ett visst referensmaterial (dep. på Naturhist. Riksmus.) eller då identifiering varit omöjlig i fält. Större delen av materialet har dock varit av sådant slag att det kunnat bestämmas vid grottorna och sedan släppas tillbaka på fångstlokalen.

Fällor har använts sparsamt, framför allt med tanke på att grottfauor är ytterst känsliga. Till och med små insamlingar kan få allvarliga följder på faunaekosystemet. De fångstanordningar som använts har varit utan lockbete. Fällorna har varit av sådana typer som beskrivits av Barber 1931, Chauvin 1963, Guyer/Hutson 1955 och Jackson/Taylor 1950.

Grottsystemet har indelats i 32 slumpmässigt utsatta referens- och fångstområden. Inom varje sådan sektor har en eller flera fällor varit aktiverade, och vid varje inventeringstillfälle har samtliga stationer noga undersökts för hand. En del inventeringar i de vattenförande gångarna har genomförts med rött ljus för att ytterligare undvika att störa djuren.

Nästan samtliga av de noterade djuren är vanliga utanför grottmiljön, men grottornas fauna är trots detta unik för Sverige. Större delen av faunan har adapterat sig till den subterrana omgivningen och en del arter har t.o.m. utbildat troglobiontiska karaktärer. Vi kan dock inte räkna med att finna någon äkta grottart i Sverige, främst beroende på de glaciala periodernas inverkan. Lummelundasystemets fauna kan således inte jämföras med de kontinentala grottornas fauna då den är mycket ung, men erbjuder i stället intressanta forskningsobjekt inom grottfysiologi och grottmigration.

Lummelundagrotterna kan grovklassificeras i 6 olika ekologityper (fig 27): mynningszon (1-1), skymningszon (2-4), partiell belysningszon (6-12, turistdelen), aktiva systemet (13-24, våtzon) och fossila systemet (25-32, fuktzon).

I de yttre delarna av grotterna (1-12) förekommer främst hygrofila och sciofila organismer, en del övervintrande. Många av dessa djur besöker grotterna tillfälligt. Den största delen av faunan kommer in via utloppsgrottan, eller under högvatten via slukhål i kanalen. Under senare år har också en del insekter och spindlar kunnat komma in genom turistgången och vidare in i systemet. Vid mynningen förekommer ibland besök av djur som normalt inte söker sig till grottor: under sommaren ex. groddjur och insektsjagande småfågel, under vintern möss och t.o.m. kaniner. Enligt ortsbefolkningen har även en del fisk vandrat upp till grottmynningen (främst ål).

I det aktiva systemet är den största delen av faunan akvatisk. Tack vare de stora vattenmagasinen finns det möjligheter för en stationär fauna att producera nya generationer, och högvattenperioderna medför att organiskt material (föda) förs in i systemet via sifonerna. De terrestra djuren finns nästan uteslutande på lokaler nära vattnet eller i sprickor fyllda med fuktig lera.

Förbindelsen mellan 5:e och 6:e salen (mellan 12 och 13) fungerar som en selektiv spärr till de inre delarna av systemet. Akvatiska organismer kan obehindrat ta sig igenom om det inte råder högvatten och stark ström, medan det kan ta en mycket lång tid för terrestra djur att immigrera till de inre grotterna. Det finns också mycket få flygande

insekter i dessa delar.

