

# Mineraliseringar av Långbantyp i Bergslagen, Sverige: karaktär, bildningsbetingelser och besläktade förekomster

Erik Jonsson

Långban (59.86°N, 14.27°E) i östra Värmland är en av Sveriges och till och med världens mest kända mineralförekomster. Denna lilla gruv- och hyttort i den västligaste delen av malmprovinen Bergslagen i mellersta Sverige, är nämligen en av de mest mineralogiskt diversifierade enskilda lokalerna på jorden. Mer än 270 olika mineral är kända härifrån och av dessa har över 60 upptäckts här.

Långban sammanfattas vanligen tillsammans med några andra sedan länge nedlagda gruvor i Bergslagen under benämningen förekomster av Långbantyp; den amerikanske mineralogen Paul Moore skrev 1970 att "*...Långban is only one of several central Swedish locations which bear the mark of mineral assemblages formed under "peculiar" conditions... Since Långban is the most studied of the deposits, I shall refer to them collectively as Långban-type ore deposits*". Begreppet som sådant – malmer av Långbantyp - hade ursprungligen myntats av Nils H. Magnusson (1925) i anslutning till hans första systematiska undersökningar av berggrund och malmer i denna del av Bergslagen.

Vad är då en förekomst av Långbantyp? Det finns sannolikt flera olika åsikter om detta, men alla kan nog samsas kring en definition som inbegriper åtminstone följande fyra generella parametrar: 1) förekomsterna byggs upp av Mn- och Fe-oxidmalmer, vilka är samexisterande, men väl åtskilda, både fysiskt och kemiskt. 2) Värdbergarten för oxidmalmen är karbonatsten (marmor), mestadels dominerad av dolomit. 3) Malmer och sidobergarter innehåller accessoriska mineral rika på Pb, Ba, As, Sb, Be m. fl. "ovanliga" element. 4) Förekomsterna är påverkade av flera geologiska händelser, vilka uppvisar kontrasterande mineralbildande episoder.

Långban har således givit mineraliseringstypen dess namn då det är den största och mest välundersökta av förekomsterna. Därutöver ingår förekomster i Nordmarks odalfält, Jakobsbergsgruvorna, Harstigen-Pajsberg, samt Sjögruvan i begreppet. Utöver dessa välkända och sedan många år klassiska lokaler finns ett litet antal mineraliseringar vilka också kan anses tillhöra Långbantypen, samt ett större antal, vilka på något plan uppvisar släktskap, exempelvis i form av vissa mineral eller mineralassociationer. Av naturliga skäl kommer denna artikel främst att inrikta sig på just Långban, och främst relatera kort till övriga besläktade förekomster, efter en översiktlig inledning om den regionalgeologiska och metallogenetiska bakgrunden. Långbangruvorna, och i synnerhet deras mineral, beskrivs mycket utförligt i den monografi som gavs ut av Raster förlag och Naturhistoriska riksmuseet för ganska precis tio år sedan (Holtstam & Langhof 1999). Moderna data om bildningsmässiga förhållanden för mineraliseringarna i Långban finns främst i Jonsson (2004).

## Bergslagen

Den sydliga del av den svekofenniska delprovinen (av den svekokarelska provinsen) som man kallar för Bergslagen är välkänd för sin mångfald av mineraliseringar. Framför allt är området bekant för ett antal olika typer av, och lokaler för, järnoxidmalmer samt sulfidmalmer. De mellansvenska stråken med övervägande vulkaniskt bildade ytbergarter, inlagringar av karbonatstenar, och till dessa bergarter associerade malmer av olika slag är grunden till den malmprovin som benämns Bergslagen (figur 1). Observera alltså att den

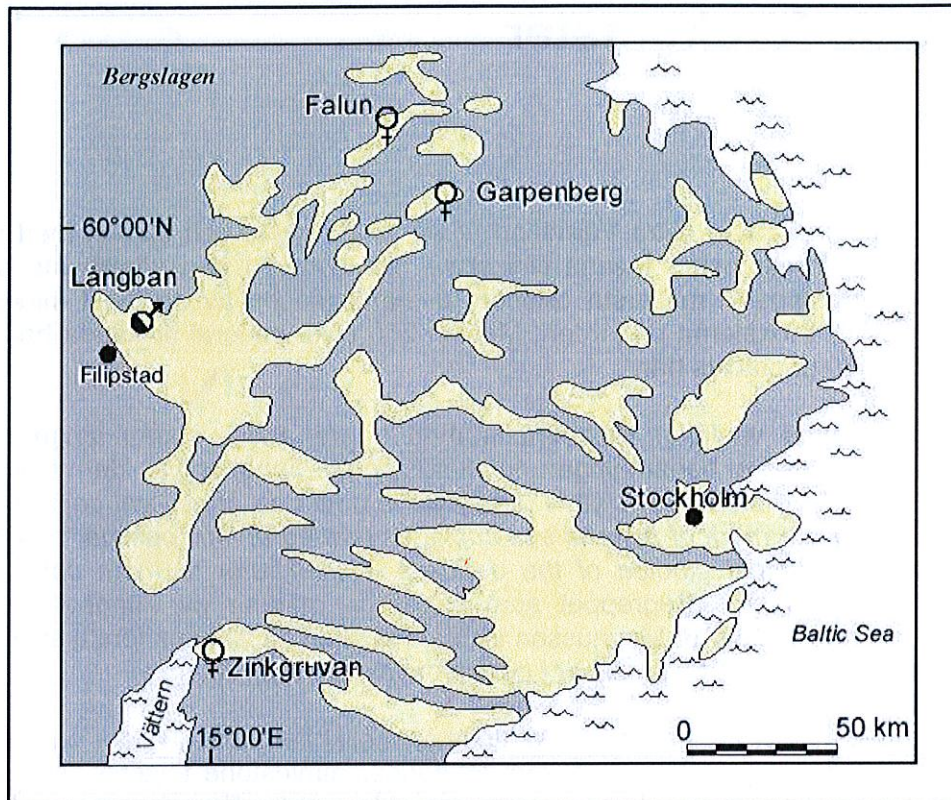


Fig. 1. Översiktlig bild av den geologiska Bergslagsprovinsen. Gulffärgade områden visar utbredningen av omkring 2,0-1,87 miljarder år gamla (Svekofenniska) ytbergarter, den huvudsakliga malmförande sekvensen i Bergslagen, södra Mellansverige.

geologiska termen "Bergslagen" skiljer sig ganska mycket från den geografiska termen! Så tillhör till exempel Utö i Stockholms södra skärgård, Dannemora i Uppland, Falun i Dalarna, Långban i västra Värmland och Zinkgruvan-Åmmeberg i Östergötland geologiskt sett allihop Bergslagen.

Bergslagen karakteriseras geologiskt av mer eller mindre sammanhängande stråk av omkring 1,90-1,87 Ga (miljarder år) gamla metamorfoserade ytbergarter. Av dessa dominerar metavulkaniter, metasediment och karbonatstenar. De metavulkaniska bergarterna består framförallt av sura, vanligen ryolitiska (till ryodacitiska) sammansättningar; mera intermediära sammansättningar är ovanliga, och basiska vulkaniska bergarter förekommer endast lokalt. Karbonatstenar (metamorfa; kalcit- och dolomitmarmor) är ganska vanliga, både som inlagringar och större kroppar i anslutning till de metavulkaniska bergarterna. Ofta uppvisar karbonatstenarna mer eller mindre omfattande skarnbildning (metamorfa och metasomatiska Ca-Al-Fe-Mg-(Mn)-silikater). Bergslagens vulkaniter avsattes huvudsakligen på grunt vatten i en bakom-öbåg miljö ("back-arc basin") dominerad av ryolitiska pyroklastiska kalderaformationer och mindre mängder subvulkaniska intrusiv och kryptodomer (Allen et al. 1996). Alla svekofenniska ytbergarter har påverkats av den svekokarelska regionalmetamorfosen (ca. 1,85-1,82 Ga). En del har även drabbats av kontaktmetamorfa omvandlingar genom sin närhet till olika intrusiv. Den förra processen har lett till en genomgående, mer eller mindre omfattande omvandling och rekristallisation av ytbergarterna, och äldre termer som "leptit" och "hälleflinta" refererar just till mer

(grovkornigare) respektive mindre (finkornigare) omkristalliserade felsiska metavulkaniter i Bergslagsprovinsen. De lågmetamorfa ytbergarterna, inklusive metavulkaniterna, innehåller ställvis primära texturer, vilka däremot till största delen är utplånade i de högmetomorfa delarna. De mest kraftfullt metamorft påverkade felsiska metavulkaniterna brukade förr klassificeras som "leptitgnejser".

