Meteoriter och misstänkta nedslagskratrar i norra Sverige

Robert Lagerbäck & Jan-Olov Svedlund

mars 2013

SGU-rapport 2013:2



SGU
Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Omslagsbild: Mossatjärnen – en meteoritkrater 15 km nordväst om Ramsele i Ångermanland. Foto: Robert Lagerbäck.

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

INNEHÅLL

Inledning **4**
Kort om meteoriter och meteoritnedslag 4
Ryssland har drabbats tidigare 5

Vad vet vi om svenska meteoriter och meteoritnedslag **6**
Torbygget 7
Nyare observationer av kraterliknande formationer 7
Mölingennäset 8
Vutnesj-jaure 8
Kuttainen 8
Stickelstjärnen 12
Rundtjärnen 12
Grenåsmyren 14
Ånn 15
Mossatjärnen – Ramselekratern 17
Muonionalusta 24

Slutord **25**

Referenser **25**

INLEDNING

I samband med olika karterings- och forskningsprojekt i norra Sverige har vi under årens lopp gjort ett stort antal iakttagelser som fört tankarna till meteoriter och möjliga meteoritnedslag. Inte minst har det rört sig om märkligt utformade gropar i jordtäcket. Mycket översiktliga undersökningar i avsikt att försöka fastställa den sanna naturen hos dessa företeelser har gjorts på några få platser, men då det visat sig svårt att få medel för mer ingående undersökningar har observationerna och resultaten av de preliminära undersökningarna sedimenterat djupt nere i byrålådorna. I ljuset av den spektakulära meteoren över staden Tjeljabinsk i Ryssland för ett par veckor sedan, och att asteroiden 2012 DA14 strax därefter passerade jorden på armlängds avstånd, väcktes minnena till liv och vi tyckte att det kunde vara av visst intresse att gräva fram och kort sammanfatta några av våra iakttagelser. Därför denna i all hast upprättade rapport som enligt vår mening avhandlar minst en nedslagskrater men också en riktig rötmånadshistoria.

Kort om meteoriter och meteoritnedslag

En meteorit i egentlig bemärkelse är en utomjordisk kropp som har överlevt passagen genom jordens atmosfär och hamnat på jordytan. Innan dess var meteoriten en meteoroid och syntes som en meteor när den föll genom jordatmosfären. Om en utomjordisk kropp väl når jorden brukar man dock tala om den som en meteorit redan när den kommer in i atmosfären, även om den bryts sönder och till stor del ”brinner upp” på vägen ner. Lyckligtvis omges jorden av en atmosfär som gör att praktiskt taget alla inkommande rymdstenar bryts ner innan de når jordytan. Om så inte vore fallet skulle jorden, som t.ex. månen, ständigt bombarderas av de större eller mindre projektiler som kommer susande med kosmisk hastighet. Att träffas av ett än så litet sandkorn med den hastigheten vore naturligtvis förödande. Man har uppskattat att utomjordiska partiklar med en sammanlagd massa på tiotusentals ton dagligen kommer in i jordens atmosfär men att endast en mycket liten andel av dessa når jordytan.

Meteoriter kan ha olika sammansättning. Man brukar indela dem i stenmeteoriter, som är vanligast, järnmeteoriter och järnstenmeteoriter. De allra flesta meteoriter har sitt ursprung i det s.k. asteroidbältet mellan planeterna Mars och Jupiter. I asteroidbältet finns himlakroppar av olika storlekar. Den största kallas för Ceres och är närmare 100 mil i diameter men där finns också oräkneliga mindre stenbumlingar. Asteroiderna och de mindre bumlingarna i asteroidbältet ligger normalt i stabila banor runt solen, men det händer att de kommer ur kurs och kommer in i jordens eller de andra planeternas dragningsfält. Även partiklar som frigjort sig från kometer kan sugas in av jorden men de är i allmänhet mycket små och förintas (”brinner upp”) innan de når jordytan. Man ser dem som ytterst kortlivade vita streck på himlen, s.k. stjärnfall eller meteorer. Sådana små partiklar är ofta inte mycket större än ett sandkorn.

Är den inkommande projektilen större blir meteorerna mer uthålliga och kan utvecklas till formidabla eldklot, bolider, som syns även dagtid. Det var en sådan bolid vi såg på videoupptagningarna från Ryssland förra veckan och röksvansen som blev kvar på himlen bestod av stoft som frigjorts från meteoridens yta under färden genom atmosfären. Massan hos en kropp som passerar genom atmosfären minskar drastiskt, men är den inkommande projektilen stor kan den undgå att smälta eller förgasas helt och hållet och nå jordytan. Det är dock vanligt att meteoriden bryts sönder i mindre fragment under färden ner genom atmosfären och bildar en meteoritskur där de enskilda fragmenten kan spridas över ett stort område.

Är meteoriten som når jordytan liten, några få kilo eller mindre, har dess hastighet saktats ned så mycket att den inte lämnar några påtagliga spår efter sig utan bara lägger sig i markytan som vilken sten som helst. Är meteoriten större bildas nedslagsgropar, ju större meteorit – desto större grop. Är meteoriten som når jordytan mycket stor, något tusental ton eller större, så har dess hastighet inte minskat nämnvärt under färden genom atmosfären och den kommer till stor del att förgasas i en explosion och spränga ut en mer eller mindre cirkelrund meteoritkrater i marken. Man brukar säga att meteoritkratrar med en diameter större än ca 100 m har bildats genom explosioner. Gränsen mellan rent mekaniskt utgrävda nedslagsgropar och mindre explosionskratrar är dock knappast skarp utan också kratrar som är mindre än 100 m kan ha skapats genom att meteoriten delvis förgasats och exploderat vid nedslaget.