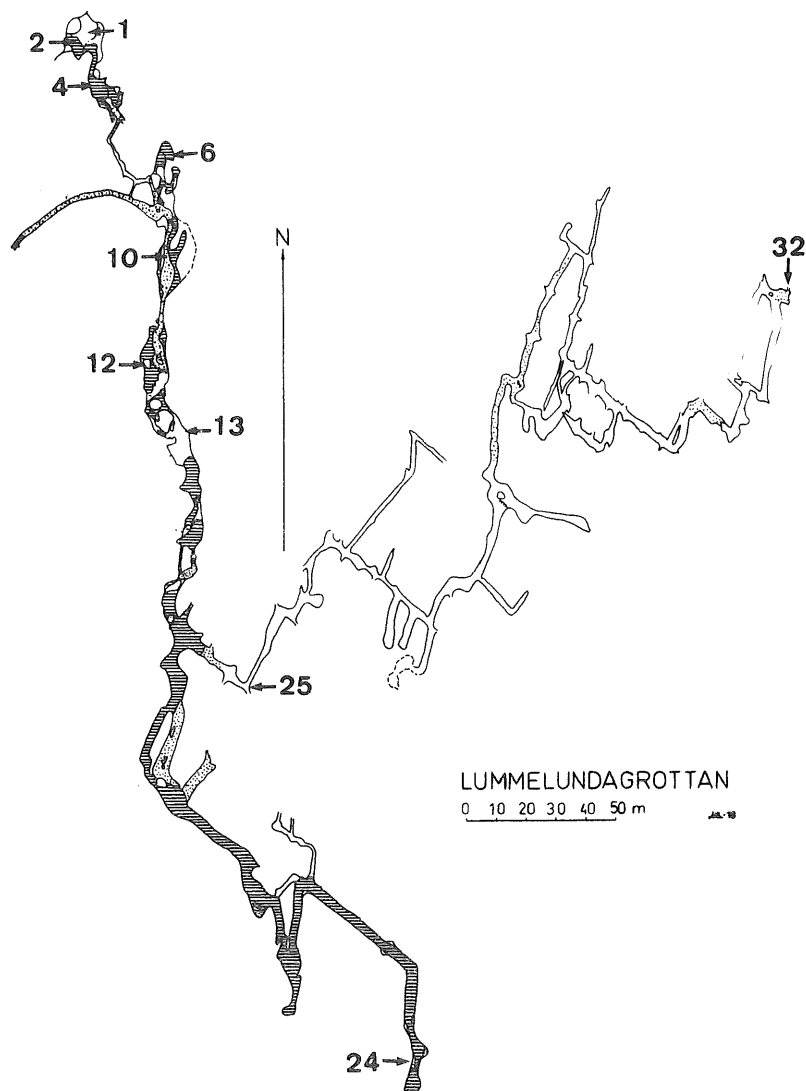


Fig 27. Karta över Lummelundagrottan där siffrorna hänvisar till placeringen av vissa i texten nämnda biologiska fångstfällor.

Fossila systemet skiljer sig helt från de övriga delarna av grottorna. Vattensamlingar finns bara i ett fåtal små pölar och i sifonen vid 32. Endast under korta perioder på hösten och våren kan vissa delar vara temporärt översvämmade. Större delen av systemet är mycket fuktigt, en del av väggarna dryper av vatten eller har vattnet bundet i de tjocka leravlagringarna. Bottenmaterialet består av lera växlande med jord, delvis täckt av flata stenblock. Skikten är lokalt mycket rika på organiskt material. I en del av dessa ler/jordsediment förekommer det stora mängder med dagmaskar.

Långt innan det förekom turism i grottorna har systemet varit utsatt för störningar. Kanalen som matar grottorna med vatten rinner genom odlingsområden och för med sig ökande mängder med gödningsmedel, och tidvis har den reglerade kanalen fört så små mängder vatten att grottornas vattennivå och luftfuktighet förändrats drastiskt.

Subterrana faunor är mycket känsliga för ändringar i klimatet. Sjunker vattennivån alltför mycket (speciellt under torra år) kan följderna bli katastrofala för hela den terrestra delen av faunan. De akvatiska organismerna har någon större möjlighet att överleva då grottorna troligen har vattenmagasin i flera etager. I förhållande till normala små bäck- och sjösystem är dock toleransvärdena mycket låga.

De störningar som man lättast lägger märke till förekommer i eller i nära anslutning till turistgrottorna. Den stationära faunan är art- och individfattig, och helt nya element har kommit in i ekologin. I anslutning till belysningen växer det lavar och mossor, ofta på stalaktiter och sinterpartier. På vissa ställen har det t.o.m. vuxit upp en tät vegetation med mossor och en liten grupp fullt utvecklade ombunkar. Ingen av dessa arter förekommer normalt i grottor, men genom bl.a. den höga luftfuktigheten och det varma ljuset under turistsäsongen överlever växterna och expanderar.

I de övriga delarna av grottorna förekommer nästan inga växter. I en del av gångarna växer det stenlav och i fossila systemet har två små funguskolonier noterats.

Djurlivet är mycket fattigt i turistgrottorna, främst beroende på ljus-exponeringen. De flesta terrestra djuren finns nära turisttunneln. Dessa djur reagerar inte nämnvärt på ljus, många av dem har troligen kommit in i systemet helt nyligen. Egendomligt nog tycks inte fladdermuskolonierna störas av turistströmmen. Även om inget ljus når dem (svagt ljus råder vid mynningarna till sovsprickorna) så sprids andra störningskällor (buller). Två små kolonier har noterats, en bakom station 6 och en bakom station 10.

Om grottornas biologi ska kunna säkras måste en del rutiner utföras. Vattenkvaliteten bör regelbundet kontrolleras och vissa minimivärden för vattenståndet måste beräknas. I turistdelen utgör belysningen det största potentiella hotet mot faunan. Belysningen medför också att en viss vegetation överlever. Speciellt algerna är farliga då de angriper den grund som de växer på (frätskador på sinter etc.). Därför bör all vegetation avlägsnas och områdena nära belysningen regelbundet kontrolleras.

En möjlighet att minska växternas förmåga att överleva är att ersätta det vita ljuset med grönt eller rött ljus. Belysningen bör också vara tänd endast när turistgrupperna befinner sig i grottorna.

LUMMELUNDAGROTTAN I FRAMTIDEN

=====

Hela den föreliggande undersökningen initierades av att AB Lummelundagrottorna önskade utvidga grottans visningsdel. En förberedande undersökning visade att en viss försiktig utbyggnad kunde ske utan att de vetenskapliga intressena i grottan åsidosattes. Då det även i framtiden kan tänkas uppstå konfrontationer mellan turismen och forskningen vad det gäller utnyttjandet av grottan behandlas dessa två intressesfärer nedan.