#### *Vulkanism och malmbildning*

I det omfattande paketet av ursprungligen vulkaniska material påträffas merparten av Bergslagens malmer, inte sällan specifikt i de Na- respektive K-anrikade metavulkaniterna (s.k. natron- respektive kalileptiter och motsvarande -hälleflintor). Sannolikt har dessa uppkommit genom metasomatos (kemisk omvandling) orsakad av hydrotermala lösningar vilka cirkulerat genom de fortfarande delvis lösa och okonsoliderade vulkaniska avsättningarna, drivna av magmatisk (vulkanisk) värme. Huvudsakligen intar de natronrika metavulkaniterna lägre stratigrafiska nivåer än de kalirika, vilket antas bero på att förhållandevis högre temperaturer krävs för de förras bildning. I många fall är dock relationerna mer komplexa än så. Huvuddelen av malmerna i Bergslagen bildades genom vulkanisk-exhalativa processer, alltså i direkt anslutning till den vulkaniska aktivitet som gav upphov till vad som sedermera skulle bli de metavulkaniska bergarterna (ursprungligen mer eller mindre omlagrade askmaterial och mindre mängder lavar). Enligt moderna tolkningar (se t.ex. Allen et al. 1996) representerar Bergslagens vulkanogena malmer både submarina hydrotermala utfällningar (jämför med bland annat Kuroko-typens malmer i Japan) och olika typer av likaledes hydrotermala bildningar under den dåvarande havsbotten. Sålunda har några av Bergslagens viktigaste sulfidmalmer tolkats som bildade av sådana processer. Både rena sulfidmalmer liksom olika typer av järn- och manganoxidmalmer är sannolikt alltså bildade av processer relaterade till hydrotermal cirkulation av havsvatten i ett system med aktiv vulkanism i grundhavsmiljö för omkring 1,89-1,87 miljarder år sedan. I området Långban – Persberg – Nordmark kan både sidobergartsomvandling och mineralisering relateras till vad som tolkas vara ett större vulkaniskt-subvulkaniskt komplex, idag representerat av det s.k. Horrsjökomplexets bergarter (Jonsson 2004; Högdahl & Jonsson 2004).

#### *Regionalmetamorfos, graniter och skarnbildning*

Regionalmetamorfos i anslutning till den svekokarelska orogenesen har förstått omvandlat malmerna liksom deras värdbergarter. De regionalmetomorfa förhållandena i Långbanområdet bör ha motsvarat amfibolitfacies, med temperaturer omkring 550-600°C vid tryck på omkring 3-4 kilobar (Magnusson 1930; Björk 1986; Grew et al. 1994). Detta ledde förstått till att alla äldre bergarter omkristalliserades och många primära strukturer och texturer suddades ut, men också till lokalt omfattande nybildning av mineral.

En hel del av de i Bergslagen förekommande skarnen är reaktionsprodukter (s.k. reaktionsskarn) bildade under regionalmetamorfosen, då silikater reagerat med närvarande karbonater då de legat i närheten av varandra. Distinkt silikatbandade karbonatstenar tolkas enligt denna modell som regionalmetomorfa produkter av vad som varit kalkstenar med inlagringar av vulkaniskt eller sedimentärt/klastiskt silikatdominerat material. En stor del av de skarn som specifikt uppträder tillsammans med Bergslagens järnoxidmalmer är just sådana reaktionsskarn. Termen "skarn" föddes som vetenskapligt begrepp i Bergslagen, närmare bestämt i Persbergfälten öster om Filipstad (se "originalbeskrivningen" av Törnebohm 1875). Andra skarntyper, som i fallet med flera W-Mo-mineraliseringar, är granitrelaterade metasomatiska bildningar (kontaktskarn, eller metasomatiska infiltrationsskarn). Där har intruderande graniter levererat lösningar rika på kisel och i flera fall malmmetaller, som trängt ut i och reagerat med karbonatsten och bildat ofta karakteristiskt grovkristallina (exo-) skarn.

#### *Bergslagens oxidmalmer*

Järnmalmerna i Bergslagen kan indelas i tre huvudtyper: 1) kvartsbandade järnmalmer (s.k. BIF-malmer, *Banded Iron Formation*), där det huvudsakliga malmmineralet är hematit, med

varierande mängd av magnetit; 2) skarnjärnmalm, dominerade av magnetit; 3) apatitjärnmalm, med magnetit och delvis hematit. De sistnämnda utgör en egen, väsensskild grupp, genetiskt besläktade med Kirunatypens malmer i norra Sverige. De förekommer bara i ett stråk, mellan Grängesberg och Idkerberget i centrala Bergslagen. Av typ 2, dvs. skarnjärnmalm föreligger dels manganfattiga (<1% Mn), dels manganrika dito (ca. 1-8% Mn). I de manganrika malmerna förekommer Mn främst bundet i olika skarnmineral (silikater) som spessartinrik granat, amfibol, pyroxen och olivin (manganfayalit, knebelit) och ibland rodonit. De manganrika järnmalmerna är ofta associerade med karbonatstenar, och vanligtvis då i anslutning till de stratigrafiskt högt liggande kalirika nivåerna av de metavulkaniska bergarterna ("leptit-hälleflinta-formationen"). Malmer av denna typ förekommer bland annat i den relativt nyligen nedlagda Dannemoragruvan i Uppland, ett flertal gruvor i Hofors-Torsåkers malmtrakt i Gästrikland samt i Gåsbornsfältet nordost om Långban. En mera udda typ av mangansilikatiska "malmer" är de s.k. eulysiterna, vilka i princip är rena mangan-(järn)silikatbergarter av omdiskuterat ursprung. Däremot skiljer just Långbantypens malmer ut sig från de övriga. I dessa förekommer väl separerade lager eller kroppar av manganoxider och -oxidsilikat respektive järnoxider, som regel med ovanligt höga koncentrationer av i sammanhanget mera udda element som arsenik, barium, beryllium och antimon, vilka ofta bildat en mängd exotiska mineral.

### Förekomster av Långbantyp

I begreppet "Långbantyp" brukar man normalt alltså inbegripa ytterligare några andra mineraliseringar i den västra delen av Bergslagen (figur 2); de lokaliserade Mn-oxidkropparna i karbonatstenen i Nordmarks odalfält (Östra Mossgruvan, Brattforsgruvan och Kitteln), Jakobsbergsgruvorna strax sydväst om Nordmark, Harstigen, öster om Persbergfältet (alla dessa i Värmland), samt Sjögruvan, sydost om Grythyttan (i Örebro län). Utöver dem kan man helt eller delvis lägga till stora Pajsbergsgruvan (i Pajsbergfältet, där Harstigen ingår), den lilla manganmineraliseringen i karbonatstenskroppen vid Lahäll, nordväst om Långban (Jonsson 2000) samt i någon mån manganoxidmalmen i Gustavsgruvorna, direkt norr om Långbangruvorna (Däcker et al. 2004; Magnusson 1930).

### Långban

Långbangruvorna har en lång och rik historia. Den mineralogiska variationsrikedomen avspeglar sig kanske i någon utsträckning också i Långbans varierande roller som gruva: man startade ursprungligen med att bryta järn under medeltiden; under sent 1800-tal blev gruvbrytningen fokuserad på manganmalm, och från slutet av 1950-talet fram till stängningen 1972 bröts gruvan uteslutande på dolomit.