Ett ordinärt stjärnfall anses ju kunna bringa lycka med sig om man ger uttryck för sina önskningar på lämpligt sätt. De riktigt stora projektilerna bringar dock knappast någon lycka med sig när de dimper ner. Om asteroiden 2012 DA14, närmare 50 m i diameter och ca 130 000 ton tung, hade ”sugits” in av jorden hade scenariot blivit dramatiskt. En visserligen väsentligt tyngre men ungefär lika stor järnmeteorit damp ned i nuvarande Arizona för ca 50 000 år sedan. Den sprängde ut en dryga kilometern vid och ca 200 m djup krater, och tryckvågen och värmeutvecklingen åstadkom ödeläggelse inom ett mycket stort område runt nedslagsplatsen. Att effekten blev så stor beror på att de riktigt stora meteoriterna träffar jordytan i mycket hög hastighet. Hastigheten hos en inkommande himlakropp är som minst 11,2 km per sekund men kan vara så hög som 70 km per sekund och de riktigt stora klumparna bromsas inte in nämnvärt innan de når jordytan.

NASA uppskattar att ca en halv miljon asteroider av samma storleksordning som 2012 DA14 finns i jordens ”närhet” och att någon av dem passerar oss på ungefär samma avstånd som 2012 DA14 vart fyrtionde år. Att vi ska träffas av en himlakropp av den storleken har beräknats inträffa i genomsnitt vart ettusentvåhundrade år. Preliminära data från NASA anger att meteoriten som drabbade Tjeljabinsk den 15:e februari var ca 17 m i diameter, vägde ca 10 000 ton och hade en hastighet av 18 km/s innan den kom in och började brytas ned i atmosfären. Enligt preliminära beräkningar frigjordes under fallet en energimängd motsvarande detonationen av 500 000 ton trotyl, vilket motsvarar ca 30 Hiroshimabomber. Att jorden ska drabbas av en meteoroid av samma storleksordning som den som föll över Tjeljabinsk beräknas ske ungefär vart hundrade år. Statistik är dock statistik så det innebär inte att vi som lever nu kan andas ut.

Så vitt bekant har man hittills endast hittat relativt små fragment (ca 1 kilo och mindre) efter meteoroiden på markytan och ännu inte lokaliserat någon säker nedslagsgrop i Tjeljabinsk. Det mest påtagliga spåret på jordytan är fortfarande ett 8 m stort hål i isen på en sjö i området, men meteoriten som slog upp hålet hittades åtminstone inte vid de första dykningarna i sjön. Det tycks således som om himlaklumpen bröts ned i stort sett fullständigt innan den nådde jordens yta och det ska de vara väldigt glada åt där borta i Ryssland.

Ryssland har drabbats tidigare

Över tusen personer rapporteras skadade i samband med att meteoren föll över Tjeljabinsk, främst som en följd av att tryckvågen som uppstod vid inträdet i atmosfären krossade hundratusentals fönsterrutor. Så vitt hittills rapporterat omkom ingen människa men händelsen blev ändå en påminnelse om att vi befinner oss på en liten planet som svävar runt i ett uni-

versum fullt av stenbumlingar. Detta kan vara lätt att glömma när allt är lugnt och bekymren inskränker sig till huruvida kollektivtrafiken löper som den ska eller om reporäntan ska gå upp eller ned. Ryssarna har påmints tidigare om att det är en skenbar trygghet vi lever i.

1947 föll en järnmeteorit över Sikhote-Alin, en bergskedja i östra Sibirien. Precis som för två veckor sedan lystes himlen upp av ett eldklot som överglänste Solen, en våldsam explosion följde och en 3 mil lång röksvans kunde ses i timmar efter fallet. Den ursprungliga himlakroppen tros ha haft en massa på ca 100 ton men den sprängdes sönder vid inträdet i atmosfären och bildade en meteoritskur. De upphittade fragmenten hade en sammanlagd vikt på ca 23 ton och det största enskilda fragmentet vägde närmare 2 ton. I den största nedslagsgropen, som mätte 26 m i diameter och var 6 m djup, hittades ett otal meteoritfragment med en sammanlagd vikt på flera hundra kilo. Förutom att den ursprungliga himlakroppen hade brutits sönder under färden genom atmosfären hade uppenbarligen också många av de enskilda meteoriterna splittrats när de träffade marken.

Nästan fyrtio år tidigare, 1908, inträffade en fruktansvärd smäll vid floden Tunguska, också det i Sibirien. Tryckvågen vräkte omkull uppskattningsvis 80 miljoner träd inom ett över 20 kvadratmil stort område. Man har beräknat att sprängkraften vid explosionen motsvarade mer än 10 megaton trotyl, eller närmare tusen Hiroshimabomber. Det märkliga är dock att man inte har hittat några påtagliga spår i berggrunden eller ens i jordtäcket i området och man är ännu idag inte klar över vad som orsakade smällen. Allt ifrån mindre svarta hål (oerhört tätt komprimerad materia) eller antimateria till främmande rymdfarkoster har föreslagits. De flesta seriösa vetenskapsmän är dock övertygade om att det var någon typ av himlakropp, möjligen en komet, som orsakade smällen vid inträdet i atmosfären. En komet består huvudsakligen av is och skulle lättare än en sten- eller järnmeteorit ha kunnat fragmenteras och förgasas innan den nådde marken.

VAD VET VI OM SVENSKA METEORITER OCH METEORITNEDSLAG

Kunskapen om svenska meteoriter och meteoritnedslag sönderfaller i stort sett i två kategorier. Dels har man identifierat ett antal stora och mycket gamla meteoritkratrar, s.k. astroblem, i den svenska berggrunden (se t.ex. Wickman 1988, Henkel & Pesonen 1992). Den mest kända av dessa är den s.k. Siljansringen som bildades för ca 370 miljoner år sedan då en kilometerstor meteorit sprängde ut en enorm krater i Dalarnas berggrund. Den andra kategorin omfattar meteoriter som ramlat ned under senare tid. I flera fall har man till och med sett när meteoriterna föll, men dessa var inte tillräckligt stora för att lämna några kratrar efter sig.