Turismen

Sedan grottan på allvar öppnats för turismen 1960 har antalet besökare ökat till 90 000 år 1977 enligt fig 18 a. Men som fig. 18 b visar har ökningen varit minimal under de senaste 4 åren. Detta beror som tidigare nämnts dels på ett mättat intresse hos publiken (många av gotlands-turisterna har redan sett grottan) och dels på att grottan i sitt utförande fram till 1978 inte kunnat ta emot ett större antal besökare. Efter utbyggnaden 1978 kommer sannolikt åtskilliga av de tidigare besökarna tillbaka för att se de nya delarna av grottan varför man kan räkna med en ökad besöksfrekvens. Denna ökning kommer inte att vålla några problem efter utbyggnaden då besöksströmmen nu enkelriktats. Om besöksfrekvensen i framtiden skulle minska, vilket är troligt, kommer ägarna att vilja utvidga visningsdelen ytterligare för att locka tillbaka tidigare besökare varvid en förnyad avvägning mellan vetenskapliga och allmänna turistintressen kommer att ske. För att så långt som möjligt uppskjuta denna avvägning och för att inte spärra de inre delarna av grottan för en intresserad allmänhet kan en speciell form av turism redan nu tillåtas ske där. Systemet har utvecklats i Mammoth Cave National Park i USA (världens största grotta) och det innebär i princip att besökarna anpassar sig till grottan istället för tvärtom. Besöksgrupperna som utrustas med hjälm etc. kommer av naturliga skäl att bli små, och få per dag, varför allvarliga störningar kan undvikas. Detta systemet skall emellertid om det kommer till stånd utvecklas i samarbete med karstforskare eller Sveriges Speleolog-Förbund (för att minimera störningar), berörda markägare samt godkännas av naturvårdsenheten vid länsstyrelsen i Visby.

Forskningen

Under det sista årtiondet har man inom den naturvetenskapliga forskningen alltmer fått upp ögonen för grottor och deras innehåll. Många grottor har visat sig vara veritabla skattkammare då man där funnit väl bevarade bevis för såväl geologiska, biologiska, hydrologiska och klimatologiska utvecklingsfaser. Speciellt i nyligen nedisade områden, som Skandinavien, där inlandsisen avlägsnat de flesta spår från landytan kan man i stället förvänta sig intressanta fynd i äldre karstgrottor.

När föreliggande undersökning inleddes fanns vissa förhoppningar att Lummelundagrottan skulle visa sig värdefull i något av ovanstående avseenden. Dessa förväntningar uppfylldes till fullo vilket kommer att diskuteras i en kommande publikation om Lummelundagrottan av författaren (1979). På detta stadium kan sägas att grottan förefaller kunna ge svar på vissa frågor angående det tidigare klimatet (paleoklimatet) och på glaciations och deglaciationsförloppet samt eventuellt kunna bidra till ytterligare kännedom om Östersjöns utvecklingsstadier. Detta är dock för närvarande delvis författarens spekulationer, och det krävs omfattande vidare undersökningar för att utröna om några intressanta slutsatser verkligen kan dras, men blotta misstanken gör grottan till ett objekt av synnerligen stort vetenskapligt intresse. För att inte de bevis som under årtusenden bevarats intakta i den skyddade grottmiljön skall gå till spillo har vissa åtgärder föreslagits i sista kapitlet under rubriken särskilda föreskrifter.

Yttre förhållanden

I diskussionen om Lummelundagrottan får man inte glömma bort att denna är en komplex bildning som berör stora arealer av markytan. Av de redan karterade gångarna vet vi att grottan rent fysiskt berör följande fyra markägare: G. & V. Bergström, J. Klafver, M.A.E. Lindelöf och Lummelunds Bruk AB. Genom spår försök vet vi att också K.G. Källgren har en del av grottan under sin mark. Då grottsystemet har sin översta kända del vid sluken i kanalen betyder detta att ytterligare markägare med stor sannolikhet är direkt berörda av grottan.

Då det tilltänkta reservatet ev. enbart kommer att omfatta det område, som omfattas av detaljkartan redogöres här för yttre förhållande utanför detta område, som kan tänkas påverka grottan och dess miljö:

Problemet med sluken som förefaller att täppas till har redan behandlats. Om det inom några år visar sig att en tilltäppning verkligen håller på att ske, bör åtgärder vidtagas för att tillförsäkra grottan vatten.

Vattentäkt i stor skala bör ej tillåtas i området mellan översta sluket och grottmynningen. Privata vattentäkter till enskilda gårdar utgör däremot ingen fara.

Vid en eventuell borrhning efter petroleumprodukter, skall borrhningen avbrytas och borrhålet flyttas om hålrum påträffas 0-30 m under markytan då föroreningsrisken för karstvattnakvifären är stor.

Vid eventuella sprängningar i området skall laddningarna anpassas till det faktum att det kan finnas känsliga hålrum 15-20 m under markytan. Speciellt de största och mest värdefulla droppstensbildningarna är känsliga för vibrationer.

NATURRESERVATET LUMMELUNDS BRUK

Allmän målsättning

Få människor tänker på att de flesta landskapsbildande processerna är kontinuerliga. Hos gemene man är nog oftast uppfattningen den att inlandsisen gjorde det och det och därför ser det ut som det gör idag. Att landskapet sedan dess genomgått en viss förändring och kommer att förändras i framtiden är det få som skänker en tanke.