Orsaken till mineralrikedomen i Långbangruvorna ligger i en lång och komplex historia av olika geologiska processer under mycket varierande tryck- och temperaturförhållanden, samt en stor katjondiversitet (framför allt genom kombinationen Mn, As, Sb, Pb, Ba, Be...), låg kiselmättnad och varierande oxidationsgrad och pH (Moore 1970; Jonsson et al. 2004; Jonsson 2004). Långban är mineralogiskt unikt i flera hänseenden. På få platser på jorden har ett så stort antal olika mineral hittats: i Långban är omkring 270 olika species påvisade. Dessutom är många av dessa sådana som har sin typlokal i Långban, knappt 70 stycken. Av de mineralen är flera aldrig hittade på någon ytterligare lokal, utan är även fortsättningsvis unika för Långban. Karakteristiska mineral som fått sina namn av förekomsten och dess omgivning (i bitvis mycket vid bemärkelse!) är långbanit  $[(\text{Mn},\text{Ca})_4(\text{Mn},\text{Fe})_9\text{SbSi}_2\text{O}_{24}]$ , filipstadit  $[(\text{Mn},\text{Mg})_4\text{SbFeO}_8]$ , wermlandit  $[(\text{Ca},\text{Mg})\text{Mg}_7(\text{Al},\text{Fe})_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_{18}\cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ , bergslagit  $[\text{CaBe}(\text{AsO}_4)(\text{OH})]$  och sverigeit  $[\text{NaMnMgSnBe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})]$ .

Som nämndes ovan är mineralbildningen i Långban alltså fördelad över en rad av geologiska händelser under ett större tidsintervall. Detta föranledde bland annat redan Magnussons (1930) paragenetiskt baserade indelning av mineralbildningen i fyra skilda perioder,

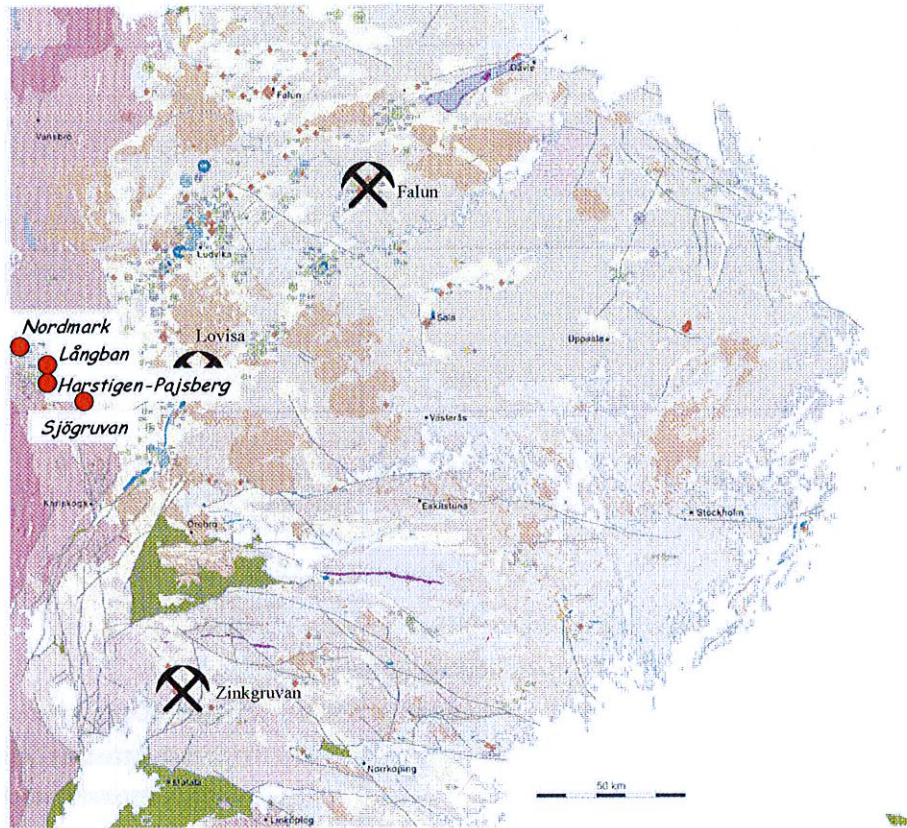


Fig.2. Geologisk karta över huvuddelen av Bergslagen, med förekomsterna av Långbantyp utmärkta i västkanten. Ljusbula färgtoner visar felsiska metavulkaniska enheter, ljusblå färg visar ungefär likåldriga eller äldre metasedimentära bergarter, ljusbrun färg visar äldre intrusiv, främst granitoider, röda och orange färgtoner i västra kanten av kartan visar de yngre granitiska intrusiven tillhörande det Transskandinaviska magmatiska bältet (TIB). Större gruvtecken (korslagda hammare) visar de f.n. aktiva gruvorna/gruvområdena (Garpenberg, Lovisa, Zinkgruvan). Utsnitt från Stephens et al. 2007. © Sveriges geologiska undersökning.

benämnda A-D (figur 3). Period A inbegriper de "primära" mineralen, inklusive den första fasen av skarnbildning; period B metamorf och metasomatisk mineralbildning under den svekokarelska orogenesens höjdpunkt (dvs. maximala tryck- och temperaturförhållanden); period C slir- och hålrumutfyllnader under lägre temperatur, sannolikt inbegripande en mera modest temperaturförhöjning, vilken kan relateras till TIB-intrusiven omkring 1,78 Ga. B/C-perioderna (endast i mycket liten utsträckning D) karakteriseras bland annat av förekomsten av små men markanta mängder av mineral innehållande "granitiska" element som B, Be, Bi, F, Mo, Sn och W, vilket dock sannolikt representerar mobiliserade spårkomponenter ur de ursprungligen vulkanisk-hydrotermala oxidmalmen. Så är wolfram, till exempel, främst knutet till scheelit, vilken övervägande uppträder som disseminerade korn i hematitmalmen. Slutligen period D motsvarar verklig lågtemperaturbildning av distinkta sprickmineral. Merparten av de för Långban unika faserna tillhör perioderna C-D. D-perioden innefattar de så kallade sprickmineralen, alltså sådana som kristalliserat under geologiskt sett mycket låga tryck och temperaturer i spröda, vanligen helt eller delvis öppna spricksystem, under ett sent skede i förekomstens utveckling. Långbanmineralen beskrivs enskilt ganska detaljerat i Nysten et al. (1999).

PERIOD: (after Magnusson 1930)	A	B	C	D
AGE:	≈ 1.89 Ga	≈ 1.85 - 1.80 Ga	≈ 1.82 - 1.78 Ga	≤ 1.0 Ga, + younger?
EVENT:	Felsic arc volcanism; protore formation, sub-seafloor alteration	Regional metamorphism (Sveco Karelian)	Retrogression; late to post orogenic intrusives	Brittle tectonic deformation; slight crustal heating
TEMPERATURE:	≈ 350°C?	500°-600°C	≈ 300°C	180°C to room temperature
MINERALOGY: Characteristic mineral groups (Långban deposit):	Mn/Fe oxyhydroxides, diagenetic and hydro- thermal alteration	Major skarn formation, metasomatic alteration ("sköl" formation) Schlieren and vein formation. Remobilization of sulfides	Vein formation; last stage of skarn formation? Retrograde assemblages	Fissure mineralization
Fe/Mn oxides	●	●	●	●
Sulfides	●	●	● ?	●
Pb silicates		●	●	●
Arsenates		●	●	●
Pb oxychlorides			●	●
Native elements				●

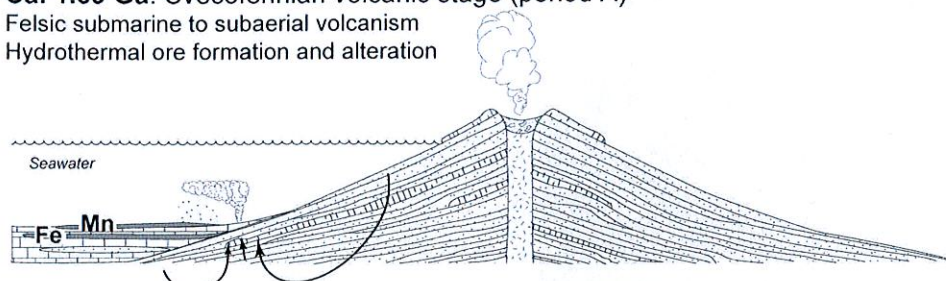
Fig. 3. Översiktlig paragenetisk sekvens över Långbanmineraliseringen, med huvudsakliga mineralgrupper och geologiska händelser. Modifierad och omtolkad efter Magnussons (1930) periodindelning av Långbansmineralen. Från Jonsson (2004).