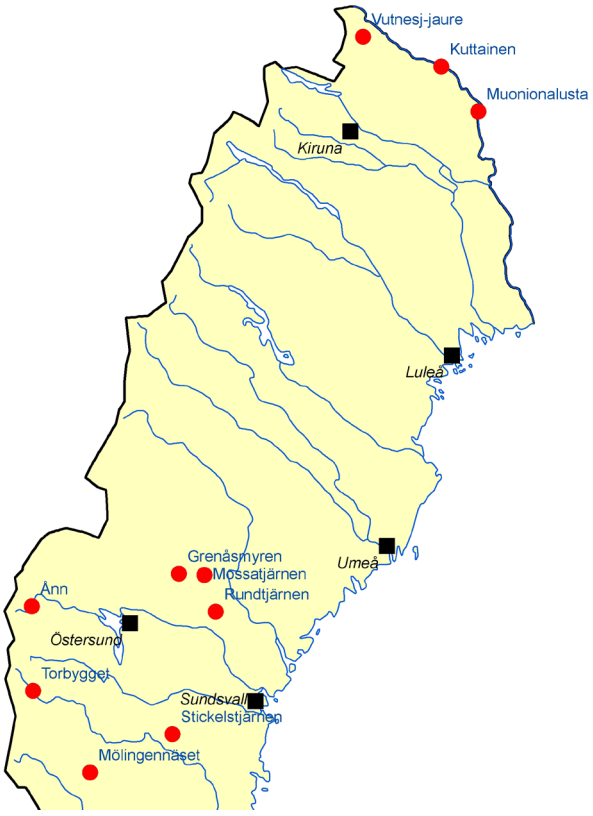
Statistik över hur ofta meteoriter av olika storlek träffar jordytan antyder emellertid att Sverige också under senare geologisk tid, t.ex. senare delen av kvartärperioden och även efter senaste istiden, borde ha träffats av ett flertal meteoriter som varit tillräckligt stora för att ha slagit upp ansenliga hål i marken. I Sveriges grannland Estland finns t.ex. en serie betydande nedslagskratrar efter en meteoritsvärm som slog ned för ett antal tusen år sedan. Den exakta åldern har inte kunnat fastställas men det är helt klart att det inträffade efter den senaste nedisningen. Man har spekulerat i att vissa passager i det finska nationaleposet Kalevala, som anses ha djupa folkliga rötter, rent av skulle kunna syfta på den spektakulära händelsen då eldkloten föll från himlen. Men var hittar man spåren efter sådana nedslag i Sverige?

Torbygget

Den hittills främsta kandidaten till att tillhöra denna tredje kategori är Torkratern, vid Torbygget mellan Tännäs och Funäsdalen i Härjedalen. Den kraterlika gropen, som mäter ca 40 m i diameter och är uppemot 5 m djup, är utbildad i morän och når så vitt man vet inte ned till berggrunden. Formationen är sedan lång tid tillbaka känd och uppmärksammad som en möjlig meteoritkrater men har inte undersökts mer ingående förrän under senare år (t.ex. Henkel, m.fl. 1996). Det främsta belägget för ett meteoritursprung är dock fortfarande det spektakulära utseendet – det är mycket lätt att föreställa sig att gropen slagits upp av en betydande himlaklump men ytterst svårt att hitta en rimlig alternativ förklaring. Något meteoritiskt material har så vitt bekant inte hittats i eller intill gropen men ingen har heller särskilt aktivt letat efter det. Att ge sig på formationen med t.ex. en grävmaskin vore ett helgerån. I samband med flygbildstolkning och rekognosering inom regionen har vi dessutom hittat fler misstänkta men mindre gropar, vilket antyder att det kan ha varit en meteoritsvärm som slog ned i området. Gropens ålder är inte fastställd men den torde tveklöst ha bildats efter att den senaste inlandsisen smälte bort eftersom denna sannolikt varit aktivt eroderande inom området och skulle ha ”suddat” ut spåren efter nedslaget om detta hade inträffat innan den senaste nedisningen.

Nyare observationer av kraterliknande formationer

Nedan beskrivs kortfattat ett urval av kraterliknande formationer som dragit ögonen till sig i samband med flygbildstolkning och rekognosering inom de norra delarna av landet (fig. 1). Listan skulle kunna göras mycket längre men dessa får utgöra exempel på olika typer av gropar vi har sett.



Figur 1. Möjliga meteoritkratrar och andra företeelser som diskuteras i rapporten.

Mölingennäset

Vid Mölingennäset, 18 km sydväst om Lillhärdal i södra Härjedalen, finns en serie spektakulärt utformade gropar i moränterräng. Framförallt den större gropen är imponerande och påminner om den förmodade nedslagsgropen vid Torbygget. Gropen vid Mölingennäset är dock något större (ca 40 × 50 m) och framförallt väsentligt djupare, uppemot 11 m. De övriga groparna är mindre och betydligt grundare. Åtminstone hälften av groparna är något avlånga och orienterade i nordväst–sydost. Området har besökts vid två tillfällen och groparna har dokumenterats översiktligt av Svedlund och Lokrantz (2005) men någon klarhet vad gäller bildningssättet erhölls inte. På samma sätt som för gropen vid Torbygget är det svårt att hitta en alternativ förklaring, så meteorithypotesen är fortfarande huvudspåret.