Få landskapstyper är så lämpade som karstlandskapen om man vill studera olika stadier i utvecklingen. Vissa karstområden på Öland och Gotland är av sådan karaktär att de utgör skolboksexempel på hur karstlandskap av en viss typ bör se ut i ett visst skede av landskapsutvecklingen. Detta har tidigare inte varit känt eller i vart fall inte behandlats därefter.

Karstområdet vid Lummelunds bruk skiljer sig väsentligt från andra kända karstområden i Sverige. Det är främst de mångfaldiga dolinerna av en speciell typ som gör området unikt. Att det därtill finns ett stort antal andra karstföreteelser och den unika Lummelundagrottan gör att området måste betraktas som ett geovetenskapligt objekt med synnerligen högt skyddsvärde.

Utöver det vetenskapliga värdet av att bevara de såväl ovan- som underjordiska karstfenomenen intakta finns det ett stort värde hos hela området sett ur pedagogisk och turistisk synpunkt. Med en viss information kan besökare få en god uppfattning om hur ett karstlandskap skapas och växer fram. Det går till och med att beskriva hur detta landskap skulle kunna se ut i framtiden.

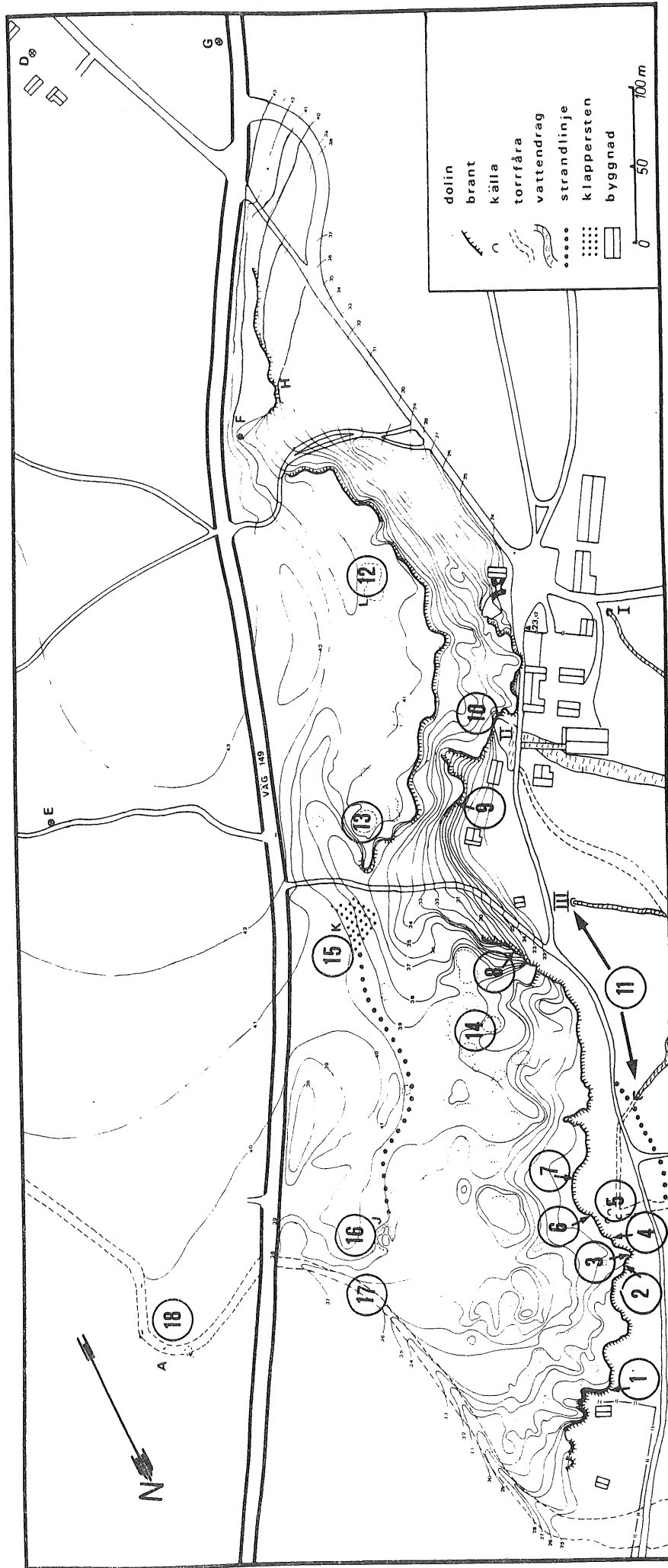


Fig. 28. Detaljkarta över karstområdet vid Lummelunds bruk. 1 - 18 markerar geovetenskapliga objekt som kan vara av intresse för turism och undervisning.

Man skulle alltså i detta reservat kunna förmedla två huvudteman, dels vad ett karstlandskap är för något, vilka formelement som kan ingå och hur de bildas (speciellt karstgrottornas roll kan förväntas vara av ett stort intresse), dels att landskap är stadda i ständig utveckling och man kan använda just detta karstlandskap för att illustrera en utveckling som gäller för ca 11% av jordens landyta.

Besökare i det tilltänkta reservatet bör alltså ges möjlighet att studera de i karstlandskapet ingående formelementen samt på lämpligt sätt informeras om dessa och om landskapet som helhet.