Av de tidiga mineralen, eller rättare sagt, deras metamorfa ekvivalenter, är de huvudsakliga malmmineralen, dvs. olika järn- och manganoxider och oxid-silikatet braunit, bland de viktigare. Järnmalmerna domineras av hematit, men innehåller också magnetit. Manganalmerna domineras av hausmannit och braunit, med mindre mängder jakobsit. Till samma bildningshistoria och period hör också karbonaterna de sitter i och tillsammans med. Systematiska undersökningar av kol- och syreisotopsystematiken i karbonaterna (Jonsson & Boyce 1999, 2002a, b; Jonsson 2004), tillsammans med blyisotopdata (Jonsson & Billström 2003; Jonsson 2004), visar ganska entydigt att oxidmalmerna och associerade mineral representerar metamorfoserade mineralassociationer, vilka ursprungligen bildats av vulkanisk-hydrotermala processer, sannolikt som utfällningar på den dåvarande havsbotten; den hydrotermala fluiden var sannolikt upphettat havsvatten som lakat metallkomponenterna ur de då tämligen okonsoliderade vulkaniska avlagringarna (figur 4; Jonsson 2004).

Skarnmineralkroppar, bildade under svekokarelsk regionalmetamorfos och/eller i samband med tidig felsisk magmatism omsluter järn- och manganoxidmalmerna, vilka delvis omvandlats i fr.a. magnetit respektive hausmannit. Att förhållandevis höga temperaturer rått under en tidig period av metamorf påverkan av Långbanmalmerna och dess värdbergarter antyder inte minst förekomsten av manganosit [MnO] och periklas [MgO] som dissociationsprodukter i karbonatstenarna. Skarnen tillhör de vanligaste av Långbans huvudassociationer, och är järn- eller mangandominerade (beroende på vilken malmtyp de

### Ca. 1.89 Ga: Svecofennian volcanic stage (period A)

Felsic submarine to subaerial volcanism  
Hydrothermal ore formation and alteration



Precipitation of Fe and Mn protores as separate beds, sulphides, carbonates  
Active fluid: Seawater modified through interaction with mainly unconsolidated felsic volcanic material

Fig. 4. Förenklad tolkning av scenariot för den ursprungliga malm- och mineralbildningen i Långbanområdet. Skalan kraftigt överförstorad i höjddet. Från Jonsson (2004).

är associerade med) och grovkristallina material. Här är amfiboler, pyroxener, granatmineral samt hematit vanliga. I de mangandominerade skarnen förekommer specifika manganrika typer av ovanstående silikatmineralgrupper, liksom en del speciella mineral som bland andra det rosaröda mangansilikatet rodonit och manganolivinen tefroit  $[\text{Mn}_2\text{SiO}_4]$ . Sliror och ådror av kalcit tillhörande B/C-perioderna för bland annat sporadiskt rikligt med typiskt vattenfria eller -fattiga arsenater (till exempel hedyfan  $[\text{Pb}_3\text{Ca}_2(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}]$ , berzeliit  $[(\text{Ca},\text{Na})_3(\text{Mg},\text{Mn})_2(\text{AsO}_4)_3]$ , karyinit  $[\text{Na}(\text{Ca},\text{Pb})(\text{Ca},\text{Mn})(\text{Mn},\text{Mg})_2(\text{AsO}_4)_3]$  och svabit  $[\text{Ca}_5(\text{AsO}_4)_3\text{F}]$ ). I anslutning till dessa finns också karbonatsliror med lokalt höga koncentrationer av berylliumförande mineral (t.ex. swedenborgit  $[\text{NaBe}_4\text{SbO}_7]$ , bromellit  $[\text{BeO}]$ ). I mindre mängder kan olika bly-, antimon- och arsenikförande mineral förekomma i dessa associationer (t.ex. långbanit). Blysilikaterna (exempelvis kentrolit  $[\text{Pb}_2\text{Mn}_2\text{Si}_2\text{O}_9]$ , melanotekit  $[\text{Pb}_2\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_9]$ , nasonit  $[\text{Pb}_6\text{Ca}_4\text{Si}_6\text{O}_{21}\text{Cl}_2]$ ), ännu en karakteristisk mineralgrupp för Långban, sträcker sig paragenetiskt sett över (B)/C/D-perioderna. I de sena sprickor (D-perioden) som distinkt övertvårar bandning och foliation i de olika närvarande bergartstyperna förekommer tillsammans med kalcit och baryt en stor mängd sällsynta mineral, så som hydrerade manganarsenater, bly-oxyklorider, gedigna element (Ag, As, Bi, Cu, Pb, Sb), arseniter med flera mineralgrupper (figur 5, 6, 7). Substraten till dessa sprickmineraliseringar uppvisar en ganska stor spridning (se t.ex. Jonsson 2003), men med en tonvikt på mer eller mindre manganoxid- eller silikatimpregnerade karbonatstenar samt massiv hematitmalm. Vätskeinneslutningsstudier visar att sprickmineralen bildats vid temperaturer från omkring  $200^\circ\text{C}$  ned till betydligt under  $70^\circ\text{C}$  (Jonsson & Broman 2002).

#### Sulfider i Långban

Inom oxidmalmerna förekommer dock ofta mindre mängder sulfider, bland annat pyrit, kopparkis, kopparglans, bornit, zinkblände och blyglans har påträffats i små mängder. Lokalt kunde dock större ansamlingar förekomma, som i fallet med den ca. 1 ton tunga kopparglanskörtel som påträffades under brytningen av magnetitmalmen i arbetsrummet Norrbotten (Magnusson 1930). Sulfiderna uppträder typiskt i texturellt uppenbart sena eller epigenetiska positioner, något som föranledde teorier om en bildning i form av en "sulfidinvasion" (se t.ex. Magnusson 1930; Boström et al. 1979). Baserat på texturella studier och systematiska undersökningar av stabila och radiogena isotoper (Jonsson & Boyce 2002b,c; Jonsson 2004) framstår det som mest sannolikt att sulfiderna i Långban representerar ursprungliga komponenter i det vulkaniskt-hydrotermalt bildade materialet, vilka remobiliserats under senare geologiska händelser, sannolikt främst i anslutning till höjdpunkten av regionalmetamorfosen. Liknande relationer förekommer i flera sulfidominerade mineraliserade system i området, exempelvis Lahäll (Bergkvist & Jonsson 2004) och Hällefors (Wagner et al. 2005).

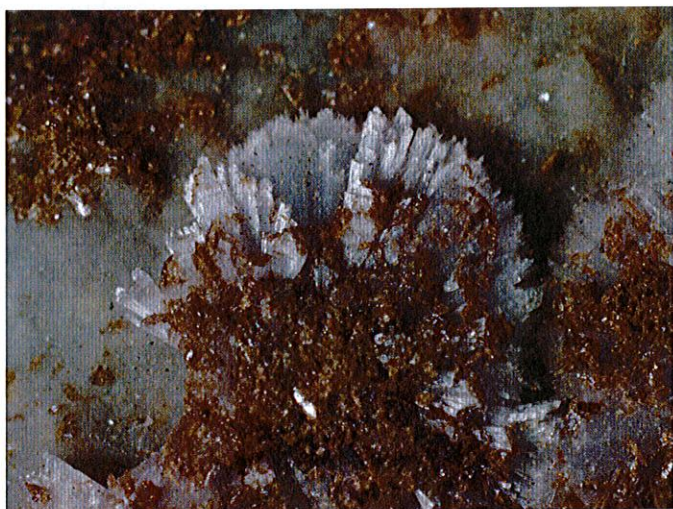


Fig. 5. Vita, prismatiska kristaller av hörnesit/manganhörnesit intimt förekommande tillsammans med rödbrun allaktit, en karakteristisk, sen sprickmineralassociation från Långban. Hörnesitaggregatet är omkring 2 mm. Samling och foto: E. Jonsson.