Vutnesj-jaure

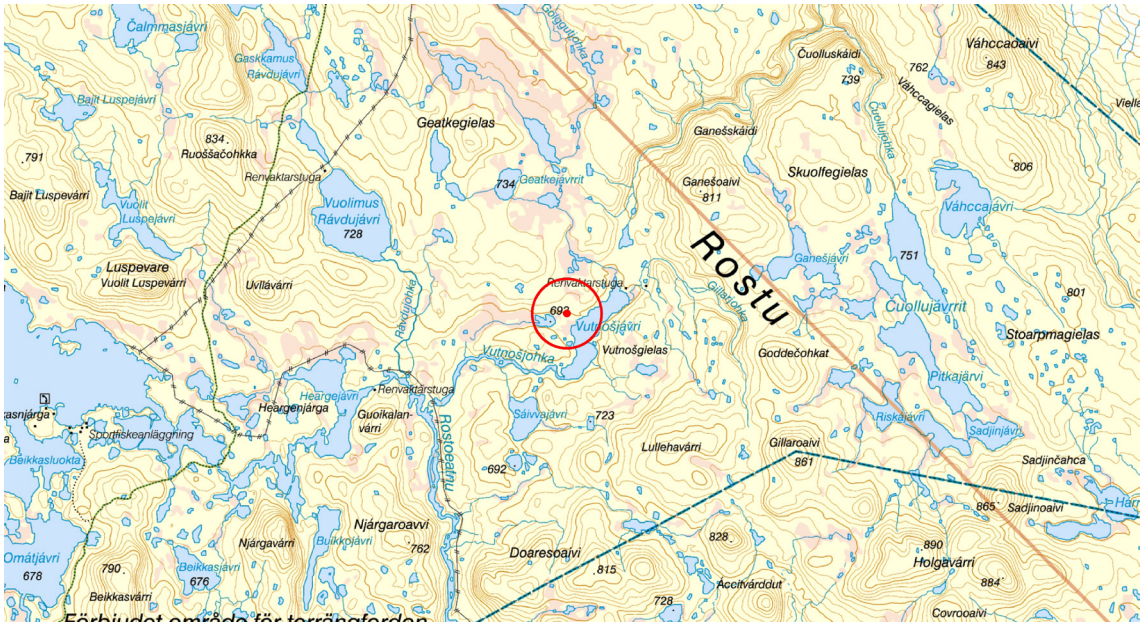
På tundran längst upp i nordligaste Sverige har ett antal mindre (8–10 m) men ytterst välrundade, djupa (trattformade) och oftast vattenfyllda gropar noterats i samband med flygbildstolkning eller rekognosering. Figur 2 visar en av dessa gropar, vid sjön Vutnesj-jaure knappt 2 mil söder om Kummavuopio (fig. 3). Gropen är perfekt cirkelrund, ca 10 m i diameter och utbildad i sandiga isälvssediment. Runt gropen hittades många stenar som såg ut att vara spräckta. Om stenarna frusit sönder, träffats av en meteorit eller gått sönder på annat vis gick inte att bedöma vid ett snabbt besök.

Gropen omges av en flack försänkning (insjunkning?) i isälvsmaterialet. Denna skulle hypotetiskt ha kunnat bildas genom kompaktion av de sandiga jordlagren i samband med skakningen vid ett meteoritnedslag. En annan, lika hypotetisk, förklaring kan kanske vara att artesiskt vatten punkterat och strömmat ut genom ett måttligt mäktigt permafrostlager. Välrundade termokarstgropar (fossila pingos) finns inom området men de är betydligt större, utbildade i moränterräng och har en helt annan utformning. Gropen ser inte heller ut som en dödisgrop. Då gropen ligger långt från väg och kräver dyra transporter för att ta upp undersökningsutrustning kommer bildningssättet sannolikt att förbli en väl förborgad hemlighet.

Kuttainen

I de myrlänta sandmarkerna sydväst om Kuttainen, nära gränsen mot Finland (fig. 4), finns en annan påtagligt välrundad grop. Gropen undersöktes på initiativ av Sune Töyrä som vuxit upp i Kuttainen men inte hört berättas något om vare sig meteoritnedslag eller annat som kunde förklara gropens tillkomst. Gropen ligger visserligen i anslutning till helt ordinära fångstgropar, som är vanliga i trakten, men om det skulle vara fråga om en fångstgrop så har storleken snarast anpassats till att fånga mammutar eller hela hjordar av ren eller älg (fig. 5). Det finns knappast heller tillräckligt långa träd i trakten för att lägga över och maskera gropen för tilltänkta bytesdjur och inga vedrester påträffades heller nere i gropen. Liksom gropen vid Vutnesj-jaure är även denna grop mer eller mindre cirkelrund och ca 10 m i diameter (fig. 6).

Gropen har tillkommit i relativt sen tid. Sand som kastats ut i samband med ett meteoritnedslag, eller grävts ur av människohand?, täcker torven i en myr som gränsar till sandmarken som gropen är utbildad i (fig. 7). Två stycken kol-14-dateringar (St 14354, 14355) av den översta torven under sandmassorna gav 250 ± 60 respektive 660 ± 50 år före nutid (1950).



Figur 3. Utsnitt ur Vägkartan som visar läget för den runda gropen vid Vutnesj-jaure. Koordinater i RT90 är 7637140/1701860. © Lantmäteriet.



Figur 2. Ytterst välrundad, trattformad grop vid Vutnesj-jaure längst uppe i den nordligaste spetsen av Sverige. Gropen är utbildad i sandiga isälvssediment men där finns även en hel del block och stenar i markytan. Flera av dessa var ytterst skarpkantade och gav intryck att ha splittrats i sen tid. Gropen är inte närmare undersökt och bildningssättet är okänt. Foto: Robert Lagerbäck.