Objekt av intresse för turism och undervisning

Av samtliga förekommande geovetenskapliga objekt i området har de nedan uppräknade valts ut då de antingen är typiska eller mera spektakulära än andra liknande. Siffrorna hänvisar till objektens läge i fig. 28.

1. En låg några m djup strandgrotta.
2. Strandgrotta som nästan helt fyllts igen i mynningen av från klinten nedrasat material, endast en springa i taket visar att det finns en grotta bakom talusmassorna.
3. En isolerad förekomst av lagrad kristallin kalksten som har veckats (troligen av omgivande biohermer). De undre lagren är varvade med margskikt vilka är vattenförande. Dessa skikt vittrar snabbt bort (främst frostsprängning) vilket medför att kalklagren förlorar sitt stöd och så småningom faller ut, därav den nisch som för närvarande finns på stället.
4. Största strandgrottan i området. Grottan är mycket labil i sina inre delar då det tränger ut vatten genom kalkstenen i den bakre väggen. Vintertid fryser vattnet och större bitar av kalken lossnar från väggen och taket.
5. Källa nr V. Här tränger ett flertal källflöden upp ur marken när vattnet i kanalen når fram till sluken vid 18 (fig. 28). Sommartid bör dessa källor alltid vara torrlagda.
6. En större nisch som troligtvis inte är någon strandbildning utan har bildats genom de tidigare omnämnda supralitorala vittringsprocesserna. Vid markytan finns däremot en mindre strandgrotta.
7. Ett komplex av flera strandbildningar med bl.a. en av talus helt igenfylld strandgrotta. I klippväggen finns en snedställd spricka ur vilken det tränger fram fukt. Detta har medfört en accelererad vittring och sprickan har kraftigt vidgats och fördjupats.

8. En större strandgrotta belägen en bit upp i själva klintbranten. Även denna grotta vidgas inåt främst o.g.a. frostvittring.
9. Grotta utbildad i en vertikal spricka. Grottan kan ev. ha varit en strandbildning från början men uppvisar idag enbart spår av de andra vittringsprocesserna.
10. Lummelundagrottans naturliga mynning. Själva mynningsgrottan är troligen omformad av litorinahavets vågor.
11. Två karstkällor som bör vara vattenförande året om.
12. En stor grund dubbeldolin. Den är belägen rakt över raspåret mellan Sal 5 och Sal 6 i grottan och kan tänkas ha ett visst samband med detta.
13. Ett skolexempel på en lösningsdolin.
14. Förutom dolinen vid 13 är de flesta spektakulära lösningsdolinerna belägna kring 14.
15. Fossilt klapperstensfält med tre klart urskiljbara strandvallar, troligen från Ancylushavet.
16. Djup och tydlig dubbel alluvialdolin utbildad i klappersten.
17. Lummelundaströmmens torrfåra.
18. Det sista slukhålsområdet i kanalen. Här finns sluk både mitt i kanalen och längs sidorna, men upprensning bör göras efter var vårflod då sluken täpps till och döljes av växtdelar.

Objekt av vetenskapligt intresse

Kortfattat kan sägas att hela det område som är påtänkt för reservatsbildning (väster om landsvägen i fig. 28) samt slukhålen, är av så stort vetenskapligt intresse att det inte går att särskilja enskilda objekt.

När det gäller grottsystem i området är förhållandet det samma även om vissa prioriteringar kan göras. Sediment, kalcitutfällningar och fauna är de ömtåligaste och samtidigt rent vetenskapligt de mest intressanta företeelserna i grottsystemet.

Mark och vegetationsvård

Då det här är själva landskapet och de däri ingående formelementen som är av intresse bör inga åtgärder företas som kan skada marken i det område som ligger väster om landsvägen i fig. 28.

Vad det gäller området öster om landsvägen och fram till slukhålen i kanalen har särskilda föreskrifter föreslagits i kap. Lummelundagrottan i framtiden: yttre förhållanden.

Vegetationen i den norra delen av området är för närvarande idealisk för att framhäva karstformerna i terrängen. Det är önskvärt att marken här i framtiden hålls fri från sly och högre undervegetation. Klapperstensfältet i samma område bör rensas från allt som kan bidra till att fältet växer igen. I den södra delen av området förekommer en tät snårig undervegetation som hindrar framkomsten. Då merparten av de bäst utbildade dolinerna finns i norra området finns det emellertid ingen större anledning att avlägsna denna undervegetation, eventuellt kan man röja längs de stigar som redan finns. Om en naturstig läggs nedanför klinten i avsikt att visa några av bildningarna i klinten bör en viss röjning av vegetationen kring objektet ske.

Särskilda föreskrifter beträffande Lummelundagrottan

Även om inte slukhålerna i kanalen inte omfattas av det tilltänkta reservatet bör dessa i någon mån beaktas då det är av yttersta vikt att vatten kontinuerligt tillföres grottsystemet.

Allmänheten bör inte ges tillträde till Lummelundagrottan utan guide. Guiderna i grottan bör ha tillgång till sådan guideinstruktion att de till publiken kan föredra korrekta faktakunskaper om själva grottan samt om grottans roll i karstlandskapet.