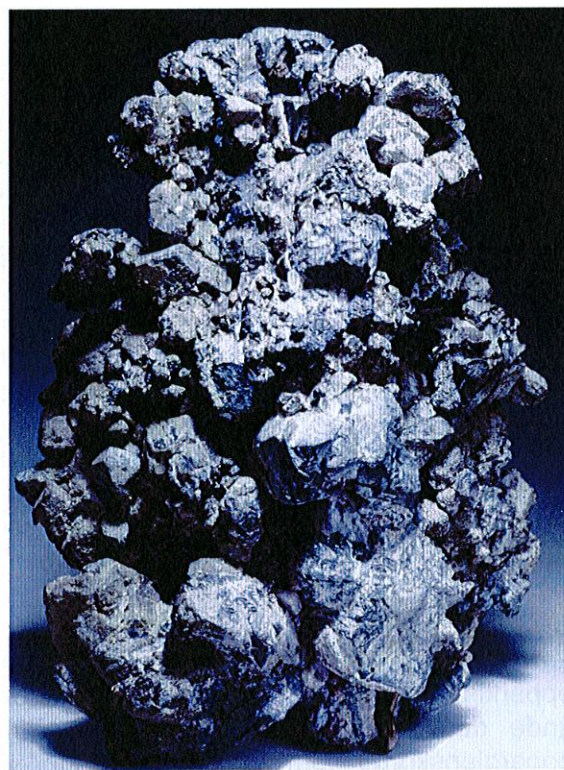
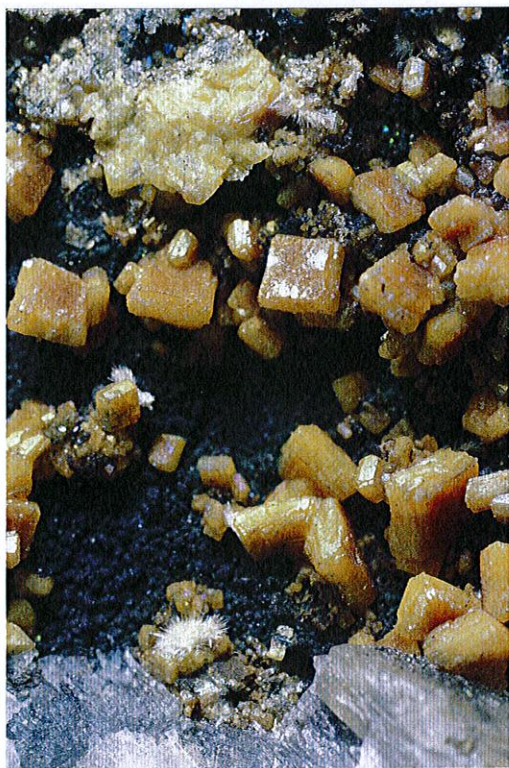


Fig. 6 (venstre). Vålutvecklade gula nadoritkristaller upp till ca. 1,5 mm. Pb-oxykloriden nadorit är ett typiskt mineral i flera av Långbans sena sprickmineralassociationer. Naturhistoriska riksmuseets samlingar. Foto: E. Jonsson.

Fig. 7. Grovt kristallaggregat av gediget bly, Långban. Stuffen är ca. 15 cm, med individuella blykristaller upp till 2 cm i storlek. Naturhistoriska riksmuseets samlingar. Foto: E. Jonsson.



### *Graniter och mineralbildningen i Långban*

Långbanområdet innehåller flera typer av granitiska kroppar, vilka intruderat betydligt efter bildningen av ytbergarterna (Björk 1986; Högdahl et al. 2007). Flera studenter av Långbans geologi och mineralogi har framfört det som sannolikt att de "granitiska" element (se ovan) som uppträder i karakteristiska associationer inom främst B-C-perioderna har sitt ursprung i granitderiverade fluider som överpräglade malmerna och deras sidoberg (exempelvis Moore 1970; Magnusson 1970). Isotopgeokemiska analyser, framför allt av blysystemet, emotsäger detta. Likaledes tydligt är det att vissa andra mineraliseringar i området, särskilt sådana som i princip ligger i kontakt med de yngre TIB-graniterna (Lahäll, Myssberget) uppvisar isotopkaraktistik inom såväl Pb, C som O-systemen, vilken är typisk för sådana granitiska system. Preferensen för specifika malmtyper hos vissa av de s.k. granitiska elementen antyder också primära, vulkanisk-hydrotermala kopplingar. Goda exempel på detta finnes mellan t.ex. Be och W och de massiva hematitmalmerna. Det är alltså högst sannolikt att den dominerande andelen av sådana element i Långban representerar omkristaliserade-remobiliserade komponenter ur den ursprungliga protomalmen.

### *Nordmark*

Gruvorna i Nordmarks odalfält har till sin huvuddel brutits på magnetitdominerade skarnjärnmalm. Nordmarksfältet ligger precis på gränsen mellan de svekofenniska ytbergarterna och yngre, granitodominerade intrusiv tillhörande det Transskandinaviska magmatiska bältet (TIB; se figur 2)). Det är sålunda sannolikt att mineraliseringarna i en markant utsträckning påverkats av de yngre intrusiven. Totalt sett skall enligt Tegengren (1924) 680 ton manganmalm ha brutits inom Nordmarksfältet, en liten mängd, särskilt om man sätter den i relation till järnmalmsbrytningen; Carlborg (1929) uppskattade den ditillsvarande brytningen i odalfältet till att ha omfattat omkring 1,6 miljoner ton järnmalm. Lokalt stötte man under brytningen av denna på koncentrationer av Mn-oxidmalm i karbonatsten. I Östra Mossgruvan påträffades exempelvis en hausmannitdominerad malmkropp på 46-metersnivån 1876, vilken bröts fram till och med 1888 (Tegengren 1924). Redan på ett tidigt stadium uppmärksammades att "mangankalken" i Mossgruvan innehöll mineral typiska för Långban, som manganosit och pyrokroit (Sjögren 1877). Under denna brytningsperiod gjordes sedermera också ett antal viktiga mineralogiska upptäckter, till exempel originalfyndet av det hydroxylförande manganarsenat som skulle komma att beskrivas under namnet allaktit (Sjögren 1884). Associationen mangan – arsenik finns alltså även här, men till skillnad från Långban m. fl. förekommer så uppträder inga blymineral i anslutning till dessa associationer. Antimonmineral förekommer lokalt, främst i mangankalken i Kittel- och Brattforsgruvorna, exempelvis i form av mineral som manganostibit, katoptrit och filipstadit. Boratmineral uppträder liksom i Långban spridda i karbonatsten (ludwigit m.fl.), men också intimt tillsammans med manganoxider (blatterit). Kilotunga block med extremt rika borataggregat har påträffats, och det är osäkert i vilken utsträckning detta kan vara resultat av reaktioner mellan inträngande fluider från yngre graniter och de befintliga, äldre bergarterna.