Figur 4. Utsnitt ur Vägkartan som visar läget för den runda gropen vid Kuttainen. Koordinater i RT90 är 7603830/1785800. © Lantmäteriet.



Figur 5. Gropen vid Kuttainen ligger visserligen inom ett område med många fångstgropar, men den är av en helt annan storleksordning än dessa, drygt 10 m i diameter. Om den grävts ut av människohand i avsikt att fånga vilt måste man ha varit inriktad på mammutar eller hela hjordar av ren eller älg. Foto: Robert Lagerbäck.



Figur 6. Gropen vid Kuttainen fotograferad från ovan. Vattenspegeln i den cirkelrunda gropen skymtar mellan björkarna. Överst i bild syns en grov och säkert minst 300 år gammal tall som rotat sig i den sand som kastats eller grävts ut vid gropens bildning. Foto: Robert Lagerbäck.



Figur 7. Sand som kastats ut vid Kuttainen-gropens bildning täcker torven i en intilliggande myr. Kol-14-datering av den översta torven visar att gropen knappast är äldre än från 1600- eller 1700-talet. Foto: Robert Lagerbäck.

Föroreningar av torven i form av rötter som sökt sig ner genom sanden och därigenom gett en för låg ålder på ett av proven kan inte uteslutas, men om åldern är någorlunda korrekt så lutar det åt att gropen inte kan vara så mycket äldre än från 1600-talet. Å andra sidan antyder en mycket grov och säkerligen flera hundra år gammal tall som växer på de utkastade massorna att gropen inte heller kan ha tillkommit så mycket senare.

Gropen och de underliggande jordlagren undersöktes vid två olika tillfällen. Vintertid borrades från isen ett mycket stort antal sonderingshål till betydande djup i den underliggande sanden utan att något annat än just sand påträffades. Sommartid tömdes gropen praktiskt taget helt på vatten med en kraftig länspump och sanden sonderades med en tunn järnstång på hundratals platser, men inte heller då påträffades något som gav en ledtråd om bildningssättet. Vare sig meteoritfragment eller trärester som skulle kunna antyda att gropen är en fångstgrop av megaformat hittades.

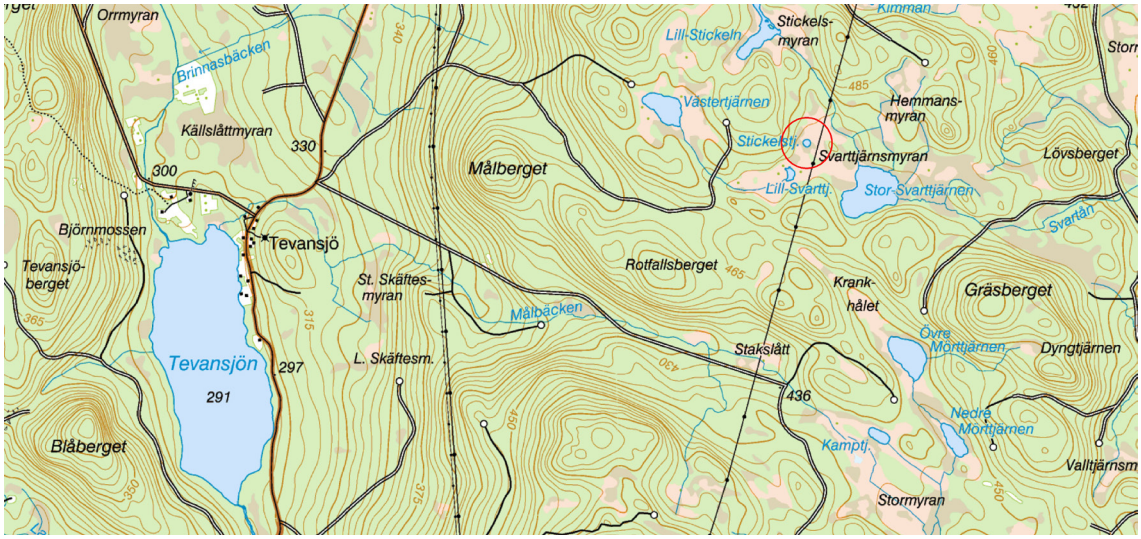
I samband med flygbildstolkning i södra Norrland har vi noterat ett tämligen stort antal mycket välrundade och vattenfyllda formationer som skulle ha kunnat bildas vid meteoritnedslag. Genom sin cirkelrunda form drog tjärnarna ögonen till sig eftersom de var så avvikande från terrängen i övrigt. Flera av tjärnarna låg i myrlänt terräng, vilket antydde att bildningssättet skulle kunna ha något med våtmarkernas igenväxning att göra, men då formationerna var så spektakulära bestämde vi oss ändå för att besöka några av dem och göra sonderande borrningar vintertid. Trots att formationerna var så lika till utseendet skulle det visa sig att de hade högst olika uppkomstsätt.