Det Aktiva Systemet, d.v.s. den vattenförande delen av grottan, kan i framtiden tänkas bli föremål för en speciell form av turism även innanför Sal 6. Detta beskrivs närmre i kap. Lummelundagrottan i framtiden: turismen.

Det Fossila Systemet däremot (efter punkt 11 i fig. 17) får under inga omständigheter beträddas i annat syfte än forskning. Denna del av grottan är mycket farlig p.g.a. rasrisk, vattenlås och orienterings-svårigheter samt innehåller ömtåliga formationer av stort vetenskapligt värde. Endast medlemmar i Sveriges Speleolog-Förbund och seriösa forskare bör beredas tillträde till denna del av grottan efter godkännande från Sveriges Speleolog-Förbunds styrelse eller en särskild kommitté utsedd av denna.

Om det främdeles skulle visa sig att tillträdesförbudet ej har respekterats bör mynningen till Fossila Systemet förses med lås och nyckel vilken förvaltas av länsstyrelsen och SSF.

Fortsatt utforskning av grottans okända delar bör uppmuntras men skall ske i samarbete med och godkännas av SSF enligt ovanstående.

I den del av grottan som visas för turister bör växter på kalcitutfällningar (ett resultat av belysningen) i görligaste mån avlägsnas efter varje turistsäsong. Renhållningen i denna del av grottan bör skötas minutiöst då tillskott av främmande näringsämnen kan rubba grottans naturliga biologi.

SAMMANFATTNING

Ett område på ca 1 km², beläget vid Lummelunds bruk på Gotland, har undersökts med avseende på dess geovetenskapliga uppbyggnad. Området har befunnits vara starkt präglad av karstprocesser och kan till vissa delar sägas vara starkt karstifierat, om än i ett tidigt utvecklingskede.

Av hela det undersökta området framstår speciellt tre partier som speciellt intressanta ur geovetenskaplig synpunkt, området väster om landsvägen i fig. 2, den sträckan av kanalen där slukhål förekommer samt Lummelundagrottans underjordiska system.

Karstformer

Karstdepressioner förekommer rikligt längs klinten i det intensivundersökta området väster om landsvägen. Samtliga 53 depressioner utgöres av lösningsdolinier. Ev. kan någon vara resultat av kollaps i ett underliggande grottsystem. Några bevis härför föreligger emellertid ej. Dolinerna är utbildade i revkalksten utan jordtäckte, sex st. har dock bildats under klappersten. Öster om landsvägen har inga karstdepressioner påträffats.

I kanalen har 33 st. slukhål konstaterats och nedanför klinten fem st. källor. I området finns tre st. torrfåror, samt en känd karstgrotta. Indicier tyder på förekomsten av ytterligare en utlösninggrotta. Inga karrenformer har påträffats. Två "fönster", som står i förbindelse med ett underliggande grottsystem har konstaterats.

Strandbildningar

Strandlinjer, som troligtvis härrör från Ancylussjön och Litorinahavet har påträffats på 40,0 respektive 25,5 m.ö.h. Ancylusgränsen utgöres delvis av ett välbevarat klauperstensfält med strandvallar. I klinten, som löper genom hela det undersökta området finns 26 st. grottor, nischer och strandhak, som härrör från vågabration,

Hydrologi

Lummelundaströmmen, som genom sprängda kanaler dränerar det forna Martebomyrkomplexet, rinner under större delen av året under jord på en sträcka av 1150 m, fågelvägen, och tappar därvid 17,0 meter i höjd. Dräneringsområdet är 68 km² och medelvattenföringen 400 l/s.

I botten på huvudavrinningskanalen har 33 st slukhål karterats in. De är vad det gäller antal och kapacitet koncentrerade till tre områden varav de två övre står i förbindelse med Lummelundagrottan.

Efter Martebo myrs dikningsföretags sista fördjupning av kanalen har slukhålens kapacitet minskats väsentligt. Avrinningen är numera så effektiv att högvattenlinjen i kanalen ligger 2 m under den tidigare högvattenlinjen vilket gör att slukens självrensning förmåga väsentligt nedsatts. Avrinningens effektivitet motiverar inte heller längre markägarna att rensa upp slukhålen. Från en dokumenterad kapacitet på 5,5 m³/s år 1948 var slukens kapacitet i november 1977 blott 1,4 m³/s. Flera tidigare kartlagda sluk har ej kunnat återfinnas och tilltäppningen av slukhål har dokumenterats. Dräneringen regleras sommartid med en damlucka i kanalen vilket tillsammans med den snabba och effektiva avrinningen gör att vattenföringen i Lummelundaströmmen numera är ytterst oregelbunden. Vid torra somrar är risken överhängande att karstvattnenytan sjunker så mycket att Lummelundagrottan torrlägges. Detta höll på att inträffa 1976. Det 3:e slukhålsområdet nedströms i kanalen visade sig stå i förbindelse med en källa nedanför klinten på ett avstånd av 310 m och en höjdskillnad av 18 m. Vattenföring på 330 l/s tyder på att vattnet rinner fram i karstkanaler, d.v.s. i ett grottsystem.

