

# BERGARTER

# BILDNING OCH BESTÄMNING

Åke Johansson  
Naturhistoriska riksmuseet  
Föreningen för Geologins Dag



## Innehållsförteckning

Bergarter, mineral och grundämnen .....	1
Bergarternas tre huvudgrupper .....	3
Klassificering och namngivning av bergarter.....	4
Bergartscykeln.....	5
Jordens inre och yttre kretslopp.....	6
Sedimentära bergarter.....	7
Några olika sedimentära bergarter.....	9
Magmatiska bergarter.....	11
Olika indelningssystem .....	13
Mineralogisk klassificering.....	13
Kemisk klassificering .....	14
Några olika magmatiska bergarter.....	16
Metamorfa bergarter.....	21
Metamorfa facies.....	22
Namngivning av metamorfa bergarter.....	24
Några olika metamorfa bergarter.....	25
Malmer och malmbildning .....	30
Malmer, metaller och malmmineral .....	30
Olika typer av malmbildning.....	32
Malmprospektering - att leta efter malm .....	34
Malm i Sverige .....	34

**Sten är inte bara ”gråsten” och berg är inte bara ”gråberg”. Stenar och bergarter kan ha väldigt varierande färg, struktur och utseende, och kan vara bildade på väldigt olika sätt. Men varje sten har en historia att berätta, om när, hur och kanske var bergarten den kommer ifrån bildades. Stenens berättelse är en pusselbit i den stora berättelsen om jordklotets utveckling under 4½ miljarder år.**

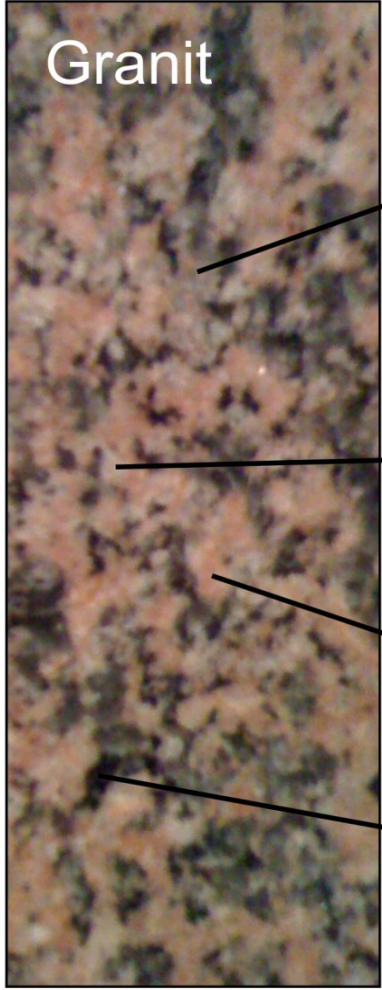
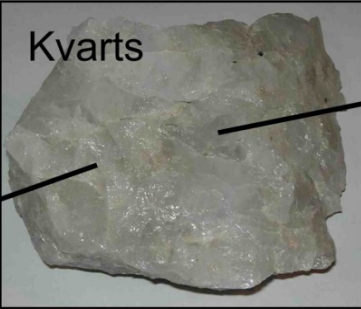

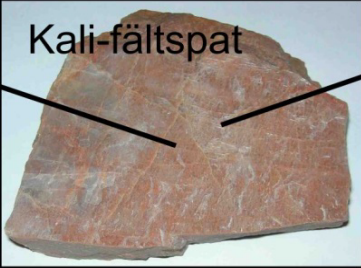

**I denna skrift vill vi ge en inblick i stenarnas fascinerande värld, förklara hur olika typer av bergarter bildas och hur man indelar och namnger dem, och med hjälp av bilder och korta beskrivningar försöka ge praktisk hjälp att identifiera de olika bergarter du stöter på. Lite bergartsbildning, kort och gott.**

## **Bergarter, mineral och grundämnen**

En bergart är en blandning av olika mineral. Mineralen är de olikfärgade kornen du ser i t.ex. en granit: ljus kvarts och fältspat, mörk biotit och kanske hornblände, ibland rödaktig kali-fältspat. Mineral i sin tur är naturligt förekommande kemiska föreningar (eller i några fall rena grundämnen) med en bestämd kemisk sammansättning och en bestämd kristallstruktur. Får en mineralkristall växa fritt inne i en spricka eller hålrum i berget får den ofta en vacker kristallform som avspeglar den inre kristallstrukturen, det sätt atomerna är ordnade på inne i mineralet. Även mineralkornen i exempelvis en granit är kristaller, men eftersom de inte kunna växa fritt är deras kristallform sällan så tydlig. I en del finkorniga bergarter är mineralkornen så små att man bara kan se dem i mikroskopet, för blotta ögat ser bergarten bara ut som en jämngrå massa.

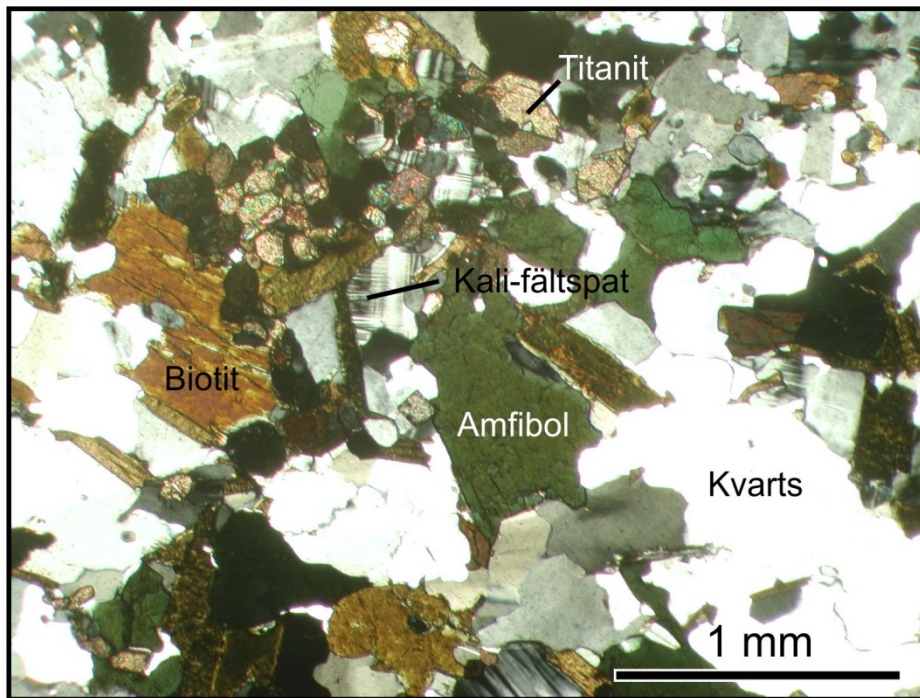
Det finns närmare 5000 kända mineral, men av dessa är det en handfull som bygger upp de flesta vanliga bergarter, det är de mineral som kallas bergartsbildande. Till dessa hör kvarts, fältspat (vilken förekommer i två varianter, plagioklas och kali-fältspat), ljus och mörk glimmer (kallas även muskovit respektive biotit), och en grupp mineral som kallas amfiboler, av vilka hornblände är den vanligaste. I en del bergarter kan också pyroxener och olivin förekomma, medan kalksten och marmor främst består av mineralet kalcit (kalkspat). Andra mineral förekommer utspridda i små mängder i många bergarter, men kristallerna är för få och små för att de normalt syns för blotta ögat, medan de flesta mineral är mycket ovanliga och bara förekommer på enstaka platser. Vissa metall-haltiga mineral kan dock vara ansamlade till malmkroppar från vilka vi kan utvinna metaller, även om de annars är rätt ovanliga: järnoxid-mineralen hematit och magnetit bildar järnmalmer, medan sulfid-mineralen pyrit (svavelkis), kopparkis, blyglans och zinkblände bildar sulfid-malmer (sulfid: förening mellan metall och svavel).

Mineralen består i sin tur av olika grundämnen. De flesta bergartsbildande mineral är silikater, dvs föreningar mellan kisel, syre och andra grundämnen. Kisel- och syre-atomerna i dessa mineral bildar ett sorts skelett till vilket andra grundämnen kan vara kopplade. Mineralet kvarts består av bara kisel och syre, medan i fältspaterna även ingår natrium, kalium, kalcium och aluminium. Järn och magnesium ingår i många mörkfärgade silikat-mineral, såsom biotit (mörk glimmer), amfiboler, pyroxener och oliviner. Kalcit är ett bergartsbildande mineral som inte hör till silikat-gruppen; kalcit är kemiskt sett kalciumkarbonat.

Bergart	Mineral	Grundämnen
 <p>Granit</p>	 <p>Kvarts</p>	<p>kisel (Si) syre (O)</p>
	 <p>Plagioklas (Na-Ca-fältspat)</p>	<p>natrium (Na) kalcium (Ca) aluminium (Al) kisel (Si) syre (O)</p>
	 <p>Kali-fältspat</p>	<p>kalium (K) aluminium (Al) kisel (Si) syre (O)</p>
	 <p>Biotit (mörk glimmer)</p>	<p>kalium (K) magnesium (Mg) järn (Fe) aluminium (Al) kisel (Si) syre (O)</p>

*En bergart, exempelvis granit, består av olika mineral, de olikfärgade kornen i bergarten. Mineralen i sin tur består av olika grundämnen (element), och har olika kristallstruktur där dessa sitter ordnade.*

Av detta följer att kisel och syre är de vanligaste grundämnena i de flesta vanliga bergarter (undantaget kalksten och marmor), och i jordskorpan som helhet. Vanligast är faktiskt syre, fast inte i fri form som syrgasen i atmosfären, utan bundet i silikat-mineralen. Eftersom man oftast anger en bergarts kemiska sammansättning i oxidform, där den vanligaste oxiden då är kiseldioxid ( $\text{SiO}_2$ ) tänker man dock sällan på detta. Andra vanliga grundämnen är de ovan nämnda aluminium, natrium, kalium, kalcium, järn och magnesium; dessa förekommer oftast i halter på flera procent i de flesta bergarter. Titan, mangan och fosfor är "halvvanliga" (kanske några tiondels procent). Tillsammans kallas dessa tio grundämnen (elva med syre räknat separat) för huvudelement. Övriga grundämnen kallas spårelement eller spårämnen, eftersom de bara förekommer i mycket små "spårmängder" i de flesta bergarter, långt under 1 procent, ofta bara några ppm (parts per million, miljondelar) eller ännu mindre. Vissa metaller som bildar egna mineral kan dock lokalt vara ansamlade i större mängd och bilda malmkroppar från vilka de kan utvinnas.