Stickelstjärnen

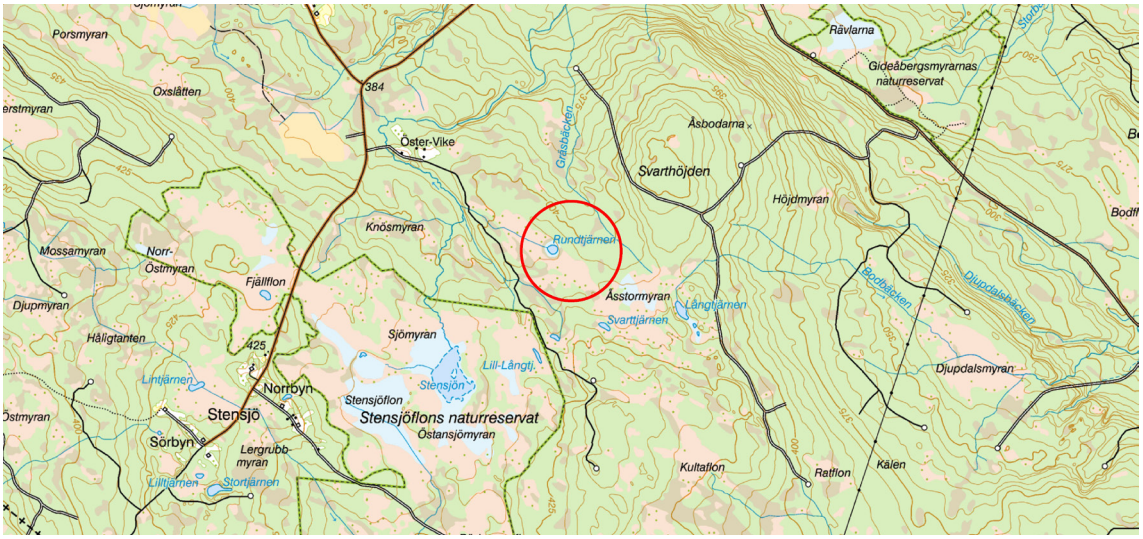
En av dessa tjärnar, Stickelstjärnen ca 5 km nordost om Tevansjö i nordligaste Hälsingland (fig. 8), är ca 60 m i diameter och omges framförallt mot söder av en låg vall. Tjärnen borrades först centralt och det visade sig där vara ca 9 m till fast botten, varav 8,5 m vatten och ca 0,5 m alggyttja och sandig silt. Därunder vidtog morän av växlande karaktär och på 13,8 m tog det stopp, troligen mot berg. Ytterligare 12 sonderingar ned till fast botten (överytan av moränen) gjordes längs en nord–sydlig profil som gick ett stycke utanför tjärnen i bägge ändar. Det visade sig att tjärnen på djupet motsvarades av en mjukt formad och ca 2,5 m djup försänkning i moränytan. Huruvida motsvarande försänkning fanns i berggrundsytan blev alltför tidsödande att försöka klarlägga. Vallen runt tjärnen visade sig vara uppbyggd av torv och knappast av något material som kastats upp i samband med ett meteoritnedslag.

Rundtjärnen

Rundtjärnen, 3 km nordost om Stensjö och ca 4 mil västnordväst om Sollefteå, gör skäl för sitt namn (fig. 9, 10). Tjärnen är, eller har varit – den är sänkt med 1,5 m, perfekt cirkelrund och ca 180 m i diameter. I flygbilder såg den ut att omges av en vall men det visade sig snarare vara en dräneringseffekt i samband med sänkningen som tillåtit en bård av höga träd att växa upp. En första borrning i mitten av tjärnen visade knappt fem meter vatten och gyttja, en meter dåligt sorterat grus och därunder drygt 10 m morän utan att det tog stopp mot berg. Ytterligare ett tiotal sonderingshål närmare kanten och utanför denna visade att tjärnen, liksom Stickelstjärnen (ovan), motsvarades av en svag fördjupning i moränytan. Berg nåddes inte i något av hålen.



Figur 8. Stickelstjärnen ligger ca 5 km nordost om Tevansjö i nordligaste Hälsingland. Tjärnens koordinater i RT90 är 6887770/1486450. Utsnitt ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.



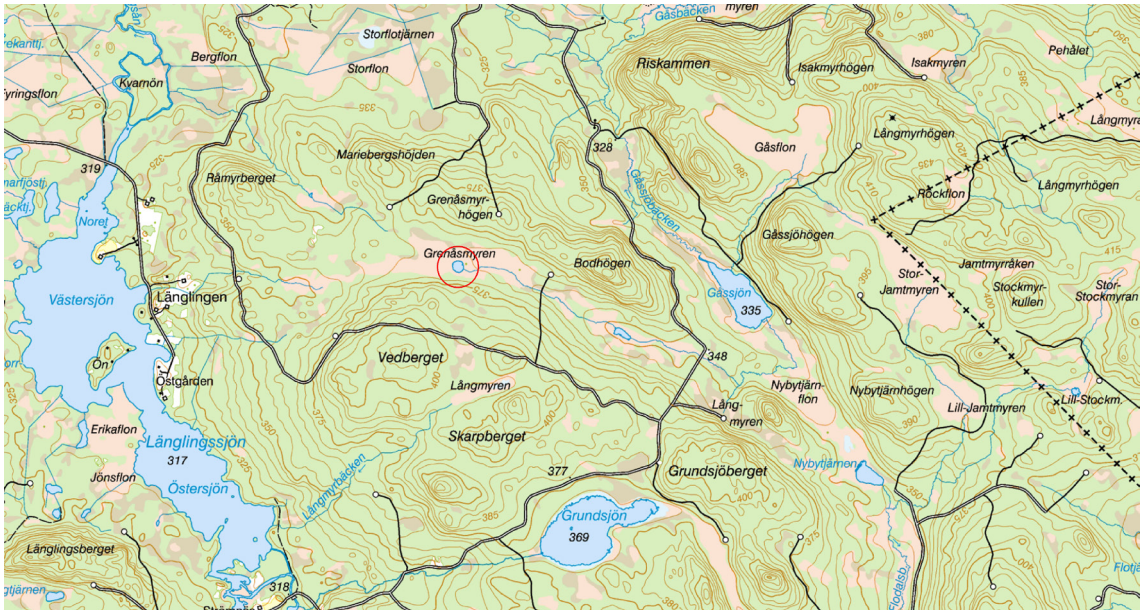
Figur 9. Rundtjärnen ligger ca 3 km nordost om Stensjö och ca 4 mil västnordväst om Sollefteå. Tjärnens koordinater i RT90 är 7090060/1534490. Utsnitt ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.