Lummelundagrottan

Lummelundagrottan har utforskats och karterats i samarbete med Sveriges Speleolog-Förbund. Totalt har ca 1800 m grottgångar karterats men det är ingen tvekan om att ytterligare gångar kommer att upptäckas framöver. Större delen av Lummelundaströmmens underjordiska lopp är ännu utforskat. Grottan kan grovt uppdelas i en torr del och en vattenförande del där Lummelundaströmmen rinner fram. De yttre partierna av det vattenförande systemet är öppna för turistvisningar och grottan visades 1977 för 90 000 personer.

De kända delarna av Lummelundagrottan är i det närmaste horisontellt utbildade kring en nivå på ca 23 m.ö.h., en nivå som författaren förmodar har ett samband med en tidigare grundvattenyta. Utöver den rika förekomsten av olika slags kalcitutfällningar (droppstenar o.dyl.) finns i grottan höggradigt intressanta sediment. Dessa två typer av avlagringar kan få stor betydelse vid geologiska tidskorrelationer. Kalcitutfällningarna är för övrigt de förnämsta i landet såväl kvalitativt som kvantitativt. Klimatet i grottan har funnits vara i det närmsta konstant under sommarhalvåret med en medeltemperatur på 7°C och en relativ luftfuktighet på 96-100%. Vissa smärre störningar har konstaterats som en följd av turistvisningen.

En biologisk inventering gav vid handen att det finns minst 83 olika djurarter i grottan. Växter förekom framförallt i anslutning till belysningsanordningar i grottans turistdel. Det konstaterades också att turistvisningar i grottan har en klart påvisbar negativ effekt på grottbiologin.

Vissa delar av Lummelundagrottan föreslås bli helt spärrade för allmänheten medan andra delar kan upplåtas för olika former av turism. Samtidigt är det av stor vikt att utforskningen och kartläggningen av grottans okända delar fortsätter.

LITTERATURRefererad litteratur

- Andersson N. & Gusting M. 1962. Hydrogeologiska undersökningar av Lummelundaströmmen. - Stencil, Chalmers tekn. Högskola, Göteborg.
- Barber, H. 1931. Traps for cave-inhabiting Insects. - J. Elisha Mitchell Sci. Soc. Vol. 46, no. 2.
- Bukovinsky V. 1966. Contribution to the problems of the origin of currents of air in caves. - Proc. of Speleol. Ras. part II. Brno. 247-255.
- Bögli A. 1971. Corrosion by mixing of Karst Waters. - Trans. Cave Res. Group of G.B. 109-115.
- Chappuis, P. 1949. Les Asellides U Europe et pays Limitrophes. Arch. Zool. Expér. Génér. N/R LXXXVI.
- Ford D.C. 1971. Geologic structure and a new explanation of limestone cavern genesis. - Trans. of the Cave Res. Group of G.B. 13:2.81-95.
- Gislén T. & Brink P. 1948. Subterrana vatten på Gotland med speciell hänsyn till Lummelundaströmmen. Del I. Historik och morfologi. - Lunds Universitets Årsskrift N.F. avd. II Bd 44. Nr 4.
- 1950. Subterranean waters on Gotland with special regards to the Lummelunda current. Del II. - Lunds Universitets Årsskrift N.F. Avd. 2. Bd 46. Nr 6.
- Guyer, G - Hutson, R. 1955. A comparison of sampling techniques utilised in a ecol. study of aquatic Insects. - J. Econ. Ent. 48.
- Habe F. 1974. Verzeichnis der Schauhöhlen der Welt. - Stencil. Union Internationale de spéléologie.
- Helldén U. 1974. Karst. En studie av Artfjällets karstområde samt jämförande korrosionsanalyser från Västspetsbergen och Tjeckoslovakien. - Medd. fr. Lunds Universitets Geogr. inst. Avh. LXXII.
- Hinricsson H. 1955. Om halten av bakterier och vattnets karaktär i den nyupptäckta delen av Lummelundagrottan. - Geolog. För. Förh. B. 77 h.4. pp 289.
- Jackson, G - Taylor, L. 1950. The comparison of suction trap, sticky trap and towntet for the quantitative sampling of small airborne Insects. - Ann. Appl. Biol. 37.
- Jakucs L. 1977. Morphogenetics of karst regions. - Akadémia Kiadó, Budapest.
- Jasinski H. 1978. Korrosionsberäkningar från två karstområden, Miesken i Tärnafjällen och Lummelunda på Gotland. - Seminarieuppsats, Naturgeogr. Inst. Lund.