*I ett tunnslip, en 0,03 mm tjock polerad skiva av ett bergartsprov, blir de flesta mineral genomskinliga och kan studeras i vanligt genomfallande och polariserat ljus. Bergartens mineralsammansättning kan studeras i detalj, liksom de olika mineralens inbördes relationer. Med hjälp av analysutrustning kopplad till ett elektronmikroskop kan även de olika mineralens kemiska sammansättning bestämmas. Foto: Åke Johansson*

## Bergarternas tre huvudgrupper

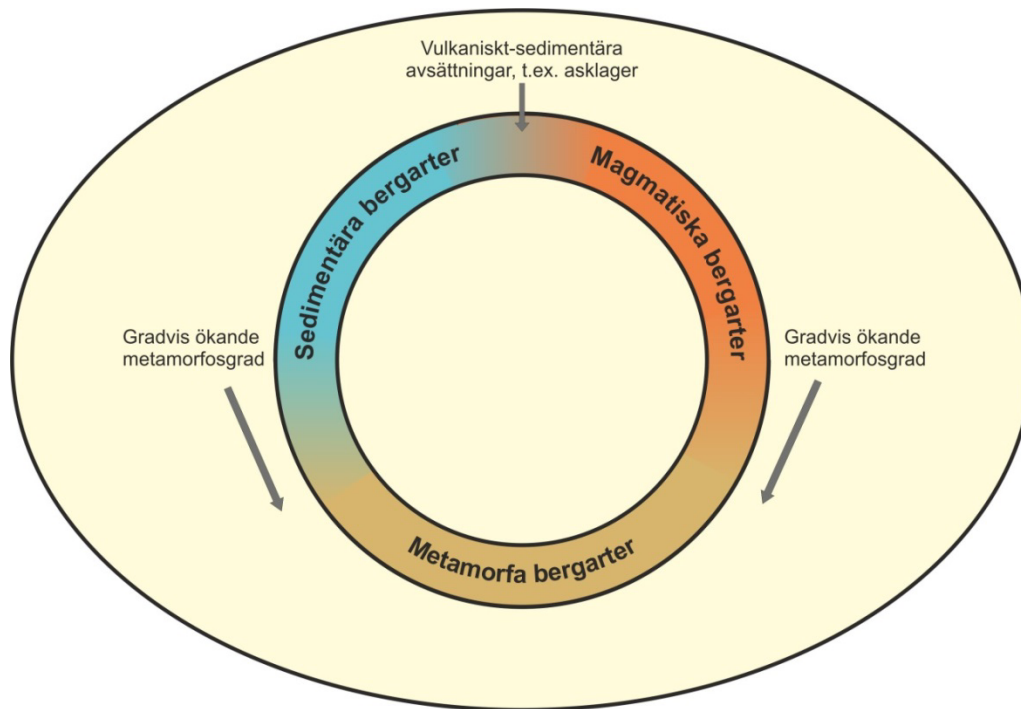
**Sedimentära bergarter** bildas genom avsättning och cementering av lösa sediment, vanligen på havsbotten. Ofta har de en lagrad eller skiktad struktur. Exempel på sedimentära bergarter är sandsten, lerskiffer och kalksten.

**Magmatiska bergarter** bildas genom kristallisation från en het bergartssmälta (magma), antingen på djupet i jordskorpan (**intrusiva djupbergarter**) eller ur en lava som runnit ut på jordytan (**eruptiva / vulkaniska ytbergarter**). Gångbergarter där magman stelnat i en gång eller spricka i jordskorpan intar en mellanställning. Intrusiva djupbergarter har ofta ett massformigt ”prickigt” utseende, med millimeter- eller ibland centimeterstora olikfärgade mineralkorn, medan de vulkaniska ytbergarterna oftast är mycket finkorniga, som en tät homogen massa, ibland dock med större strökorn av olika mineral. Exempel på magmatiska bergarter är granit, gabbro, diabas, porfyr och basalt.

**Metamorfa bergarter** är bildade genom omvandling och omkristallisation av sedimentära eller magmatiska bergarter vid höga tryck och temperaturer djupt nere i jordskorpan. Oftast har de en skiffrig eller gnejsig (bandad eller ådrad) struktur. Exempel på metamorfa bergarter är gnejs, amfibolit, glimmerskiffer, kvartsit och marmor.

## Klassificering och namngivning av bergarter

Eftersom bergarterna är blandningar av olika mineral, finns det inte några skarpa gränser mellan en bergart och en annan, utan övergångarna är ofta gradvisa och kontinuerliga. På detta sätt skiljer sig bergarternas indelning från mineralens, där det finns naturgivna boxar med skarpa avgränsningar i vilka olika mineral kan sorteras. Bristen på skarpa avgränsningar mellan olika bergarter gäller även mellan de tre huvudgrupperna, vilket illustreras av figuren nedan.



*De tre huvudtyperna av bergarter, sedimentära, magmatiska och metamorfa (omvandlade) kan utan skarp gräns ibland övergå i varandra.*

På gränsen mellan den vulkaniska undertypen av de magmatiska bergarterna och de sedimentära bergarterna befinner sig t.ex. bergarter som bildats av vulkanisk aska som avsatts på havsbotten och där kanske blandats upp med annat sedimentärt material (sand eller lera). Genom en gradvis ökande metamorfosgrad övergår sedimentära bergarter utan skarp gräns i metamorfa, och samma sak gäller för övergången mellan magmatiska och metamorfa bergarter. Hur man benämner bergarten i sistnämnda fall beror då i viss mån på vilken aspekt man önskar framhålla, bergartens ursprung som sedimentär eller magmatisk bergart, eller dess nuvarande metamorfa prägel.

Även internt inom de olika huvudgrupperna finns olika klassificeringssystem som delvis överlappar varandra. Magmatiska bergarter kan klassificeras efter deras kemiska sammansättning, deras mineralinnehåll, eller i vilken geologisk miljö och på vilket sätt de har bildats. Sedimentära bergarter kan klassificeras efter kornstorlek eller bildningssätt. Ännu mer komplicerad blir klassificering och namngivning av metamorfa bergarter, där man antingen kan utgå från ursprungsbergartens beskaffenhet, i den mån det går att identifiera någon

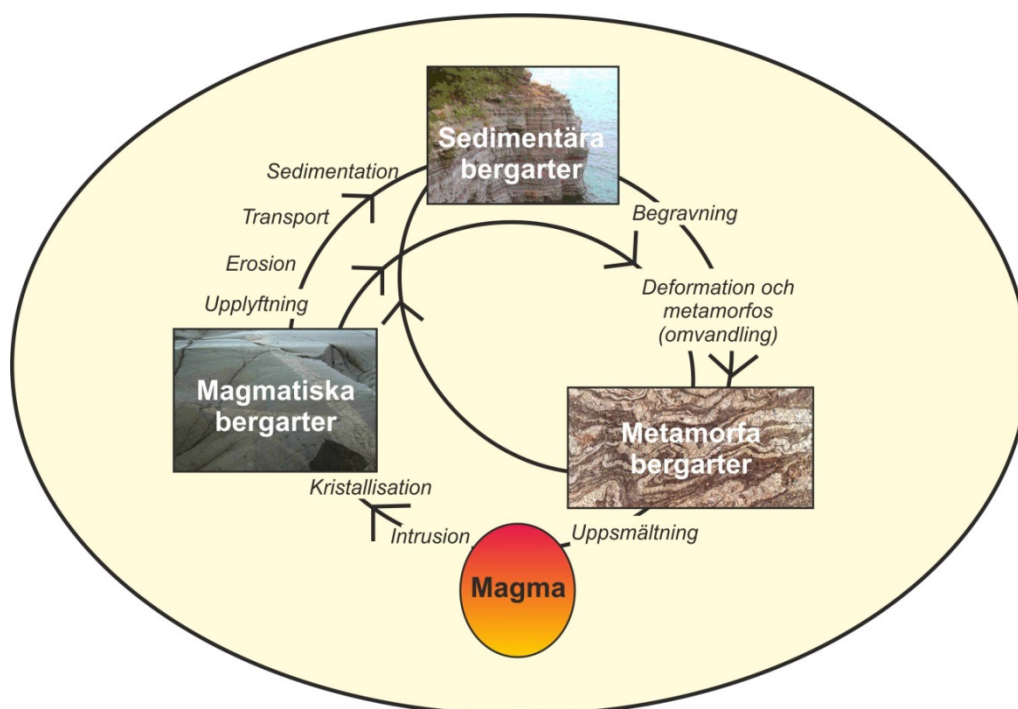
ursprungsbergart, eller från bergartens nuvarande metamorfa karaktär och därmed sammanhängande mineralsammansättning, textur och struktur.

Av detta följer att det kan finnas flera olika korrekta namn för en och samma bergart, beroende på vilket klassificeringssystem man använder och vilken aspekt man vill framhålla. Detaljerade undersökningar med hjälp av mikroskopiering och kemanalyser möjliggör också en mer exakt klassificering än vad som kan fås genom att bara utgå från bergartens utseende ute i fält. Har man bara en knytnävsstor ”stuff” (stenprov) eller lös sten, lösryckt från sitt geologiska sammanhang i det fasta berget, begränsar det ytterligare möjligheterna till en säker identifiering.

## Bergartscykeln

Bergarterna ingår i naturens stora kretslopp. Genom olika geologiska processer kan en bergart övergå i en annan i ett cykliskt förlopp, den så kallade bergartscykeln. Exempel på geologiska processer är vittring och transport (erosion), sedimentation, kompaktering och cementering av sediment (diagenes), metamorfos, uppsmältning, magmatism och vulkanism.

Sedimentära och magmatiska bergarter kan omvandlas till metamorfa bergarter, och blir värmen tillräckligt stor kan dessa smälta upp så att en magma bildas som sedan kristalliserar till en ny magmatisk bergart. När magmatiska, sedimentära eller metamorfa bergarter blottläggs vid jordytan utsätts de för erosion, och när det eroderade materialet avsätts kan det ge upphov till nya sedimentära bergarter, så att kretsloppet fullbordas. Många av dessa processer är också kopplade till den platttektoniska cykeln.



*Genom olika geologiska processer kan de tre huvudtyperna av bergarter övergå i varandra i ett cykliskt förlopp, den s.k. bergartscykeln.*

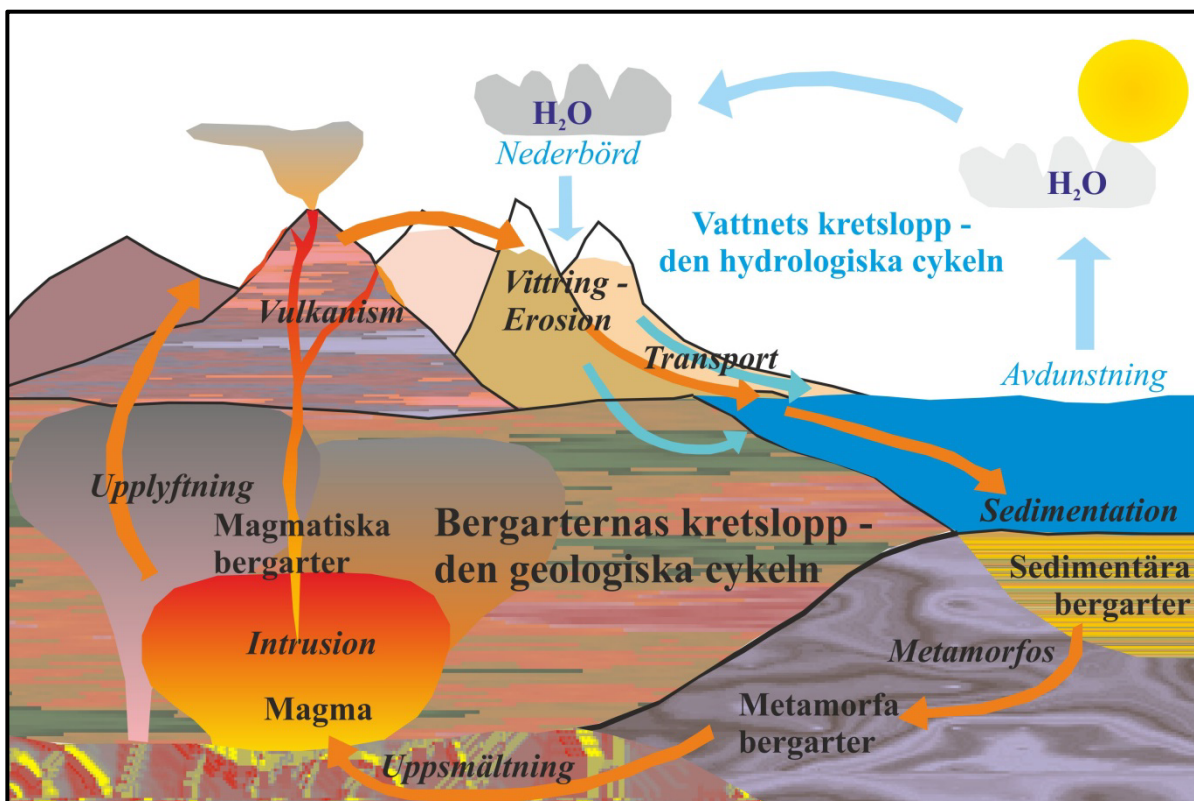
## Jordens inre och yttre kretslopp

Jordens utveckling kan beskrivas som ett samspel mellan två kretslopp. Det inre kretsloppet - bergartscykeln - drivs av radioaktiv värme från jordens inre. Magma från manteln tränger upp i jordskorpan och stelnar till magmatiska bergarter på djupet eller når jordytan vid vulkanutbrott. Genom upplyftning och erosion blottas djupbergarterna vid ytan och kan eroderas.