Figur 10. Rundtjärnen gör, eller gjorde innan den sänktes, skäl för sitt namn. Innan sänkningen av vattenytan med 1,5 m nådde vattnet fram till den perfekt cirkelrunda bården av höga träd. Foto: Robert Lagerbäck.

Grenåsmyren

Grenåsmyren ligger knappt 2 mil ostnordost om Hammerdal i Jämtland (fig. 11, 12). I myren ligger en tjärn som även den är mer eller mindre perfekt cirkelrund vid högt vattenstånd. Liksom Stickelstjärnen omges tjärnen delvis av en vall som visade sig bestå av torv. Två hål borrades från isen på tjärnen och två utanför tjärnen. Djupet till moränen var ungefär detsamma i alla hålen, 5–7 m. 3–6 m morän borrades upp utan att det tog stopp mot berg i något av hålen. Vår slutsats blev att den cirkelrunda formen varken hos denna tjärn eller hos de två föregående hade något med meteoritnedslag att göra utan snarare var ett utslag av myrmarkernas igenväxningsdynamik. De runda tjärnarna utgör de sista resterna av öppet vatten i myrarna och har sannolikt fått sin runda form genom upprepad isskjutning under många år. Isen krymper och sväller med temperaturen och då den värms upp, sannolikt främst un-



Figur 11. Grenåsmyren ligger knappt två mil ostnordost om Hammerdal i Jämtland. Koordinater för den runda tjärnen i myren är i RT90 7060690/1495480. Utsnitt ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.

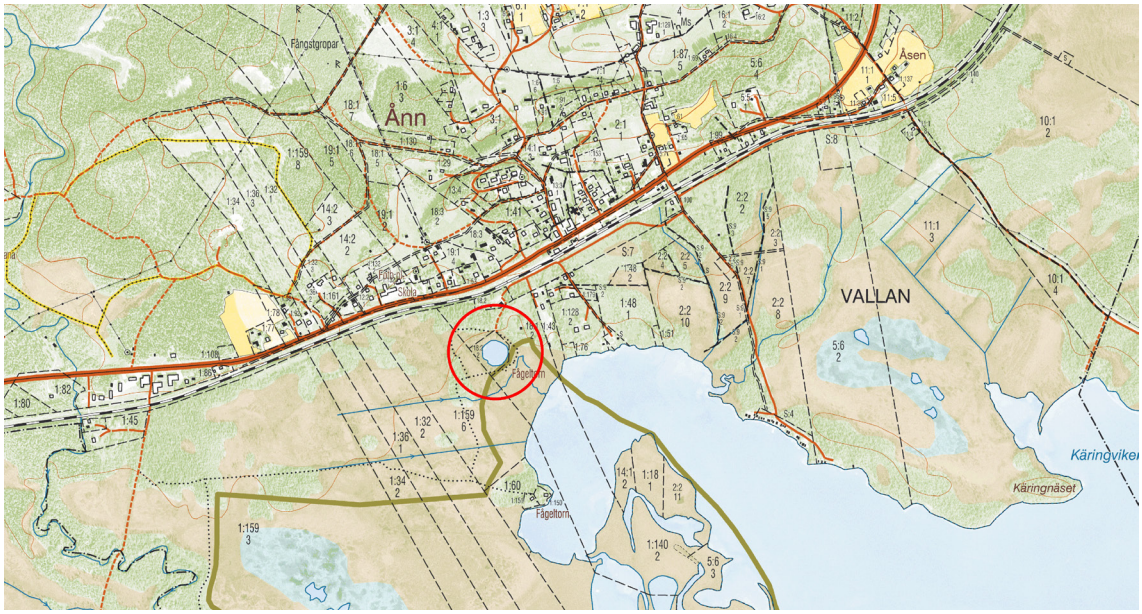


Figur 12. Den runda tjärnen i Grenåsmyren sedd från luften. Foto: Robert Lagerbäck.

der våren då solen skiner på den, expanderar den och kan pressa mot torven runt stränderna. Det öppna vattnet kan på så vis vidmakthållas och förhindra en total igenväxning av myrarna. Gemensamt för tjärnarna är också att det fanns mindre källor i kanterna, något som sannolikt också bidragit till att hålla vattenytorna öppna.

Ånn

Den allra vackrast utformade och kraterliknande formationen noterades vid Ånn i västra Jämtland (fig. 13, 14). Liksom de tidigare beskrivna tjärnarna är även denna perfekt cirkelrund, men den visade sig ha en helt annan bildningshistoria. Tjärnen mäter ca 80 m i diameter och omges av en flera meter hög vall bevuxen med grova björkar. Vid ett snabbt besök sommartid enades vi om att tjärnen och den omgivande vallen knappast kunde vara



Figur 13. Ånn-”kratern” strax söder om samhället ligger passligt till för att användas som reningsdamm för avloppsvatten. Utsnitt ur Fastighetskartan. © Lantmäteriet.



Figur 14. Ånn-”kratern” är perfekt cirkelrund och omges av en vall med brant sluttning inåt och en flackare utåt. Precis som en meteoritkrater klippt ur skolboken. Foto: Robert Lagerbäck

skapade av människan eftersom de grövsta björkarna måste ha rotat sig någon gång på tidigt 1900-tal och därmed innan grävmaskiner kom i allmänt bruk. Att formationen var naturlig bekräftades också av en tjänsteman på länsstyrelsen i Östersund. Att tjärnen användes som reningsdamm för avloppsvatten visade ju bara hur generöst naturen ordnat det för människan och hur fiffigt hon utnyttjar naturens formgivarnycker.