- Jennings J.N. 1971. Karst. An introduction to systematic geomorphology. - Vol. 7 The M.I.T. Press.
- Knutsson G. 1974. Tracing water flow in organic soils and in some karstareas of Sweden. - Nordisk Hydrolog Konferens. Copenhagen. 488-507.
- Laufeld S. 1974. Reference localities for paleontology and geology in the silurian of Gotland. - SGU ser. C:705.
- Linné C. 1745. Öländska och Gothländska resa 1741. - Stockholm.
- Lundevall C-F. 1964. Karstmorfologiska undersökningar i Lummelundaområdet, Gotlands län. - Seminarieuppsats, Naturgeografiska inst. Uppsala.
- 1965. Karst phenomena in the Lummelunda area of Gotland. - Geogr. Ann. 47 A:1.45-60.
- Lundqvist G., Hede J. & Sundius N. 1940. Beskrivning till kartbladen Visby och Lummelunda. - SGU ser. Aa 183.
- Manten A. 1971. Silurian reefs of Gotland. - Dev. in Sedimentology no. 13.
- Moore G.W. & Nicholas G. 1964. Speleology-the study of caves. - Boston.
- Munthe H. 1920. Strandgrottor och närstående geologiska fenomen i Sverige. - Kungl. Jordbruksde. III. Stockholm.
- Munthe H., Hede E. & Post L. 1925. Gotlands geologi. SGU ser. C:331.
- Nilsson L. 1968. Karstfenomen på Ölands Stora Alvar. - Opubl. Lic. Avh. Naturgeogr. Inst. Lund.
- Odell B. 1978. Preliminär undersökning av Lummelundagrottornas fauna, del 1. - Grottan 13:1.6-18.
- Olsson G. & Lundevall C-F. 1966. A newly discovered cave system at Lummelunda, Gotland. - Geogr. Ann. 48 A:1. 51-54.
- Picknett R. G & Stenner R.D. 1978. Enhanced calcite solubility in dilute magnesium carbonate solutions. - Trans. British Cave Res. Ass. 5 (1). 47-54.
- Regnell H. & Hede E. 1960. The silurian of Gotland. - Int. Geolog. Congr. Norden 1960. Stockholm.
- Rousset A. 1967. Quelques aspects du climat de la grotte de Moulis. - Ann. de Spéléol. 22:2.
- Rudberg S. 1967. The cliff coast of Gotland and the rate of cliff retreat. - Geogr, Ann. 49 A. 283-289.
- Schultz E. 1952. Kluterhöhle und Astma. - Medic. Klinik nr 40. 1310-1311.

- Sepp W. & Luther U. 1961. Karstfenomen på Gotland. - Seminarieuppsats, Naturgeogr. inst. Göteborg.
- Statens Naturvårdsverk 1969 Gotlands vattenförsörjning. - Stockholm.
- Sweeting M.M. 1972. Karst landforms. - London.
- Tell L. 1955 Underjordens vackra värld.- Stockholm.
- 1961. Erosionsförloppet med särskild hänsyn till Lurmelundagrottorna. - Arkiv för svensk grottforskning. Nr 1. Norrköping.
- 1967. Den medicinska vetenskapen går under jord. - Grottan 2:2. 1-8.
- 1977. Lurmelundagrottorna. - 5:e uppl. Centromerice, Norrköping.
- Akerman J. 1972. Speleoklimatologiska undersökningar i några sydsvenska grottor. - Lunds Univ. Naturgeogr. Inst. Rapporter och Notiser 10.
- Ångström A. 1974. Sveriges klimat. - Kartografiska institutet, Stockholm.
- Aström L-E. 1975. Lurmelundagrottorna, TV-undersökning av en brunn. Grottan 10 (2). 27-39

Övrig litteratur med anknytning till lurmelundas karstområde

- Balázs D. 1962. Skandinavia Karszt-barlagjai. - Karszt és Barlang II. Budapest.
- 1962. Skandinavia Karsztvidekei.- Bull. Hungarian. Geogr. Soc. Nr XII (4).
- Chabot C. 1943. La naissance d'un Karst: l'île de Gotland. - Ann. de Géogr. L. II, nr 289. 98-104.
- Corbel J. 1952. Les phénomènes karstiques en Suède. - Geogr. Ann. 34 A 203-237
- 1957. Les Karsts du nord-ouest de l'Europe. - Revue de Géographie. Lyon.
- Gvozdetsky N.A. 1961. Nekotorienabljudenia nad karstom Gotlanda. - Moskva univ. Ser. V. Geogr. nr 1.
- Knutsson G. 1964. Cr⁵¹ - EDTA och andra spårämnen för mätning av grundvattenströmning. - Grundförbättringar. 2. Uppsala.
- 1971. Studies of ground-water flow in various aquifers using tracers. - Stencil, Vägforskn. Inst. Stockholm.
- Ksandr J. 1960-61. Jeskyne Lurmelunda na Gotlandu. -

- Ceskosl.kras.13.Prag.
- Lenander B. 1978. Med radiopejl i Lummelundaterrängen.-
Grottan 13:1.34-35.
- Lindén A. 1975. Slingrams jakt efter Lummelundagrottan.-
Grottan 10:3.28-31.
- 1978. Kartering av Lummelundagrottan. Gångsystemets
form och riktning.- Grottan 13:1.19-25.
- Lindén A.H. & Odell B. 1978. Översikt över Lummelundagrottornas geologi.
Grottan 13:1.
- Nilsson L. 1957. Lummelundagrottan. - STF årsbok. Stockholm
- Odell B. 1978 a. Gångsystemets riktning och form. -
Grottan 13:1.
- Tell L. 1956. Grottorna i Lummelunda. - Sveriges Natur,
årsbok. Uddevalla.
- 1958. Lummelunda, un endroit karstique encore
actif dans les cheux silurxiennes de l'île de
Gotland. - Publ. II. Congr. Int. Speleol. Bari
- 1961. Grottorna i Lummelunda, en orientering. -
Geolog. För Förh. 83:1.
- Åström L-E. 1976. Rygggradslöst i Lummelunda. - Grottan 11 (3).
20-21.