Erosionsprodukterna transporteras ut i havet och bildar sedimentära bergarter. Dessa i sin tur omvandlas genom tryck och värme till metamorfa bergarter djupt nere i jordskorpan. Blir det tillräckligt varmt smälter de upp, och ny magma bildas. Nära kopplad till bergartscykeln är den plattetektoniska cykeln: kontinenter spricker upp, driver isär och kolliderar på nytt, berggrunden omvandlas och höga bergskedjor bildas. Tidsperspektiven är långa, ofta hundratals miljoner år.

Det yttre kretsloppet - vattnets kretslopp - drivs ytterst av solens energi, liksom atmosfärens och havens cirkulation gör detta. Vatten avdunstar, kondenserar och faller ned som regn eller snö, och strömmar som grund- eller ytvatten tillbaka till havet. Tidsperspektiven är korta - dagar, veckor, år, kanske årtusenden för grundvatten och glaciäris. Genom erosion, transport och sedimentation av material griper vattnets kretslopp in i bergartscykeln.

Kopplade till dessa kretslopp är grundämnenas kretslopp mellan olika reservoarer, till exempel kolets kretslopp mellan jordskorpan (stenkol, olja, kalksten), atmosfären (koldioxid), oceanerna (karbonatjoner) och biosfären (olika organiska kolföreningar).



*Bergarternas kretslopp – den geologiska cykeln – och vattnets kretslopp – den hydrologiska cykeln.*



# Sedimentära bergarter

Sedimentära bergarter bildas genom hoppresning och cementering av lösa sediment. Materialet i sedimenten utgörs av mineralkorn och fragment från äldre bergarter som vittrat och eroderats.

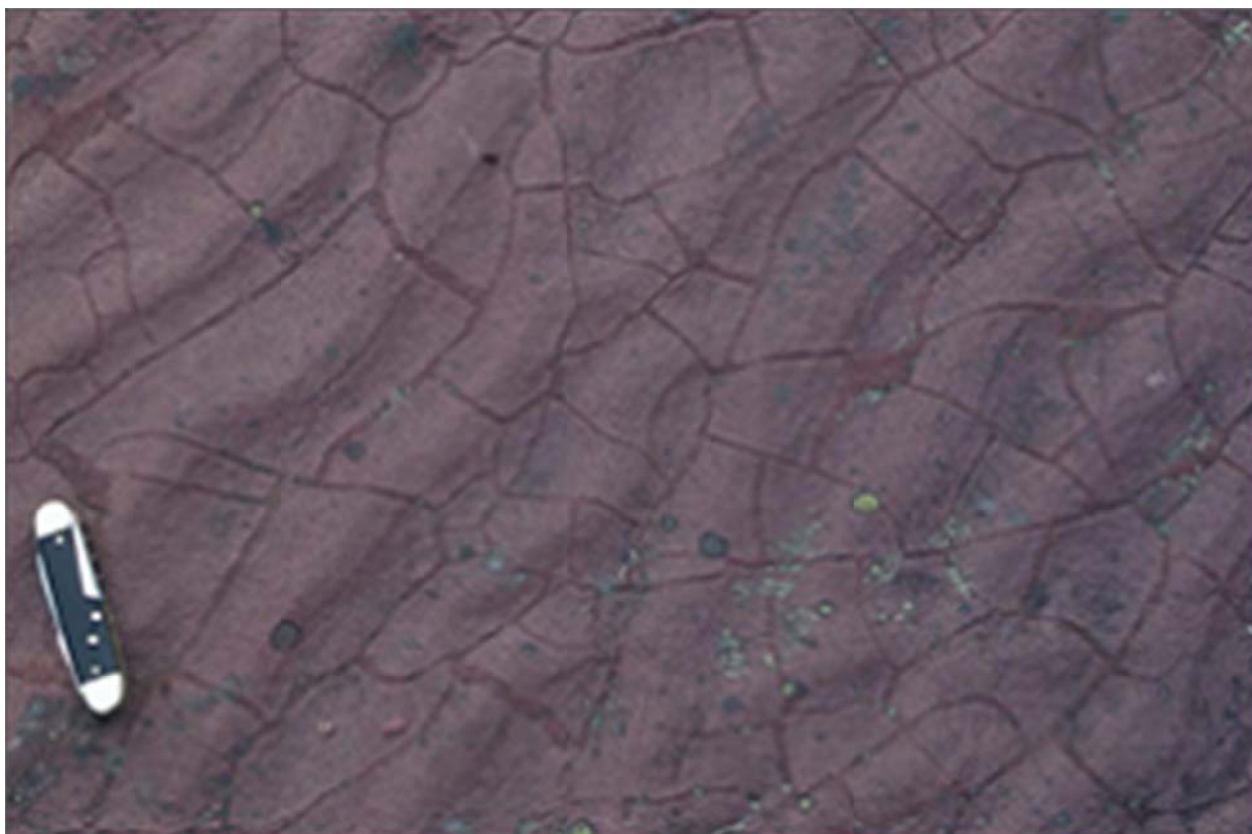
Genom kemisk och mekanisk vittring, till exempel frostsprängning, frigörs både enskilda mineralkorn och större stenbitar och bergartsfragment ur berggrunden. Erosion från vind, vatten och is (glaciärer) bryter ytterligare ned berggrunden och transporterar ut materialet i sjöar och hav där det sedimenterar, det grövsta närmare stranden, det finkornigare materialet längre ut från land. Sandkorn består främst av kvarts, ett mineral som är hårt och motståndskraftigt mot både kemisk och mekanisk vittring. Fältspat och glimmer bryts däremot ner kemiskt under transporten till mikroskopiska lerpartiklar. Kalkslam består ofta av nedmalda skalrester från olika havslevande djur, men en del kalk kan även avsättas på kemisk väg runt varma källor på havsbotten.

Allt eftersom sedimentet begravs allt djupare under yngre sedimentlager pressas det ihop och kompakteras, och kvarts, kalcit eller olika lermineral fälls ut i porutrymmena mellan sedimentkornen så att dessa cementeras samman och en fast bergart bildas. Denna process kallas diagenes. Organiskt material, det vill säga döda växter och djur, som begravs i sedimenten kan ge upphov till förekomster av kol, olja och naturgas.



*Horisontella lager av sandsten och lerskiffer som tillhör den s.k. Visingsögruppen på Visingsö i Vättern. Dessa lager är från slutet av prekambrium, cirka 600-800 miljoner år gamla. Foto: Åke Johansson.*

Sedimentära bergarter känns igen på att de ofta (men inte alltid) har en skiktad eller lagrad struktur vilken avspeglar den ursprungliga lagringen i sedimentet. Oftast är denna horisontell, men ibland kan rörelser i jordskorpan gjort att sedimentlagren lutar, är veckade, eller t.o.m. står på högkant. Genom att undersöka bergarten mer i detalj kan man ofta dra slutsatser om vilken miljö sedimentet avsattes i: djuphav, grundhav, ett korallrev, en strandnära miljö, en tidvattenzon eller ett floddelta, längsmed en vindlande flod eller kanske i en ökenmiljö uppe på torra land. Sedimentära bergarter, i synnerhet kalkstenar, som är yngre än 540 miljoner år (från den geologiska perioden kambrium och framåt) innehåller ofta fossil av växter eller djur som kan ge ytterligare information om den geologiska miljön på platsen och dess växt- eller djurliv. Fossilinnehållet talar också om från vilken geologisk period bergarten är, och kan användas för att korrelera bergarter på stort avstånd från varandra och visa att de är likåldriga. Äldre sedimentära bergarter är mer fossilfattiga, och de fossil som finns är oftast av mikroskopiskt natur, eftersom de flesta organismer som levde innan kambrium var encelliga (eller saknade ben, skal eller andra hårdpartier som normalt kan bevaras som fossil).



*Den ca 1500 miljoner år gamla Dala-sandstenen vid Mångsbodarna i Dalarna är trots sin ålder ytterst välbevarad. På de horisontella sedimenttyterna kan man se både böljeslagsmärken (likt de vågmärken vågorna gör på en nutida sandstrand) och lerfyllda torksprickor, visandes att sandstenen avsattes i en strandnära miljö med mycket grunt vatten som ibland torrlades. Foto: Thomas Lundqvist*

## Några olika sedimentära bergarter



**KONGLOMERAT** bildas genom hopcementering av större och mindre avrundade stenar, avsatta på en havsstrand eller längs en flod, med finkornigare material som fyller ut mellanrummen. De enskilda konglomeratbollarna kan i sin tur bestå av olika äldre bergarter. Ibland sitter de så löst att de går att pillar ut och efterlämnar då ett hålrum.



**SANDSTEN** bildas genom hopcementering av sandkorn (främst av kvarts), som kan ha avsatts i ett floddelta eller nära en strand. Vissa sandstenar kan i stället vara avsatta i ökenmiljö. Granskning av olika sedimentära strukturer (korsskiktning, böljeslagsmärken, torksprickor, regndroppsmärken, etc.) ger information om stenens avsättningsmiljö. Den brunröda färgen hos många sandstenar beror på oxidering av mikroskopiska järnpartiklar i sedimentet.



**ARKOS** är en oren sandsten som förutom kvartskorn innehåller mycket fältspat. Oftast bildad genom avsättning på land av material från en vittrad granit, utan alltför lång transport. En ren sandsten (kvartssandsten) består däremot främst av kvarts, eftersom andra mineral bryts ner kemiskt under transporten. Arkosen är ofta rätt grovkornig och med gråröd färg.



**LERSTEN** eller **LERSKIFFER** bildas genom avsättning av lerslam längre ut från stranden jämfört med en sandsten. Vissa lerskiffrar kan också innehålla mycket organiskt material (så kallad **alunskiffer**). Lerslammet bildas genom kemisk nedbrytning av fältspater och glimmer. Lermineralen består av mikroskopiska tunna flak, vilka avlagras horisontellt och sammantaget ger upphov till bergartens skifferstruktur. Normalt gråfärgad, alunskiffer är svart.



**KALKSTEN** bildas genom avsättning av kalkslam och skal från olika havsdjur, och är därför ofta mycket rik på fossil. Vissa kalkstenar, exempelvis på Gotland, representerar fossila korallrev, som begravts av yngre sediment. **Krita** är en mycket finkornig kalksten, uppbyggd av mikroskopiska skalrester. Kalkstenar kan även bildas genom kemisk avsättning av kalk runt varma källor på havsbotten eller på land (**travertin**). Kalksten kan variera från vit eller grå till röd i färgen.



**GRÅVACKA** är en bandad sedimentär bergart med omväxlande grövre sandiga lager och finare leriga lager, där de grövre lagren ofta innehåller små hela bergartsfragment. Gråvackor anses vara bildade på tämligen djupt vatten längs en kontinentkant eller i en djuphavsgrav, genom att löst material rasat ned i stora skred från kontinentkanten.

# Magmatiska bergarter

Magmatiska bergarter bildas genom kristallisation av en het bergartssmälta - magma - som trängt upp från jordskorpan undre delar eller den underliggande manteln. När magman svalnar kristalliserar olika mineral ut från magman, så att en fast bergart bildas. Beroende på var kristallisationen sker kan de magmatiska bergarterna indelas i tre undergrupper: Intrusiva djupbergarter, gångbergarter och vulkaniska ytbergarter.

**Intrusiva djupbergarter (plutoniska bergarter)** bildas när magman tränger in (intruderar) och stelnar djupt ned i jordskorpan. Genom erosionen kan de sedan blottas vid jordytan. Djupbergarterna bildar ofta stora kroppar (intrusiv). Genom att dessa svalnat och kristalliserat långsamt har de enskilda mineralen hunnit bilda relativt grova kristaller, några millimeter till någon centimeter stora, väl synliga för blotta ögat som en mosaik av olikfärgade korn. Exempel på intrusiva bergarter är gabbro och granit.



*I en magmatisk djupbergart som granit bildar de olika mineralen en mosaik av olikfärgade korn. Rätangranit, Härjedalen (ca 1700 miljoner år gammal). Foto Thomas Lundqvist*

**Gångbergarter** bildas när magman tränger fram och stelnar i sprickor i berggrunden, ofta närmare jordytan. En del gångar kan ha varit tillförselkanaler till ovanliggande vulkaner. Exempel på gångbergarter är diabas och pegmatit.