### *Jakobsberg*

De små jakobsbergsgruvorna ligger strax sydväst om Nordmarks odalfält. De är i likhet med övriga Långbantypmineraliseringar upptagna på separerade mangan- och järnoxider, med associerade skarn. Under perioderna 1891, 1898, samt 1917-1918 skall gruvorna ha brutits på en total mängd om 380 ton manganmalm (Tegengren 1924). Mineraliseringen erinrar i sin elementuppsättning och mineralogi mycket om Långban, om än i mycket mindre skala. En stor skillnad mot Långban är att öppna druser och sprickor är mycket ovanliga i denna lokal. Blysilikater var ställvis rikligt förekommande, och mest känd av dessa är kanske margarosaniten, vilken förr ofta kunde påträffas som tunna sprickfyllnader med distinkt blåtonad fluorescens. Det annars ganska ovanliga mineralet ganomalit förekom lokalt ymnigt, och det kan fortfarande observeras som rika, korniga massor här. En intressant association som påträffades i varpmaterial för något tiotal år sedan innehöll en association kännetecknad av "panterfläckar" av blysilikatet melanotekit i en spessartinförande, glimmerrik grundmassa

(väl manganförande flogopit), med ådror av bariumfältspater. I de senare simmade lokalt sub- till euhedraala melanotekitkristaller med senare bildade "hancockit" (sedermera omdefinierad som Pb-haltig epidot). Speciellt för Jakobsberg är rikedomen på koppar i den hausmannitdominerade manganmalmen. Kopparn förekommer främst i gedigen form, mestadels som små körtlar, korn och trådar, men också som större bleck och plåtar. Inte sällan uppträder olika oxidationsprodukter tillsammans med elementet, exempelvis malakit-azurit samt kuprit. I sådana associationer påträffades också karaktärsmineral för fyndigheten som plumboferrit och den betydligt senare beskrivna lindqvistiten. Berylliummineralet trimerit uppträder här som, i sällsynta fall, glasiga rosaröda körtlar och kristaller till upp emot två centimeter.

#### *Harstigen och övriga Pajsbergsfältet*

Harstigen är en av gruvorna i Pajsbergsfältet, ett mindre gruvfält främst upptaget på järnoxider som ligger på en udde i den nordöstra delen av sjön Yngen. Liksom övriga förekomster ligger Harstigen och övriga gruvhål i Pajsbergsfältet i en dolomitisk marmor, vilken ansetts ligga i motsvarande stratigrafiska nivå som den i Långban. Gruvan upptogs på två parallella "malmränder", en hematitdominerad och en hausmannitdominerad (Tegengren 1924). Harstigen är kanske mest känd för de välutvecklade kristaller av arsenater (brandtit, sarkinit, flinkit) samt rodonit som förekom(mer) i sprickor och druser, främst i manganrikt skarn. Detta skarn återfanns huvudsakligen mellan de två oxidmalmen. Harstigen är också typokal för mineral som Ca-Mn-Be-silikatet harstigit, vilket än så länge inte påträffats på någon annan plats. Andra berylliummineral som påträffats här är fenakit, trimerit, helvin och bromellit. Liksom i Långban förekom gediget bly i Harstigengruvan, visserligen i betydligt mindre mängd, men sannolikt i form av de mest kompletta och välutvecklade kristaller som skådats. Generellt kan man konstatera att metallfloran i Harstigen är lik den i Långban, med ett flertal Pb-, As-, Be-, även om diversiteten inte är lika stor. I kanten av det skräp- och vattenfyllda gruvhålet kan än idag delar av det mineralrika skarnet observeras. Under den sista brytningsperioden 1888-1889 uttogs totalt 153 ton manganmalm ur Harstigsgruvan (Tegengren 1924), vilket gör den till den minsta av de "klassiska" Långbantypförekomsterna. De mindre gruvhålen mellan Harstigen- och Pajsbergsgruvorna är enligt uppgift och observationer upptagna på järnmalm. Pajsbergsgruvan (även kallad Stora Pajsbergsgruvan) är upptagen i slutningen alldeles invid Yngens strand. Den bröts under 1840-50-talen på järnmalm och senare också på mangan. Gruvan är intressant, då flera observationer visar att manganoxidmalmen som bröts här också innehöll mineraliserade yngre (slir- och sprickbundna) system av samma typ som övriga förekomster av Långbantyp. Nyliga varpundersökningar av bland annat Långbanssällskapet har påvisat sparsamt förekommande tunna sprickfyllnader med baryt, kalcit och arsenatmineral (euhedral mimetit-hedyfan), och bland gammalt samlingsmaterial på Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm finns flera prover med bland annat euhedraala, invuxna sarkinitkristaller vilka högst sannolikt härstammar från denna gruva. Så är detta också lokalen där den ursprungliga upptäckten gjordes av gediget bly (Igelström 1864). Under den sista brytningsperioden, 1884-1887 skall 3515 ton manganmalm, dominerad av hausmannit, ha brutits i Stora Pajsbergsgruvan (Tegengren 1924)

#### *Sjögruvan*

Sjögruvan ligger direkt invid södra stranden av sjön Halvtron, sydost om Grythyttan i Örebro län. Gruvan bröts ursprungligen på järnoxidmalm, sannolikt redan under 1600-talet. Mangan bröts här under en kortare period, 1885-1889, uppskattningsvis totalt omkring 300 ton (Sundius 1923). Den sistnämnda brytningsperioden studerades det brutna materialet noga av mineralogen Lars Johan Igelström, mannen bakom de många och något förvirrande variantnamnen på mineral från Sjögruvan (exempelvis "basiliit", "chloroarsenian", "lamprostibian", "pleonektit"), av vilka merparten visat sig vara blandningar av andra, redan kända mineral vid modernare undersökningar. Malmen dominerades av järn- och manganmalmer, förekommande sida vid sida, med associerade skarnenheter. Manganmalmen dominerades av hausmannit och braunit tillsammans med mindre mängder

av andra mineral, medan järnmalmen var hematitdominerad. En ganska nylig malmgenetisk studie av Sjögruvan (Holtstam & Mansfeld 2001) visar, baserat på petrologiska, mineralogiska, geokemiska och isotopgeokemiska data tydligt det mycket nära släktskapet till Långban. Typiskt förekommer en svit med Pb-As-Mn-Sb-förande faser, inklusive karaktärsmaterial som arseniolepit. Ett berylliumförande mineral har påvisats till dags dato i form av barylit (Holtstam & Mansfeld 2001). Sjögruvematerialet är typiskt ganska finkornigt och ofta tydligt bandat. De enskilda mineralen uppträder sällan som större körtlar eller aggregat och öppna sprickor eller druser är mycket ovanliga.

### **Andra mineraliseringar med släktskap till Långbantypens malmer**

Ett flertal förekomster i olika malm-distrikt inom Bergslagen uppvisar manganförande associationer tillsammans med (främst) järnoxidmalmer. I de flesta av dessa förekomster är Mn till absolut största delen knutet till silikatfaser, i form av skarnmineral. Goda exempel på detta finns bland annat i nordöstra Bergslagen med Hofors-Torsåkers malmtrakt eller Dannemora i Uppland. I dessa fall är mangan ofta närvarande i olivinerna (Mn-haltiga fayaliter), samt i varierande grad i andra skarnfaser, inklusive amfiboler ("dannemorit"), pyroxen och granat. På närmare håll uppträder mangansilikatiska malmer exempelvis i Gåsborn, öster om Långban.

I några fall förekommer manganoxidenheter tillsammans med –silikatiska associationer, en typ av mineralisering som ger intryck av att vara länken mellan de strikta Långbantypmalmen och de spridda, ställvis mangansilikatförande järnoxidmalmen. I några fall uppträder också ett eller flera mera udda mineral som ytterligare förstärker intrycket av släktskap med Långbanmineraliseringarna. Så till exempel påvisades det Långbantypiska blysilikatet kentrolit som mikrokristaller i bandade manganoxid och –silikatenheter i Klintgruvan vid Bäsinge i Dalarna av Geijer (1939).

I Mangruvan i Nybergsfältet, nordväst om Guldsmedshyttan uppträder bandade manganoxid-mangansilikatenheter med malmmineral som braunit och jakobsit, tillsammans med manganskarn och järnoxider (Koark 1970). Här har ett antal Långbanbesläktade faser hittats i körtlar och sliror i anslutning till manganoxidmalmen och deras skarn, specifikt bland annat antimonmineralet roméit, arsenitet svabit och an- till euhedral långbanit i förhållandevis rika och stora aggregat (Nysten & Ericsson 1994). Likheten med Långbantypförekomsterna är slående, och den vulkanogena miljön uppenbar.