*En brantstående diabasgång i östra Blekinge (ca 950 miljoner år gammal) skär igenom en förgnejsad granit. Foto: Åke Johansson.*

**Vulkaniska ytbergarter (extrusiva bergarter)** bildas när magman rinner ut som ett lavaflöde på jordytan, eller från vulkanisk aska som bildats ur gasrik magma vid explosiva utbrott. Genom att materialet svalnat och kristalliserat snabbt är de ofta mycket finkristallina, så täta att de enskilda mineralkornen många gånger inte kan urskiljas för blotta ögat. I vissa fall hinner inga mineral kristallisera överhuvudtaget utan vi får ett icke-kristallint vulkaniskt glas, så kallat obsidian. Det vanliga är dock att tidigt kristalliserade mineral bildar ströckorn i en finkornig mellanmassa. Basalt och andesit är exempel på vulkaniska bergarter.



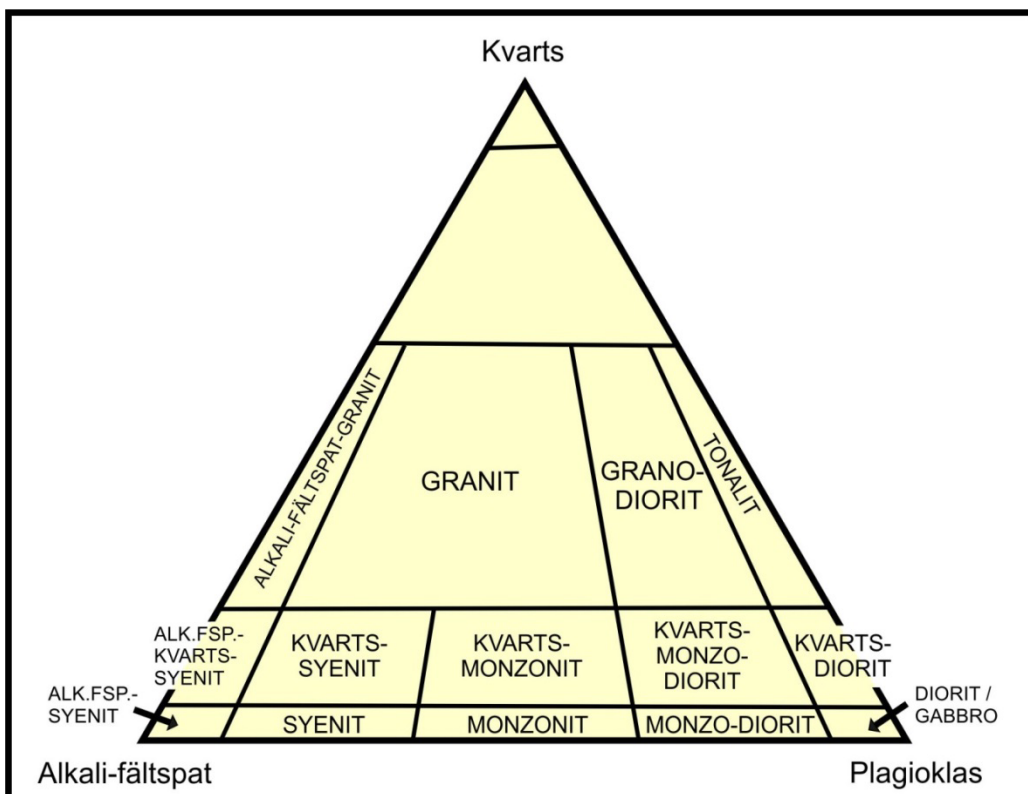
*En nybildad vulkanisk ytbergart består av en tät glasig eller porös massa utan urskiljbara mineralkorn. Ett vulkanutbrott är enda tillfället då vi kan se hur en bergart bildas framför våra ögon. Den repliknande strukturen uppkommer när ytan på ett relativt lättflytande lavaflöde stelnar och veckas ihop, kallas replava eller med ett hawaiianskt ord pahoehoe-lava. Denna basaltlava på Hawaii är från hösten 2014. Foto: Åke Johansson*

## Olika indelningssystem

Det finns flera olika men besläktade indelningssystem för de magmatiska bergarterna, baserade på deras kemiska eller mineralogiska sammansättning. Därtill finns en rad namn som är kopplade till bergartens uppträdande och utseende (exempelvis pegmatit, aplit, porfyr) eller bildningsätt (olika vulkaniska bergarter såsom tuff och ignimbrit). Är man ute i fält i naturen får man nöja sig med en namngivning av de olika bergarterna baserad på deras allmänna utseende och uppträdande, deras färg och struktur, och mineralinnehållet där det kan bedömas för blotta ögat. Har man bara en lös stenbit, utan sitt geologiska sammanhang, är man ytterligare mer begränsad till färg, struktur, och eventuellt mineralinnehåll. En mer exakt klassificering kräver ofta kemiska analysdata eller mikroskopiering av tunnslip.

### Mineralogisk klassificering

Den vanligaste mineralogiska klassificeringen utgår från proportionerna mellan huvudmineralen kvarts, plagioklas och alkali-fältspat i bergarten, plottade i ett triangel-diagram, det s.k. Streckeisen-diagrammet. Denna klassificering lämpar sig bäst för grovkorniga intrusiva bergarter, där man kan undersöka mineralsammansättningen tämligen enkelt med hjälp av ett mikroskop.



I ett s.k. Streckeisen-diagram (efter den schweiziske geologen Albert Streckeisen) plottas proportionerna kvarts, alkali-fältspat (Na-K-fältspat) och plagioklas (Na-Ca-fältspat), varur bergartens namn fås fram. Samtliga bergartsnamn i figuren är intrusiva djupbergarter, vilka diagrammet främst är lämpat för.

## Kemisk klassificering

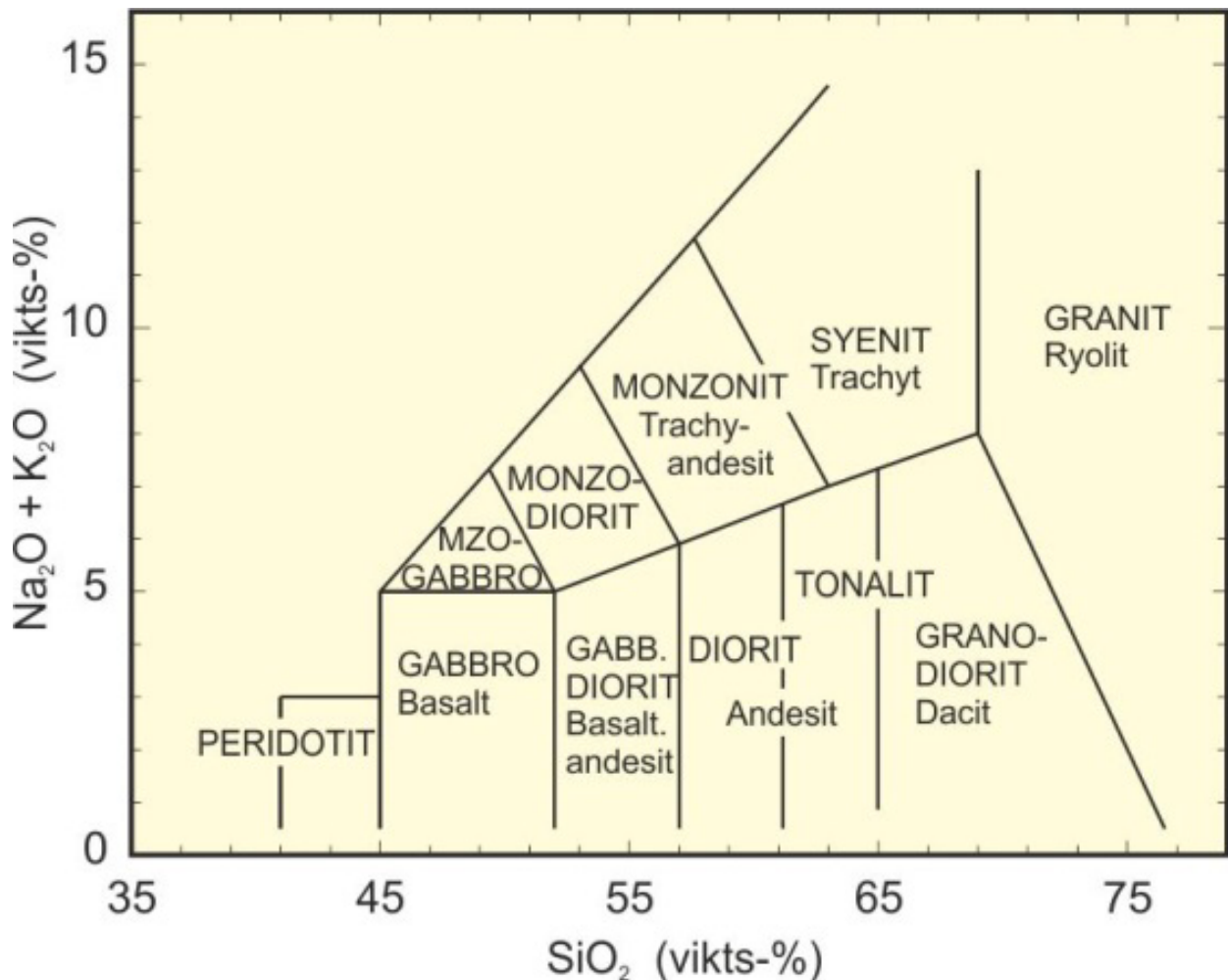
Modern teknik har gjort att man relativt snabbt och enkelt kan göra kemiska analyser av nedmalda och upplösta bergartsprov. Sådana analyser går lika lätt att göra på finkorniga vulkaniska bergarter som grovkorniga djupbergarter, och det blir därför allt vanligare att använda kemiska klassificeringsmetoder.

Den enklaste kemiska klassificeringen utgår från bergartens halt av kiseldioxid ( $\text{SiO}_2$ , tidigare ofta kallad kisel syra). Beroende på denna indelas de magmatiska bergarterna i *ultrabasiska* (<45 %  $\text{SiO}_2$ ), *basiska* (45-52 %  $\text{SiO}_2$ ), *intermediära* ("mittemellan", 52-65 %  $\text{SiO}_2$ ) och *sura* (>65 %  $\text{SiO}_2$ ) bergarter. Ultrabasiska och basiska magmor har sitt ursprung i manteln, medan intermediära och sura magmor även kan bildas genom uppsmältning av tidigare bildad jordskorpa. Ultrabasiska och basiska bergarter domineras av magnesium- och järn-rika mörka mineral, och är därför mörka till färgen (gråsvarta, ibland med en grönaktig färgton), medan intermediära och sura bergarter innehåller gradvis allt större andel av ljus kvarts och fältspat, och därför blir allt ljusare gråspräckliga, eller ibland rödspräckliga, om de är rika på röd kali-fältspat. För att bedöma en bergarts färg måste man dock se en färsk yta, exempelvis där det nyligen är sprängt, eller som man själv huggit fram med en geolog-hammare. Ytor som länge varit exponerade för väder och vind får ofta en mörk vittringshud, och föroreningar och påväxter med lav och alger kan ytterligare dölja bergartens riktiga färg och utseende. En del ultrabasiska bergarter får en tjock rostbrun vittringshud, med helt annorlunda färg än den friska bergarten därunder.

Tabellen nedan visar en enkel uppdelning av magmatiska bergarter i basiska, intermediära och sura yt, gång- och djupbergarter. Det efterföljande diagrammet visar en lite mer sofistikerad kemisk indelning, som förutom kiselhalten även tar hänsyn till halten natrium och kalium.

	<b>Basisk</b> (45-52 vikts% $\text{SiO}_2$ )	<b>Intermediär</b> (52-65 vikts% $\text{SiO}_2$ )	<b>Sur</b> (>65 vikts% $\text{SiO}_2$ )
<b>Ytbergart</b>	Basalt	Andesit	Dacit, Ryolit
<b>Gångbergart</b>	Diabas		Pegmatit, Aplit
<b>Djupbergart</b>	Gabbro	Diorit, Tonalit, Monzonit ..	Granodiorit, Granit





*Ett vanligt diagram för kemisk indelning av magmatiska bergarter har summan av natrium- och kalium-oxid (alkalier) plottad mot kiseldioxid-halten. Namn skrivna med stora bokstäver är intrusiva djupbergarter, namn med små bokstäver är motsvarande vulkaniska ytbergart.*

Ultrabasiska bergarter dominerar i jordens mantel (under jordskorpan), men är relativt ovanliga uppe vid jordytan. Basiska bergarter som gabbro, diabas och basalt bygger upp oceanernas jordskorpa, och oceanöar som Island och Hawaii består nästan uteslutande av basalt-lava. Inne på kontinenterna är de mindre vanliga, men mindre kroppar av gabbro, gångar av diabas, och även områden med gammal basaltlava förekommer här och där, även i Sverige. Annars byggs huvuddelen av kontinentskorpan upp av intermediära och sura bergarter, såsom tonalit, granodiorit och granit, bergarter som också är mycket vanliga i den svenska berggrunden.

## Några olika magmatiska bergarter



**PERIDOTIT** är en ultrabasisk bergart, vilken anses utgöra den vanligaste beståndsdel i manteln, och även förekommer i de djupare delarna av oceanskorpan. Däremot förekommer den endast i mindre utsträckning i kontinental jordskorpa, oftast då i zoner i en bergskedja där den pressats upp från stort djup. Har en mörk, grönaktig färg, och domineras av mineralen olivin och pyroxen. I Sverige förekommer peridotit som del av mindre massiv av ultrabasiska bergarter i fjällkedjans högre delar.



**GABBRO** är en basisk djupbergart, vanlig i oceanbottnarnas jordskorpa, men den kan även förekomma som mindre massiv i kontinental jordskorpa. Är vanligen mörkgrå, domineras av plagioklas och pyroxen, innehåller ibland också olivin.



**DIABAS** är motsvarande gångbergart, vanlig i oceanbottnarnas jordskorpa, men kan även bilda omfattande system av gångar i kontinental jordskorpa där denna tänjts ut och spruckit upp. Mörk färg, samma mineralinnehåll som gabbro. Plagioklasen bildar ofta ett karaktäristiskt mönster av oordnade avlånga lister (s.k. ofitisk textur).



**BASALT** är motsvarande basiska ytbergart, med samma sammansättning som gabbro och diabas. Basaltisk lava strömmar ut längs oceanryggarna och täcker oceanbottenarna, men kan även förekomma i kontinental miljö. Mörk färg, samma mineralinnehåll som gabbro och diabas, men oftast för finkornig för att mineralen skall synas för blotta ögat. Ibland kan dock strökorn av plagioklas (ljus), pyroxen (svart) och olivin (grön) synas, liksom blåsrör som varit fyllda av gas.



**Färsk basaltlava** (bilden till vänster) kan vara mycket porös och slaggig på grund av frigjorda gasbubblor.



**DIORIT, TONALIT** och **GRANODIORIT** (bilden) är intermediära djupbergarter, med en gradvis ökande halt av  $\text{SiO}_2$ , och därmed också av fri kvarts (granodiorit kan räknas som sur). Innehåller även plagioklas och kali-fältpat samt mörka mineral som amfibol (hornblände) och biotit. Färgen varierar från mörkt till ljust gråspräcklig. Tonalit och granodiorit bildas från magmor ovanför subduktionszoner där oceanskorpan sjunker ned i manteln och orsakar uppsmältning, och de bygger upp en stor del av kontinentalskorpan.



**ANDESIT** (bilden) och **DACIT** är motsvarande vulkaniska ytbergarter, vanligen bildade av vulkaner ovanför subduktionszoner, exempelvis i Anderna (som givit namn åt andesiten), där oceanskorpan sjunker ned i manteln och orsakar uppsmältning.



**SYENIT** och **MONZONIT** är intermediära djupbergarter, vilka skiljer sig från dioriterna, tonaliterna och granodioriterna genom högre halter av kalium och natrium. Bildas genom magmatism i områden där en kontinent tänjs ut och eventuellt kan spricka upp (riftzoner). Mineralinnehållet påminner om tonalitens och granodioritens, fast med en ökande andel kalifältspat. Färgen kan variera från mörkt grå till rödaktig, beroende på fältspatens färg. Syeniten på bilden innehåller ett fragment av rombporfyr (från Oslofältet).



**GRANIT** är en sur (kiselrik) djupbergart. Den kan bildas ur magmor ovanför subduktionszoner, på djupet i kollisionszoner där äldre kontinentsskorpa smälts upp på nytt, samt i områden där basisk magma från manteln smälter upp ovanliggande kontinentsskorpa. Granit bygger tillsammans med tonalit och granodiorit upp en stor del av kontinentsskorpan. Den består av kvarts (grå), kalifältspat (vit eller rosa) och plagioklas (vit) samt varierande mängder muskovit (ljus), biotit (svart) och hornblände (svart); färgen är grå- eller röd-spräcklig beroende på fältspatens färg.



**RAPAKIVI-GRANIT** är en oftast röd variant av granit med stora zonerade fältspatkristaller, vanlig i Finland, och bildad genom uppsmältning i anslutning till basisk mantelmagmatism.

Att vi i många områden, exempelvis här i Sverige, kan se så mycket granit och likartade djupbergarter uppe vid jordytan beror på att all ovanliggande berggrund – flera kilometer berg - eroderats bort under årmiljonernas gång.



**PEGMATIT** är en gångbergart med en sammansättning liknande granitens. Den bildar extremt grovkristallina gångar och ådror i berget, utfällda ur de sista vattenhaltiga resterna av den granitiska magman. Förutom centimeter- till decimeter-stora kristaller av kvarts (gråaktig eller genomskinlig), plagioklas (vit), kalifältspat (röd) och glimmer (ljusa eller mörka flak) kan vissa pegmatiter vara anrikade på sällsynta grundämnen (ex. litium, yttrium) och innehålla kristaller av ovanliga mineral. Finkorniga ljusa gångar med likartad sammansättning kallas *aplit*.



**RYOLIT** är en sur lavabergart. Provet på bilden innehåller även mörka partier av vulkaniskt glas (*obsidian*). Sura lavar är dock rätt ovanliga, då dessa utbrott oftast är explosiva och främst ger upphov till vulkanisk aska.



**TUFF** är en vulkanisk bergart, bildad ur aska som fallit ned och konsoliderats till en fast bergart. De flesta tuffer är sura eller intermediära till sin sammansättning, då sådan vulkanism är mer explosiv och askrik, men det förekommer också basiska tuffer.



**IGNIMBRIT** är en liknande bergart som tuff, bildad från heta askflöden som rusat fram längs markytan likt lättflytande vätska. Tuffer och ignimbriter är ibland mycket porösa och innehåller ibland fragment av porös s.k. *pimpsten*.



**PORFYR** kallas sura yt- eller gångbergarter som innehåller större kristaller av kvarts och fältspat i en finkornig grå eller rödaktig mellanmassa. Många porfyrier avsattes ursprungligen som aska och är således tuffer eller ignimbriter vilka kompakterats tills de blivit mycket hårda, exempelvis de 1700 miljoner år gamla Älvdals-porfyreerna i Dalarna. Hos dessa syns kraftigt utplattade pimpstens-fragment som ljusa strimmor, såsom i provet på bilden.

# Metamorfa bergarter

Metamorfa bergarter bildas genom omvandling av sedimentära eller magmatiska bergarter, ofta vid hög temperatur och högt tryck djupt nere i jordskorpan. Vid metamorfosen kristalliserar mineralen om, och nya mineral kan bildas genom olika kemiska reaktioner. Genom tryck och rörelser i berget blir mineralkornen ofta parallellt orienterade, vilket ger bergarten en skiffrig struktur. Mineralen kan också samlas i olika band eller ådror vilket ger bergarten ett gnejsigt utseende. Rörelser kan också ge upphov till en veckad struktur. Lösningar som strömmar genom berggrunden kan förändra bergartens kemiska sammansättning, genom att vissa grundämnen bortförs och andra tillförs. De metamorfa bergarterna indelas i tre undergrupper:

**Regionalmetamorfa bergarter** har utsatts för en kombination av högt tryck och höga temperaturer på olika djup i berggrunden i samband med en bergskedjebildning. Ofta, men inte alltid, är de också veckade. Som namnet antyder har de stor regional utbredning, både i moderna bergskedjor och i de frameroderade rötterna till forna bergskedjor vilka dominerar berggrunden i kontinenternas äldre delar (urbergs-sköldarna). Klassificeringen av de regionalmetamorfa bergarterna bygger på ursprungsbergartens karaktär och hur hög omvandlingsgrad den varit utsatt för. Beroende på hur högt trycket och temperaturen varit talar man om olika *metamorfa facies*, med olika karaktäristiska mineral. Slutresultatet vid metamorfosen är ofta någon form av gnejs, vars ursprung inte alltid så lätt kan avgöras. Vid ytterligare förhöjd temperatur börjar delar av bergarten smälta upp och en s.k. *migmatit (ådergnejs)* bildas. Nästa steg är fullständig uppsmältning och magmabildning. I och med detta övergår man från metamorfa till magmatiska bergarter.



*Ådergnejs på Härnön i Ångermanland, innehållande ljusa ådror av uppsmält och sedan stelnat material. I bakgrunden ljusgrå finkornig granit. Foto: Thomas Lundqvist.*

**Kontaktmetamorfa bergarter** har främst utsatts för hög temperatur i kontaktzonen runt magmatiska intrusivbergarter. Lösningar kan också ha tillförts från intrusivet. Exempel är *hornfels* och *skarn*.

**Dynamometamorfa bergarter** har främst utsatts för tryck och deformation i samband med förkastningar och överskjutningsrörelser i berggrunden, vilket lett till uppkrossning och söndermalning, följt av hopläkning. Exempel är *breccia* (grov krossbergart) och *mylonit* (finmald bergart).



*Berggrunden i de svenska fjällen karaktäriseras av starkt förskiffrade metamorfa bergarter, ett tecken på de kraftiga rörelser som skedde i berggrunden när fjällkedjan (Kaledoniderna) bildades genom en kollision mellan Skandinavien och Grönland för ca 400 miljoner år sedan. Foto: Åke Johansson.*