En mera kontrasterande miljö där, mycket lokalt, Långbanlika mineralassociationer påvisats i ganska nylig tid är den aktiva sulfidgruvan Garpenberg Norra, i Dalarna. Här förekommer manganrika skarn i delar av gruvan, och dessa innehåller ställvis också sprickmineral inkluderande gediget bly i ganska anmärkningsvärda mängder samt manganmineral som manganosit. Zinkrikedomen visar sig genom förekomsten av flera faser som mera typiskt påträffats i Franklin-Sterling Hill i USA, nämligen willemitt (Holtstam 2002), zinkit och yeatmanit; associerad med den sistnämnda uppträder även en Zn-haltig magnussonit (Nysten 2003). En möjlig tolkning av förekomsten av dessa associationer är att de motsvarar en kraftigt metamorfoserad manganrik enhet tillhörande samma hydrotermala avsättning som Zn-Pb-Ag-malmen, men ursprungligen belägen i en avvikande (mera distal?) facies av det då aktiva systemet.

### **Slutsatser**

Alla aktuella data om Långban tyder på att denna komplexa mineralisering bildats genom en lång sekvens av olikartad geologisk påverkan av en ursprungligen vulkanisk-hydrotermal mineralisering bildad som utfällningar av Mn- och Fe-oxyhydroxider (sannolikt Ba-förande i fallet med Mn-faserna) på den dåvarande havsbotten. Regionalmetamorfos har omkristalliserat och nybildat mineral, och denna omkristallisationsprocess har sannolikt

också frigjort ett antal metaller som fanns som spårkomponenter i de ursprungliga protomalmmaterialen. Dessa frigjorda komponenter, t.ex. As, Sb, Ba, Be, bildade under den regionametamorfa fasen "egna" mineral, ofta dock rumsligt kopplade till de malmassociationer de härrör ifrån. Senare, övervägande lågtermal och sprödtekonisk påverkan förmådde att åter igen remobilisera komponenter ur existerande mineral, vilket ledde till kristallisation av lågtemperaturmineral i spricksystem.

Kännedomen och insikterna om Långban bör till stor del kunna överföras till de andra "klassiska" Långbantypförekomsterna. Detta kan sannolikt också i ganska stor utsträckning göras för att knyta ihop dessa med andra, mer eller mindre besläktade förekomster i Bergslagen. Relationerna mellan Mn- och Fe-oxider, "exotiska komponenter" (ex. Ba, As, Sb, Be, Pb) samt sulfider i de tre närliggande förekomsterna Långban, Gustavsgruvorna och Lahäll illustrerar stora skillnader i den totala metallfloran, fördelningen Mn:Fe (rika manganmalmer i Långban, mindre volymer i Gustavsgruvorna, en mindre manganmalmskörtel i Lahäll), närvaron av sprickmineral (rikliga i Långban, knappt existerande i Gustavsgruvorna), och mängden sulfider (måttlig i Långban, fattig i Gustavsgruvorn, rikligt i Lahäll). Samtidigt sitter alla tre mineraliseringarna i dolomitisk karbonatsten, kanske t.o.m. samma ursprungliga enhet, och innehåller alla samma huvudkomponenter. Det är sannolikt att den största enskilda styrande faktorn i karaktären hos den enskilda mineraliseringen är positionen (facies) i relation till det aktiva vulkanisk-hydrotermala systemet. Sannolikt kan detta tänkande också expanderas till att förklara relationerna mellan Långbantypens malmer och de andra, besläktade förekomsterna i Bergslagen – variationer i vulkanisk-hydrotermal facies, i mångt och mycket liknande det koncept som framfördes av Plimer (1978). Faktiska parametrar för dessa faciesvariationer är ett forskningsfält för framtiden.

### **Långbantypförekomsterna idag**

Alla de ovan diskuterade gruvorna är nedlagda sedan länge. Långban överlevde som underjordisk dolomitgruva in på 1970-talet, och är idag ett välbevarat musealt gruv- och hyttssamhälle. Alla lokalerna är väl värda att besöka, av något varierande anledningar. I Långban finns fortfarande stora varphögar kvar, och särskilt i de som ligger öster om stora vägen (figur 8), ned mot sjön med samma namn, kan letande och insamlande göras tämligen obehindrat (se också Jonsson 1999). Ganska stora delar av varparna väster om vägen är mer eller mindre begränsade vad gäller insamling. Specifikt är en stor andel av "huvudvarpen" invid Nya Schaktets lave inhägnad och skyddad enligt lag. För specifika forskningsprojekt kan dock dispens i vissa fall lämnas av Länsstyrelsen. För forskningen finns mycket kvar att göra, både med avseende på varpmaterial och sådant som befinner sig i olika samlingar och museer. Ett stort problem är dock bristen på befintlig mineralisering i fast klyft, specifikt i just Långban. För den med håg att studera de lokala geologiska förhållandena (felsiska metavulkaniter, karbonatstenar, metasedimentära bergarter samt olika generationer av intrusivbergarter, deformationszoner) finns lämpliga lokaler inom en radie av några kilometer runt samhället.

Harstigens lilla varphög är kraftfullt genomletad sedan många år. Spridda fynd görs dock fortfarande, men generellt krävs mycket tålamod och insats idag. Manganskarnet här är dessutom lika hårt och segt som alltid - ingen har så nedslitna geologhammare som inbitna Harstigsentusiaster... Jakobsbergsgruvornas små och skogb eklädda varpar har genomsökts ganska hårt under de sistlidna 20-talet år. Dock, för den med god syn, insikt och fantasi kan säkerligen fortsatt intressanta fynd göras här. Det var exempelvis varpfynd här för endast ett tiotal år sedan som ledde fram till beskrivningen av det nya mineralet tegengrenit (Holtstam & Larsson 2000). Nordmarksområdet är numera ganska mycket av ett friluftsmuseum, med gångstigar bland inhägnade gruvhål och bevarade gruvlavar. För den som är försiktig och eftertänksam kan dock fynd fortfarande göras i någon utsträckning. Här skulle sannolikt också en del forskningsrelaterad provtagning kunna göras av exponerade och tillgängliga



Fig. 8. Långban idag. Vy åt öster, över de omfattande varphögarna ned mot sjön med samma namn. Foto: E. Jonsson.

skarn mm. i vissa av gruvhålens väggar, vilka är ganska lättillgängliga. Inga manganmineraliseringar finns dock blottade. I fallet med Sjögruvans lilla varp, så kan man konstatera att den är ovanligt välgenomgången, till och med för sin storlek. Manganmineraliseringen här bröts under den senare delen av 1800-talet primärt av mineralogiskt intresse, och utmärkande associationer insamlades redan då. Varpen är starkt ytoxiderad och ganska finkornig. Fynd av de klassiska mineralen härifrån görs dock med jämna mellanrum, låt vara sällan i form av några särdeles spektakulära prov.

#### Referenser:

ALLEN, R. L., LUNDSTRÖM, I., RIPA, M., SIMEONOV, A., & CHRISTOFFERSON, H. (1996): Facies analysis of a 1.9 Ga, continental margin, back-arc, felsic caldera province with diverse Zn-Pb-Ag-(Cu-Au) sulfide and Fe oxide deposits, Bergslagen region, Sweden. *Economic Geology* **91**, 979-1008.

BERGKVIST, L. & JONSSON, E. (2004): The Lahäll Pb-Zn-(Ag-Fe-As-Cu-Sn) sulphide deposit, Långban, Bergslagen - a metamorphosed Svecofennian mineralisation? *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **126**, 147.

BJÖRK, L. (1986): Berggrundskartan Filipstad NV med beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Af* **147**, 110 s.

BOSTRÖM, K., RYDELL, H. & JOENSUU, O. (1979): Långban - an exhalative sedimentary deposit? *Economic Geology* **74**, 1002-1011.

CARLBORG, H. (1929): Nordmarks malmtrakt. *Historik och teknisk-ekonomisk beskrivning. Kungliga Kommerskollegium, Stockholm*. 217 s.

- DÄCKER, E., JONSSON, E. & BROMAN, C. (2004): The case of an "unexotic" Långbananalogue: fluid inclusions and mineralogy of the Gustavsgruvorna Fe-(Mn) oxide deposit, Bergslagen. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **126**, 148.
- GEIJER, P. (1939): Kentrolite in a metamorphic manganese-iron ore of sedimentary origin. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **61**, 204-208.
- GREW, E. S., YATES, M. G., BELAKOVSKIY, D. I., ROUSE, R. C., SU, S.-C. & MARQUEZ, N. (1994): Hyalotekite from reedmergnerite-bearing peralkaline pegmatite, Dara-i-Pioz, Tajikistan, and from Mn skarn, Långban, Värmland, Sweden: a new look at an old mineral. *Mineralogical Magazine* **58**, 285-297.
- HOLTSTAM, D. & LANGHOF, J. (1999): *Långban. The mines, their minerals, geology and explorers*. Raster förlag & Naturhistoriska riksmuseet. 215 s.
- HOLTSTAM, D. & LARSSON, A.-K. (2000): Tegengrenite, a new, rhombohedral spinel-related Sb mineral from the Jakobsberg Fe-Mn deposit, Värmland, Sweden. *American Mineralogist* **85**, 1315-1320.
- HOLTSTAM, D. (2002): New occurrences of willemite-franklinite assemblages in Bergslagen, central Sweden. *European Journal of Mineralogy* **14**, 621-626.
- HOLTSTAM, D. & MANSFELD, J. (2001): Origin of a carbonate-hosted Fe-Mn-(Ba-As-Pb-Sb-W) deposit of Långban-type in central Sweden. *Mineralium Deposita* **36**, 641-657.
- HÖGDAHL, K. & JONSSON, E. (2004): The Horrsjö complex in the Bergslagen ore province: a alaeoproterozoic caldera with a mineralised rim? *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **126**, 23.
- HÖGDAHL, K., JONSSON, E. & SELBEKK, R. S. (2007): Geological relations and U-Pb geochronology of Hyttsjö granites in the Långban-Nordmark area, western Bergslagen, Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **129**, 43-54.
- IGELSTRÖM, L. J. (1864): Gediget bly i Pajsbergs jern- och manganmalmlager. *Öfversigt af Kongliga Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar* **21**, 417-419.
- JONSSON, E. (1999): Collecting at Långban. I Holtstam, D. & Langhof, J. (red.): *Långban: the mines, their minerals, geology and explorers*. Raster Förlag, Stockholm, 185-188.
- JONSSON, E. & BOYCE, A. J. (1999): Correlation of mineral parageneses with S and O isotopic variation in Pb-Mn-As-Sb-bearing veins at Långban, Sweden. I Stanley, C. J. et al. (red.): *Mineral deposits: from processes to processing*. Balkema Press, Rotterdam. 951-954.
- JONSSON, E. (2000): The Lahäll Mn mineralisation - a "new" deposit of Långban-type in the Bergslagen ore province, south central Sweden. I Aune, E. (red.): *24:th Nordic Geological Winter Meeting abstract volume*, 93.
- JONSSON, E. & BOYCE, A. J. (2002a): Carbon and oxygen isotopes as indicators of hydrothermal processes in the Långban district, Bergslagen. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **124**, 234-235.
- JONSSON, E. & BOYCE, A. J. (2002b): Light stable isotopes (C, O, S) as recorders of >1 Gy of paragenetic evolution at Långban, Sweden. *IMA 18<sup>th</sup> General Meeting, Abstract Volume*, 282.

JONSSON, E. & BOYCE, A. J. (2002c): Laser microprobe sulfur isotope studies of Pb-Cu-Zn-Fe sulfides in the Långban deposit, Bergslagen, Sweden. I Jónsson, S. S. (red.) *25:th Nordic Geological Winter Meeting, Reykjavík, Abstract Volume*, 97.

JONSSON, E. & BROMAN, C. (2002): Fluid inclusions in late-stage Pb-Mn-As-Sb mineral assemblages in the Långban deposit, Bergslagen, Sweden. *Canadian Mineralogist* **40**, 47-65.

JONSSON, E. (2003): Mineralogy and parageneses of Pb oxychlorides in Långban-type deposits, Bergslagen, Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **125**, 87-98.

JONSSON, E. & BILLSTRÖM, K. (2003): Pb isotope systematics of multistage Ba-Mn-Pb-As-Sb mineralisation in the Långban deposit, Bergslagen Ore Province, Sweden. I Eliopoulos, D. et al. (red.): *Mineral exploration and sustainable development*. Millpress, Rotterdam, 127-130.

JONSSON, E. (2004): Fissure-hosted mineral formation and metallogenesis in the Långban Fe-Mn-(Ba-As-Pb-Sb...) deposit, Bergslagen, Sweden. *Meddelanden från Stockholms universitets Institution för Geologi och Geokemi* **318**, 110 s.

JONSSON, E., BILLSTRÖM, K., BOYCE, A. J. & BROMAN, C. (2004): Metallogenesis and paragenetic evolution of the Långban Fe-Mn-(Ba-As-Pb-Sb...) deposit, Bergslagen, Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **126**, 150.

KOARK, H. J. (1970): Zur Geologie des neuentdeckten Jakobsit-Braunit-Hämatit-Mangansilikat-Lagers Slöjdartorp im Nybergetfelde in Zentralschweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **92**, 388-401.

MAGNUSSON, N. H. (1925): Persbergs malmtrakt och berggrunden i de centrala delarna av Filipstads bergslag i Värmlands län. Kungliga Kommerskollegium, *Beskrivningar över mineralfyndigheter* nr. **2**, 239 s.

MAGNUSSON, N. H. (1930): Långbans malmtrakt. *Sveriges Geologiska Undersökning* **Ca 23**, 111 s.

MAGNUSSON, N.H. (1970): The origin of the iron ores in central Sweden and the history of their alterations, I-II. *Sveriges Geologiska Undersökning* **C 643**, 127 + 364 s.

MOORE, P. B. (1970): Mineralogy and chemistry of Långban-type deposits in Bergslagen, Sweden. *Mineralogical Record* **1**, 154-172.

NYSTEN, P. & ERICSSON, T. (1994): Fe-rich långbanite from the Nyberget ore-field, Sweden. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte*, **12**, 557-566.

NYSTEN, P., HOLTSTAM, D. & JONSSON, E. (1999): The Långban minerals. In Holtstam, D. & Langhof, J. (eds.): *Långban: the mines, their minerals, geology and explorers*. Raster Förlag, Stockholm, 89-183.

NYSTEN, P. (2003): Yeatmanite and magnussonite from the Garpenberg Norra mine, Bergslagen ore province, Sweden. *Canadian Mineralogist* **41**, 201-206.

SJÖGREN, A. (1877): Mineralogiska notiser III. manganosit och pyrochroit funna i Mossgrufvan å Nordmarksfältet i Vermland. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **3**, 181-183.

SJÖGREN, A. (1884): Mineralogiska notiser VII. Allaktit, ett nytt manganarseniat från Mossgrufvan å Nordmarksfältet. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* **7**, 109-111.

STEPHENS, M.B., AHL, M., BERGMAN, T., LUNDSTRÖM, I., PERSSON, L., RIPA, M & WAHLGREN, C.-H. (2007): Regional geological and geophysical maps of Bergslagen: Mineral resources map, scale 1:400 000. *Sveriges geologiska undersökning* **Ba 58**:3.

SUNDIUS, N. (1923): Grythyttfältets geologi. *Sveriges Geologiska Undersökning* **C 312**, 354 s.

TEGENGREN, F. R. (1924): Sveriges ädlare malmer och bergverk. *Sveriges Geologiska Undersökning* **Ca 17**, 406 s.

TÖRNEBOHM, A. E. (1875): Geognostisk beskrifning öfver Persbergets grufvefält. *Sveriges Geologiska Undersökning* **C 14**, 21 s.

WAGNER, T., JONSSON, E. & BOYCE, A. J. (2005): Metamorphic ore remobilisation in the Hällefors district, Bergslagen, Sweden: constraints from mineralogical and small-scale sulphur isotope studies. *Mineralium Deposita* **40**, 100-114.