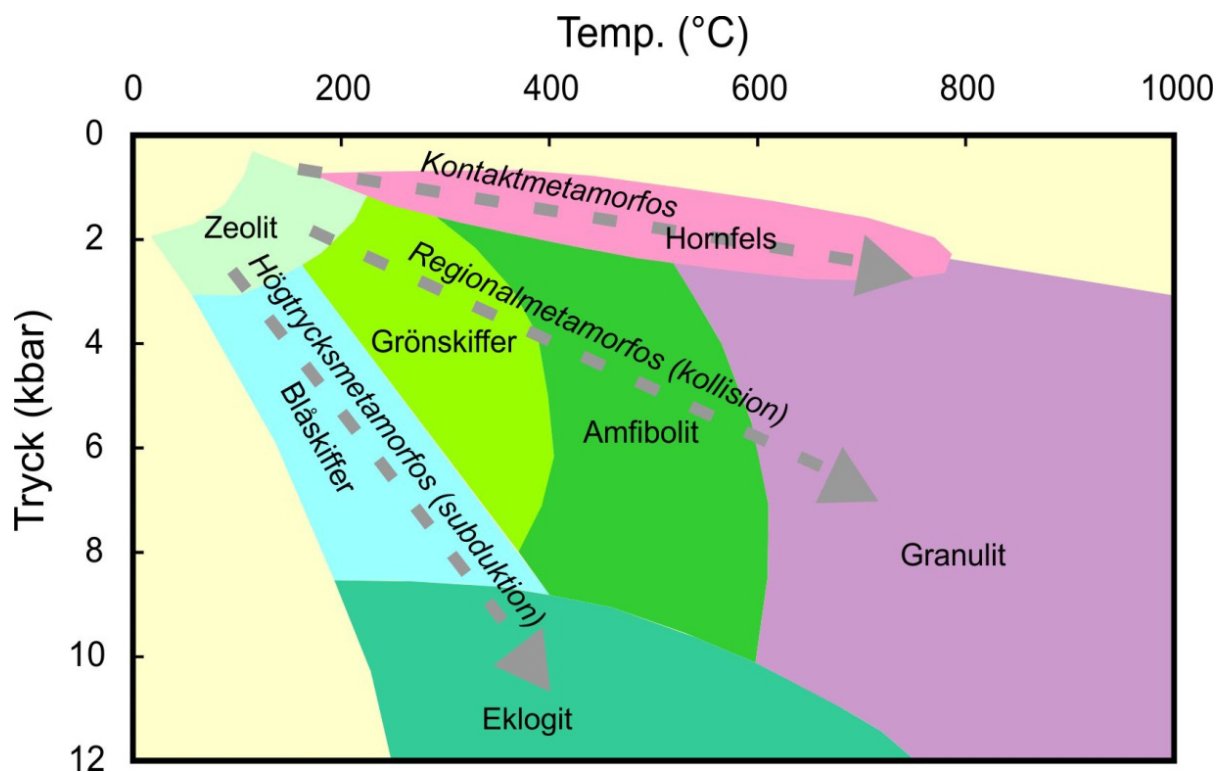
## **Metamorfa facies**

Olika metamorfa facies karaktäriseras av olika typiska mineral. Vid mycket låg metamorfosgrad bildas en grupp mineral som kallas zeoliter, om bergartens sammansättning är den rätta. Det grönfärgade mineralet klorit (släkt med glimmer) är karaktäristiskt för grönskifferfacies, och ger då dessa bergarter en grönaktig färgton. Amphibolitfacies utmärks för nybildning av mineral som tillhör amfibolgruppen, framförallt då hornblände, men granat är också ett vanligt metamorft mineral i många sådana bergarter. Granuliter utmärker sig för sitt innehåll av pyroxener (i synnerhet ortopyroxen), eklogiter av kombinationen pyroxen och granat. Studier av en metamorf bergarts mineralogi ger alltså en uppfattning om dess metamorfosgrad. Genom att med



mikroteknik göra punktanalyser av de olika mineralens kemiska sammansättning kan tryck- och temperatur-förhållandena under metamorfosen beräknas i mer detalj.

Vilka mineral som kan bildas beror dock också på bergartens ursprungliga sammansättning. Basiska (kiselfattiga, men järn- och magnesium-rika) magmatiska bergarter har en lämplig sammansättning för att bilda olika metamorfa mineral, likaså lerrika sedimentära bergarter. I granitiska bergarter som domineras av kvarts och fältspater sker däremot inte samma nybildning av metamorfa mineral, än mindre i en kvartsrik sandsten. Metamorfosen hos dessa märks främst genom deformation och omkristallisering av de befintliga mineralen. Därav följer att denna typ av bergarter är mindre användbara om man vill bestämma vilken metamorfosgrad ett område varit utsatt för.



Ett tryck-temperatur-diagram som visar olika metamorfa facies. Vid kontaktmetamorfos runt en het magmakropp ökar främst temperaturen; motsvarande metamorfa facies kallas hornfelsfacies. Vid regionalmetamorfos i samband med kontinentkollision och bergskedjeveckning ökar både temperatur och tryck, från grönskifferfacies via amfibolitfacies till granulitfacies. Vid hög amfibolitfacies och granulitfacies kan en del bergarter börja smälta upp, om de har lämplig sammansättning, och bilda ådergnejser (migmatiter). Pressas delar av jordskorpan ner till stort djup i en subduktionszon ökar framförallt trycket, och vi får blåskiffer- eller eklogitfacies. Dynamometamorfa bergarter, bildade längs förkastnings- och överskjutningszoner genom rörelser i berggrunden, finns inte med i diagrammet. Ett tryck på 12 kilobar motsvarar ungefär 40 km:s djup i jordskorpan. Underlaget till diagrammet hämtat från University of Colorado's hemsida.

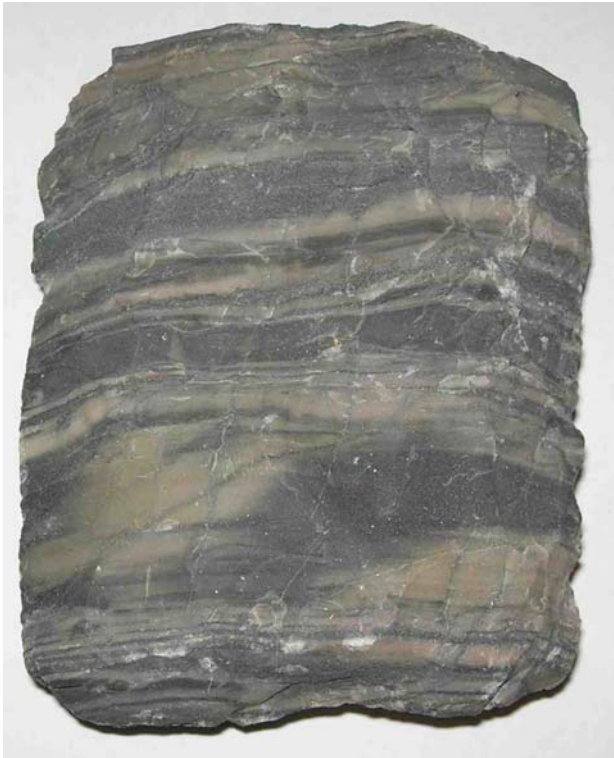
Slutstadiet för metamorfosen är att bergarten börjar smälta upp, men när detta sker beror både på tryck och temperatur och bergartens sammansättning. De bergarter som har lättast att smälta upp är lerrika bergarter av sedimentärt ursprung, vilka innehåller mycket vatten bundet i olika mineral. Även sura (kiselrika granitiska) magmatiska bergarter har rätt låg smälttemperatur, runt 700 °C, jämfört med basiska bergarter. Ofta sker dock inte en fullständig uppsmältning, utan kvarts och fältspat som lättast smälter upp bildar ljusa ådror i bergarten efter att de stelnat på nytt när temperaturen gått ner. En sådan bergart kallas *ådergnejs*, eller med ett utländskt ord, *migmatit*.

## Namngivning av metamorfa bergarter

Namngivning av metamorfa bergarter är komplex, eftersom den både ska ta hänsyn till ursprungsbergartens karaktär, metamorfosgraden, och bergartens nuvarande utseende och karaktär. Därtill förekommer en hel del beteckningar av traditionell karaktär, exempelvis hälleflinta och leptit för metamorft omvandlade sura vulkaniter i Mellansverige. Följande tabell är ett försök att ordna in ett antal vanligt förekommande namn på metamorfa bergarter i ett enkelt schema.

Utgångsbergart	Låg metamorfos	Medelhög metamorfos	Hög metamorfos
Sandsten	Kvartsit	Kvartsit	Kvartsit
Kalksten	Marmor	Marmor	Marmor
Lerskiffer	Fyllit	Glimmerskiffer	Ådergnejs
Sur vulkanit	Hälleflinta	Leptit	Leptitgnejs
Granit	Gnejsgranit	Gnejsgranit	Granitgnejs
Basalt	Grönskiffer	Amfibolit	Eklogit
Gabbro	Grönsten	Amfibolit	Eklogit

## Några olika metamorfa bergarter



**HÄLLEFLINTA** är ett i Bergslagen vanligt namn på måttligt omvandlade sura vulkaniska bergarter (tuffer eller ignimbriter). Den är ljus, ofta bandad, och så finkornig att inga kristaller kan urskiljas för blotta ögat, vilket ger ett flint-liknande utseende, därav namnet.



**LEPTIT** betecknar en kraftigare omvandlad sur vulkanit, med urskiljbara mineralkorn. Liksom hälleflinta är detta ett lokalt bergartsnamn, främst använt i äldre litteratur om berggrunden i Mellansverige (Bergslagen). Eftersom bergarten ofta har ett rätt "anonymt" utseende (grå, jämnkornig, medelgrov) kan den vara svår att identifiera, och många gånger krävs omfattande kartering i fält för att klarlägga det vulkaniska ursprunget.



**FYLLIT** är en måttligt omvandlad lerskiffer, där skiffriheten genom trycket blivit mer påtaglig, samtidigt som bergarten fått en glänsande yta genom att lermineralen ombildats till fina fjäll av ljus glimmer.



**GLIMMERSKIFFER** är en kraftigare omvandlad lerskiffer, där lermineralen helt ersatts av ljus glimmer som bildar tydliga flak. Ofta innehåller den också röd granat och en del andra aluminium-rika mineral.



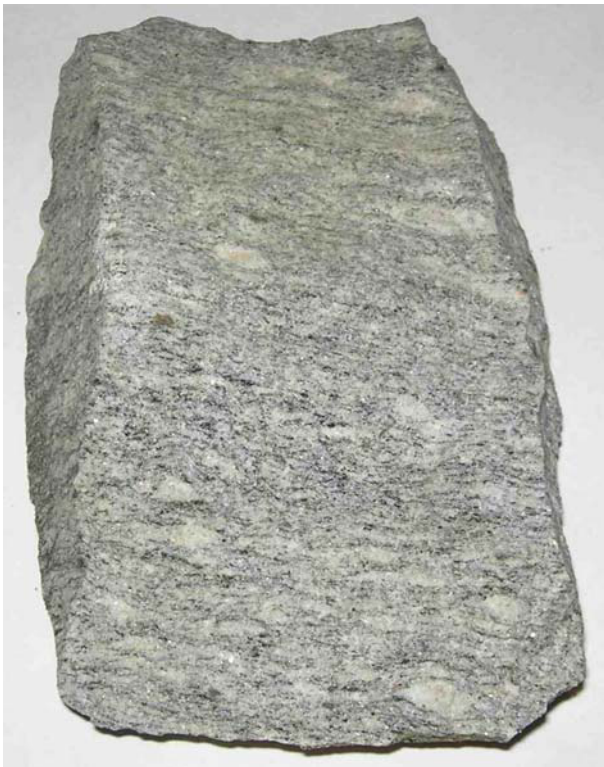
**ÅDERGNEJS** kan bildas genom kraftig metamorfos av olika ursprungsbergarter, exempelvis tuffer eller bandade sedimentbergarter med omväxlande sandiga och leriga skikt. Ådergnejsen innehåller ljusa band av kvarts och fältspat, och mörkare skikt med biotit och hornblände. Kvartsen och fältspaten har lägre smält-temperatur än de mörka mineralen, och bildar därför ådror av delvis uppsmält material. En ådergnejs med tydliga tecken på uppsmältning kallas även **migmatit**.



**KVARTSIT** bildas genom omkristallisering av kvartssandsten. Är sandstenen ren består kvartsiten nästan uteslutande av kvarts, och är ljus, hård och massiv.



**MARMOR** bildas genom omkristallisering av kalksten, varvid eventuella fossil utplånas. Ren marmor består av mineralet kalcit, och är vit med ett "sockrigt" utseende (exempel italiensk Carrara-marmor, populär för skulpturer) men betydligt mjukare än kvartsit. Oren marmor innehåller mörka eller grönaktiga ådror av andra mineral förutom kalcit, vilket ger den ett typiskt "marmorerat" utseende (exempel Kolmårds-marmor, vanlig i många byggnader). **Skarn** bildas genom omvandling av oren kalksten eller reaktioner mellan kalksten och heta lösningar, ofta i anslutning till en granit-intrusion, och består främst av olika kalcium-silikat-mineral. Ofta innehåller skarnet också olika typer av malm, exempelvis i Bergslagen.



**GNEJSGRANIT** betecknar en förgnejsad och deformerad granit. Till skillnad från den massformiga graniten har mineralkornen här en tydlig parallell orientering, uppkommen genom det riktade trycket i jordskorpan. Samtidigt är gnejsgraniter oftast betydligt mer homogena än de bandade och ådriga gnejser som bildats från sedimentära bergarter. I provet på bilden syns enstaka större fältspatkorn som överlevt deformationen. Är innehållet av stora, utpressade fältspatkristaller med ögonliknande form större, kallas bergarten **ögongnejs**



**GNEJS** är en samlingsbeteckning för kraftigt metamorfoserade bergarter med gnejsig struktur, dvs mineralkornen är tydligt orienterade och ofta koncentrerade i olikfärgade band. Gnejsen kan vara av olika ursprung, exempelvis metamorft omvandlade vulkaniter, granitiska eller sedimentära bergarter. Ursprunget för ett enskilt gnejsprov låter sig ofta inte avgöras, utan många gånger krävs omfattande kartering i fält (jämför "Ådergnejs", "Gnejsgranit").



**GRÖNSTEN** betecknar måttligt omvandlade basiska bergarter (gabbro, diabas eller basalt), vilka ofta har en mörkt grönaktig färg. Provet på bilden innehåller blåsrum efter gas vilka under omvandlingen fyllts med ljus kalcit. En grönsten med en tydligt skiffrig struktur kallas **grönskiffer**.



**AMFIBOLIT** är en kraftigare omvandlad basisk bergart. Amphiboliten är mörk med ett stängligt utseende beroende på innehållet av parallellt orienterade avlånga amfibolkristaller. I provet på bilden syns också ljus plagioklas och röd granat.



**GRANULIT** är en samlingsbeteckning på sura och basiska bergarter som utsatts för höga tryck och temperaturer i de undre delarna av jordskorpan. Mineralen pyroxen (ortopyroxen) är ett karaktäristiskt inslag. Granulit med ursprung från graniter kallas **charnockit**, och förekommer i Sverige i Varbergs-trakten.



**EKLOGIT** är en basisk bergart som varit utsatt för mycket höga tryck, till exempel i en oceanplatta som pressats ned i en subduktionszon. Jordens mantel tros innehålla mycket eklogit. Bergarten består av grön pyroxen och röd granat. Påträffas i Sverige lokalt i fjällkedjan och på några platser i sydvästra Sverige

# Malmer och malmbildning

För vår moderna civilisation är vi beroende av en rad råvaror ur jordskorpan: järn och en rad andra metaller; kalk till cement, som jordförbättring och till en rad andra industriella processer; kvarts, fältspater och lera till glas, porslin och andra keramiska material; ren kisel till datorprocessorer och annan elektronik; byggnadssten, makadam, grus, sand, lera (till tegel) och gips till byggande; kol, olja och naturgas, liksom även uran, som energikällor, och olja som råvara till plastframställning. På senare år har en rad ovanliga grundämnen, s.k sällsynta jordartselement, blivit åtråvärda för ett flertal högteknologiska tillämpningar inom bl.a. elektronik. Dessa råvaror är ändliga, och vi måste lära oss att hushålla och återanvända dem bättre om de ska räcka till en växande befolkning och till framtida generationer.

## Malmer, metaller och malmineral

Metaller utvinns ur malm. Med malm menar man en bergart som innehåller en sådan koncentration av metaller och är av sådan storlek att den är ekonomiskt brytvärd. Är malmkroppen för liten för att vara brytvärd talar man om en mineralisering. I äldre tider krävdes oftast en ytnära och mycket koncentrerad malm för att den skulle gå att bryta med dåtidens enkla metoder, däremot var inte storleken så viktig. Med dagens storskaliga brytningsmetoder är storleken desto viktigare, däremot behöver metallhalterna inte vara lika höga, särskilt inte för mer sällsynta och värdefulla metaller.

De flesta metaller, med undantag av järn och aluminium, förekommer normalt endast i mycket små mängder i jordskorpan, utspridda som så kallade spårämnen i olika silikatmineral. I en malm eller mineralisering är de kraftigt anrikade och koncentrerade till särskilda mineral. Oftast är de oxider, det vill säga föreningar med syre, exempelvis järnmalmmineralen hematit och magnetit, eller sulfider, det vill säga föreningar med svavel, exempelvis kopparkis, zinkblände och blyglans. Dessa mineral känns ofta igen på sin metalliska glans och färg, de är också betydligt tyngre än vanlig sten, och när det gäller magnetit kraftigt magnetisk. I vissa typer av malmer bildar malmineralen en massiv malmkropp, ofta med en skarp avgränsning mot omgivande sidoberg. I andra typer av malm förekommer de som en finkornig impregnering i en vanlig bergart, eller sitter i tunna ådror och sprickfyllnader vilka genomsätter berget.

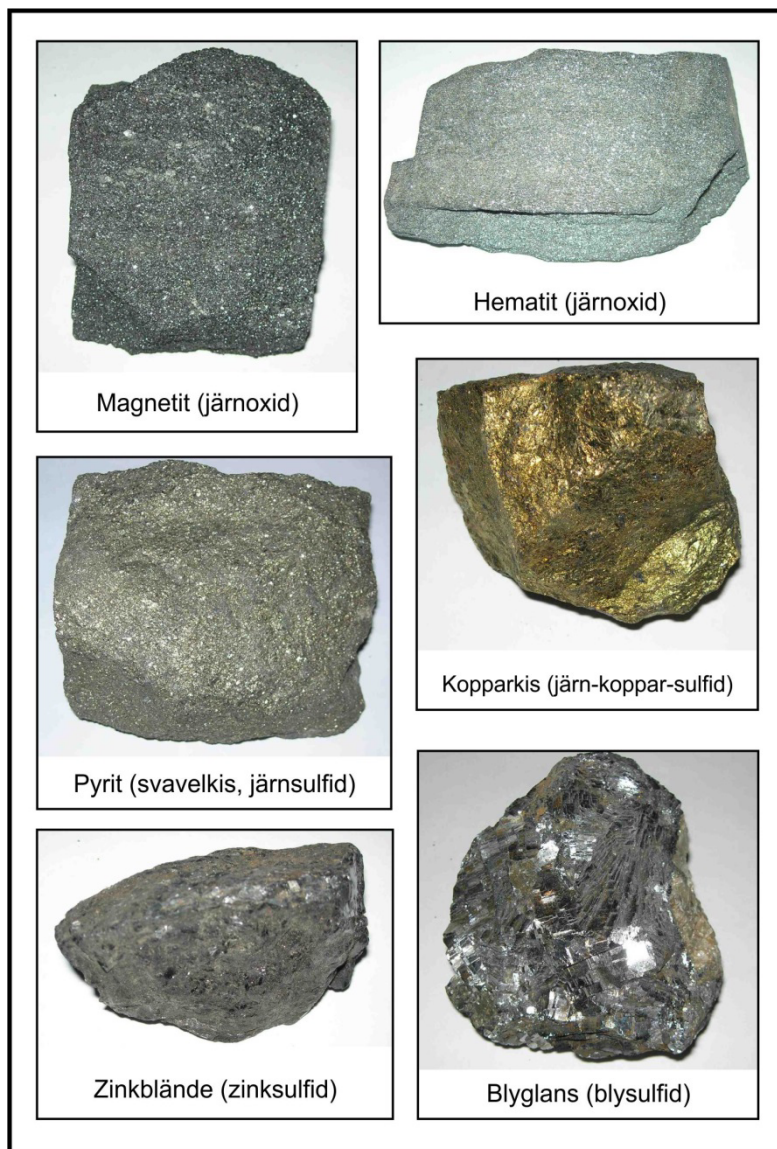


*Block av kopparmalm*



*Block av bandad hematit-järnmalm*





*Några vanliga malmmineral.*

Även om järn och aluminium är vanliga beståndsdelar i jordskorpan kan inte heller dessa på ett effektivt sätt utvinns ur vanliga bergarter, utan de måste utvinns från särskilda malmkroppar. Järn utvinns från hematit- eller magnetit-järnmalmer, aluminium från bauxit. Bauxit är en blandning av järn- och aluminium-oxider och hydroxider vilka bildas vid vittring av aluminiumrika bergarter i tropisk miljö.

Ädelmetallerna silver och guld finns endast i mycket små halter i jordskorpan, och även i många malmer förekommer de endast i låga halter och utvinns som biprodukter vid brytning. Silver finns ibland i små mängder ihop med blymalm (till exempel i Sala), guld ihop med kopparmalm (till exempel i Falun, Boliden, Aitik). Endast vid kraftig koncentration bildar dessa metaller egna mineral (silver) eller uppträder i gedigen form som ren metall (silver eller guld). Kongsbergs historiska silvergruvor i södra Norge är kända för de stora och ofta märkligt formade prov av gediget silver som påträffats där.

## Olika typer av malmbildning

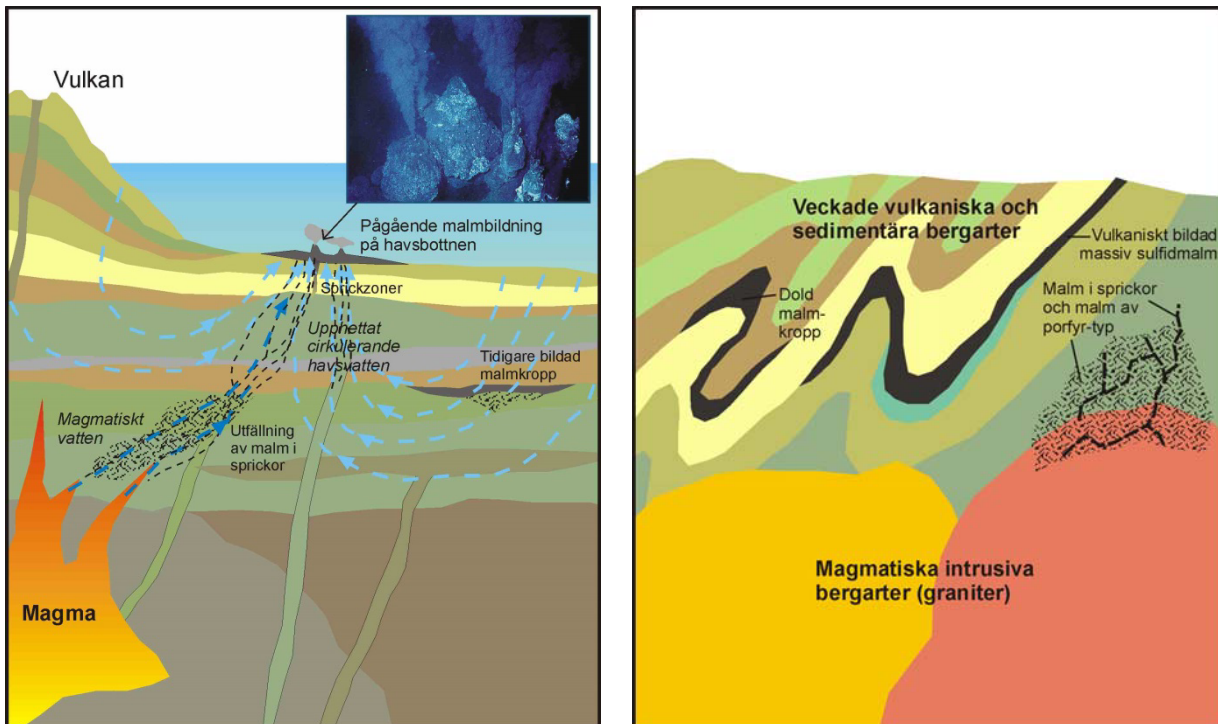
Metaller kan koncentreras genom såväl magmatiska som metamorfa och sedimentära processer. Vissa järnmalmer (troligtvis bland annat Kiruna-malmerna) liksom malmförekomster med titan, vanadin, krom, nickel eller platina kan bildas genom att malmmineralen direkt kristalliserar från en magma och genom sin tyngd samlas i botten av magmakammaren.

Vanligt är annars att metallerna koncentreras i varma, salthaltiga vattenlösningar (*hydrotermala lösningar*), vilka antingen kan härstamma direkt från magman eller utgöras av grundvatten som uppvärmts av en underliggande magmakropp, och som lakat ut metaller ur omgivande berggrund. Metallerna kan sedan fällas ut i det uppspruckna berget ovanför magmaintrusionen. Detta gäller till exempel flera stora förekomster av koppar, molybden och tenn i Anderna och Klippiga bergen, som bildar malmer av så kallad porfyr-typ (*porphyry copper* etc på engelska). Kopparmalmen i Aitik i Norrbotten är av likartad typ.

Andra malmtyper bildas när lösningarna träffar på kalksten i omgivningarna, så kallade skarnmineraliseringar (gäller en del koppar-bly-zink-malmer i Bergslagen och i Oslo-området). Ibland fälls bly, zink, silver och guld ut i kvarts- eller kalcitgångar längs förkastningssprickor på större avstånd från magmaintrusionen, i vissa fall utan något uppenbart samband med magmatisk aktivitet. Möjligen kan i senare fall de malmbildande lösningarna ha bildats genom metamorfa processer (omvandling av berggrunden), då vatten kan frigöras ur berggrunden genom uppvärmningen.

En vanlig malmtyp är sulfidmalmer med koppar, bly, zink, silver och guld vilka avsatts i samband med vulkanism på havsbotten. Stora mängder havsvatten cirkulerar i sprickor i berggrunden, värms upp av underliggande magma och tar upp metaller ur berget. När vattnet sedan strömmar ut på havsbotten fälls metallerna ut och bildar en linsformad malmkropp som bäddas in i omgivande sediment. Flera exempel på sådan pågående hydrotermal malmbildning, så kallade *black smokers*, har påträffats längs de mittoceana ryggar på senare år. Sker malmbildningen i en vulkanisk öbåge kan malmen bevaras, veckas och deformeras ihop med omgivande vulkaniska och sedimentära bergarter, och inkorporeras i den kontinentala jordskorpan. Huvuddelen av malmerna i Bergslagen och Skelleftefältet har troligen bildats på detta sätt, liksom en del malmer i fjällkedjan högre delar (exempelvis Stekenjokk). Även många järnmalmer har troligen bildats genom utfällning på havsbotten, såsom Bergslagens kalk- eller kvartsbandade järnmalmer.

Vissa malmtyper har bildats genom utfällning från varma vattenlösningar utan något uppenbart samband med magmatism. Det gäller bly-zink-malmer i kalkstenar i centrala USA, liksom impregnationer med bly och zink i sandsten längs fjällranden i Sverige, till exempel Laisvall. Lösningarna kan härstamma från djupa bassänger med sediment från vilka de pressats ut vid kompakteringen. När de når en porös bergart på mindre djup fälls metallerna ut i hålrum i denna.



Principskiss av malmbildning på havsbotten från cirkulerande havsvatten och i sprickor ovanför en magmakammare (t.v.). Det infällda fotot visar en s.k. black smoker som fäller ut sulfidmineral på havsbotten (Foto: Michael Perfit, NOAA). Profilen till höger visar hur dessa malmer (svarta) kan se ut idag efter det att berggrunden veckats ihop och lyfts upp.

Eventuellt kan reaktioner med organiska rester i bergarten spela en roll. Kopparförande skifferar är ett annat exempel på sådana processer, liksom en del uranmineraliseringar.

En viktig typ av järnmalmer, s.k. bandade järnmalmer (*banded iron formations*, BIF, på engelska) bildades genom utfällning av järnoxid (magnetit eller hematit) på havsbotten, mot slutet av Arkeikum eller början av Proterozoikum, för mellan 3 och 2 miljarder år sedan. Syreproducerande mikroorganismer som uppstod i haven vid denna tid gjorde att det järn som tidigare varit löst i havsvattnet oxiderades till järnoxid och fälldes ut på havsbotten, växellagrat med lera eller finkristallin kiseldioxid. En del av dessa malmer har bevarats till vår tid i områden med äldre berggrund, bl.a. är Bergslagens järnmalmer åtminstone delvis av denna typ.

Slutligen kan vissa malmer bildas genom rent sedimentära processer. Detta kan ske genom att tidigare bildade malmmineral anrikas genom sin tyngd i samband med erosion, transport och sedimentation, och därigenom koncentreras till vissa tungmineralhorisonter i sedimenten. Detta gäller t.ex. en del guldförekomster, som kan uppträda som avlagringar i flodbäddar och som kan utvinnas genom vaskning. De guldkorn som kan påträffas vid guldvaskning i åar och bäckar har alltså sitt ursprung i guldförekomster i fasta berggrunden, och har genom erosionen förts ut i vattendragen där de genom sin tyngd gärna samlas på vissa platser.

## Malmprospektering - att leta efter malm

Gruv- och prospekteringsbolag söker hela tiden efter nya malmtillgångar i jordskorpan. Det första villkoret för att systematiskt kunna leta efter malm är tillgång till geologiska kartor. I Sverige producerar Sveriges geologiska undersökning (SGU), som är en statlig myndighet, kartor över berggrund och jordarter i olika skala. Vidare behövs kunskap och förståelse för hur olika malmer bildas, i vilken geologisk miljö och i vilken typ av bergarter de kan påträffas, något som malmgeologisk forskning kan bidra med.

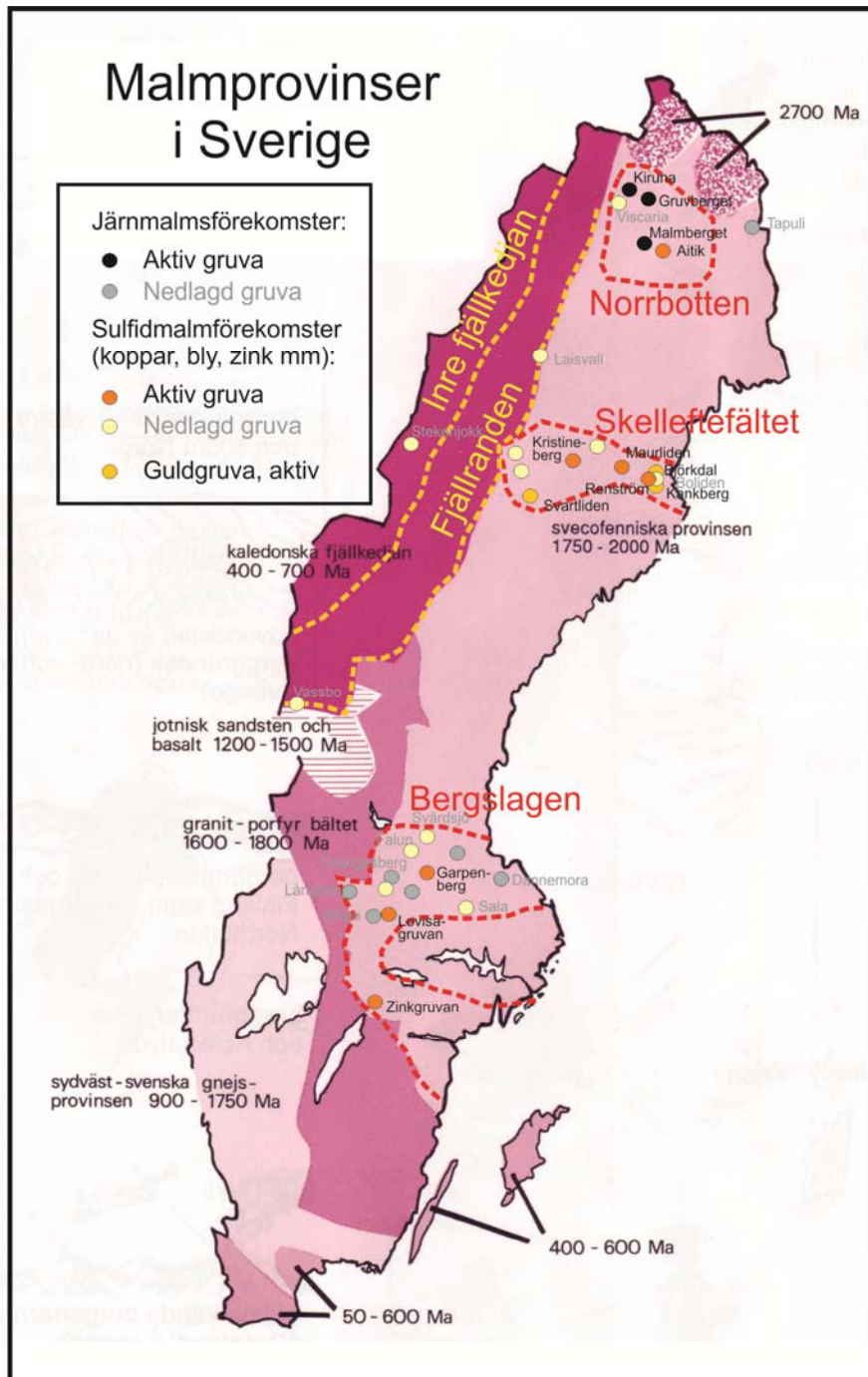
Malmkroppar som går i dagen kan ofta påträffas rätt lätt, genom att de avviker i utseendet från omgivande berggrund, och de flesta sådana malmkroppar har säkerligen redan påträffats under århundradenas gång. Är malmens utgående täckt av morän eller andra lösa avlagringar finns ofta en geokemisk anomali i form av förhöjda halter av olika metaller i omgivande jordarter, vilken kan upptäckas genom systematisk provtagning. I Sverige har ofta inlandsisen fört med sig lösa block från malmen, vilka kan påträffas i moränen, och genom att spåra sådana blocksvansar bakåt mot isrörelseriktningen kan malmens fasta utgående i berget ibland hittas.

Malmer som inte når upp till jordytan är svårare att upptäcka. Ofta ger de dock upphov till olika geofysiska anomalier: de är tyngre än omgivande berg och ger därmed upphov till avvikelser i gravitationen, de är ofta elektriskt ledande och ger därför olika elektriska anomalier, och magnetit-järnmalmer ger upphov till starka magnetiska anomalier. Genom olika geofysiska mätmetoder kan därför även sådana malmer upptäckas. Många malmer omges också av geokemiska anomalier i omgivande berggrund genom att denna påverkas av genomströmmande heta och metallhaltiga vattenlösningar. Sådana omvandlingszoner kan alltså vara en viktig ledtråd när man söker efter malm.

För att säkert kunna bestämma en malms form, storlek och halt av olika metaller måste man sedan borra flera borrhål, något som är tidsödande och kostsamt, och som därför görs först när man har säkra indikationer från andra metoder. Sedan vidtar eventuellt provbrytning, och slutligen brytning i full skala, antingen i dagbrott eller i underjordsgruva, om detta bedöms vara lönsamt.

## Malm i Sverige

Sverige har lång tradition vad det gäller gruvbrytning och metallutvinning, ända sedan medeltiden. Silver från Sala och koppar från Falun betydde mycket för att bekosta stormaktstidens krig, och i modernare tid har utvinning av järn och andra metaller varit en av grunderna för Sveriges industriella utveckling och ekonomiska välfärd. Bergslagen i mellersta Sverige, Skelleftefältet i Västerbotten och Norrbottens malmfält är alla viktiga malmproducerande områden. Därtill kommer en del malmförekomster längs fjällranden (Laisvall, Vassbo) och högre upp i fjällen (Stekenjokk) vilka brutits i modern tid.



*Ytterst förenklad geologisk karta över Sverige, vilken visar berggrundens ålder i miljoner år (Ma) i olika delar av landet, och de viktigaste malmdistrikten och malmförekomsterna.*



*Sverige är ett av de viktigaste metallproducerande länderna i Europa, och har en lång tradition av gruvbrytning och metallhantering. Falu koppargruva är en av de historiskt viktigaste gruvorna, med brytning av koppar från tidig medeltid fram till 1992, och den historiska gruvmiljön är nu på Unesco's världsarvslista. Hålet "Stora Stöten" bildades delvis genom ett ras år 1687. Foto: Åke Johansson.*

Några av landets malmförekomster, såsom Kiruna, Aitik, Boliden, Laisvall och Falun, är välkända och är, eller har varit, betydelsefulla även i ett internationellt perspektiv. Även om många gruvor lades ner under 1960- och 70-talen är malmproduktionen från de gruvor som återstår idag jämförbar eller större. Sverige är Europas största producent av järn och en betydande producent av flera andra metaller, som basmetallerna koppar, bly och zink, och ädelmetallerna silver och guld. Dagens höga metallpriser har dessutom inneburit en boom för gruvbrytning och malmprospektering.





Föreningen för Geologins Dag, 2015

c/o Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 751 28 Uppsala

Tel. 018-17 90 28

E-post: [geologinsdag@sgu.se](mailto:geologinsdag@sgu.se)

[www.geologinsdag.nu](http://www.geologinsdag.nu)