Saken tycktes vara biff och borrningar planerades till nästkommande vinter i samband med andra stratigrafiska arbeten i trakten. Strax efter att det första hålet borrats i ytterkant av kratervallen dök en av bygdens söner upp. En misstanke om att allt inte stod rätt till hade börjat gro, så när mannen undrade vad vi (RL och Alma Grigiene från Litauens geologiska undersökning) pysslade med blev svaret undvikande och i en motfråga ombads han berätta vad han visste. Och det gjorde han, han visste att tjärnen (80 m!) grävts ur för hand (spade och skottkärra, borrhål för sprängning gjordes med handhållna borrstål och slägga) när han var liten pojke, vilket borde ha varit någon gång på 1930-talet. Initiativtagare var en Ånn-bo som återvänt hem efter en vistelse i Amerika och där inspirerats av hur man anlade runda dammar för att rena avloppsvatten. Vi tackade för upplysningen utan att fråga efter ytterligare detaljer och retirerade snabbt mot bilen och släpvagnen. Alma tjöt av skratt och när hon fick syn på pvc-rören på biltaket – avloppsrör som användes för att fodra borrhålen med i torvmarker – stönade hon ”meteorite crater” mellan skrattparoxysmerna. Stilenligt avrundades den minnesvärda dagen med en bättre middag på restaurang Broken Dreams i Åre. Bättre lyss till den sträng som brast än att aldrig spänna en båge!



”Meteorite crater”, var det enda Alma fick fram mellan skrattparoxysmerna efter undersökningens abrupta slut.

Mossatjärnen – Ramselekratern

Mossatjärnen ligger strax norr om Nässjön, ca 15 km nordväst om Ramsele i Ångermanland (fig. 15). Tjärnen ligger på kartbladet 20G Fjällsjö SV enligt den gamla kartbladsindelningen och koordinater i RT90 är 7059030/1523130. Tjärnen mäter ca 170 m i diameter vid högvatten och är då lika vackert cirkelrund som de andra beskrivna tjärnarna i södra Norrland (fig. 16, 17). På en lokal vägskylt kallas den också Rundtjärnen, men det officiella namnet på kartor är Mossatjärnen. Till skillnad från de andra ”rundtjärnarna” ligger Mossatjärnen inte i någon egentlig myr utan i endast lätt försumpad moränterräng, men den har en antydan till låg vall av torv i den södra delen. Längs kanterna finns ett gungfly av



Figur 15. Mossatjärnens läge strax norr om Nässjön 15 km nordväst om Ramsele i Ångermanlad. Utsnitt ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.



Figur 16. Mossatjärnen sedd från luften. Observera de tallbevuxna bäverhyddorna i den vänstra kanten av tjärnen. Foto: Jan-Olov Svedlund.



Figur 17. Mossatjärnen från marken. Foto: Robert Lagerbäck.

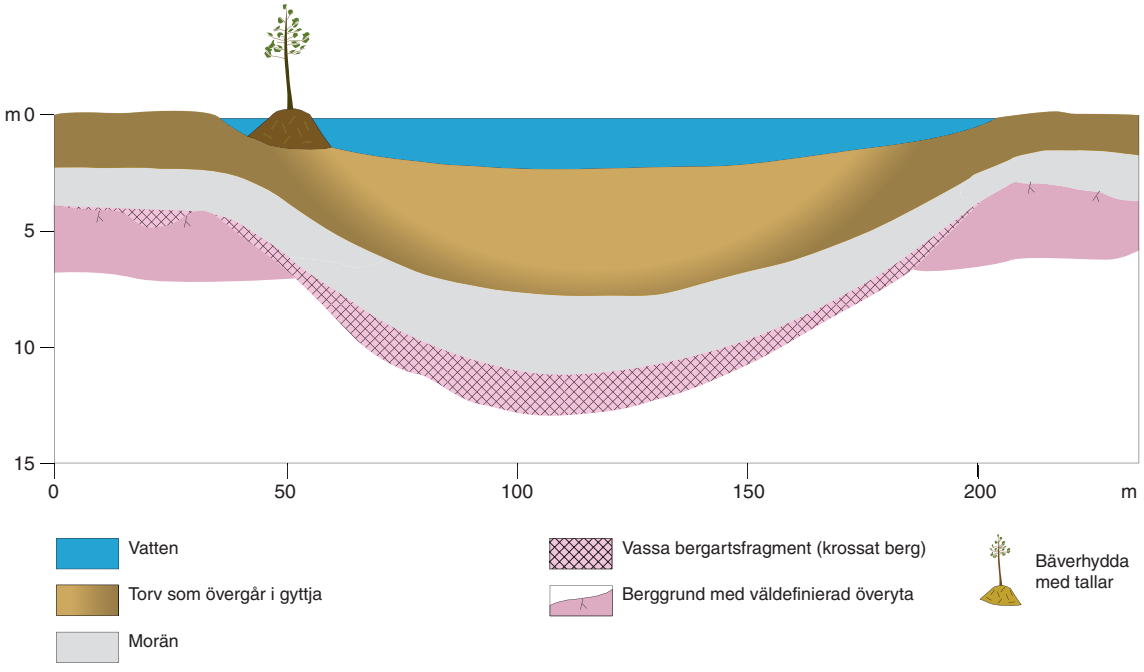
vitmosstorv men där växer också vass och olika halvgräs. Längre ut finns diverse flytbladsväxter. Ett kuriosum är bäverhyddorna längs tjärnens kanter (fig. 18). Hyddorna är bevuxna med tämligen grova tallar, vilket visar att de sannolikt härstammar från tiden före bäverns utrotning i Sverige vid 1800-talets slut. När tjärnen besöktes och undersöktes för 20 år sedan fanns även färska spår efter bäver, så det är nog inte uteslutet att de numera har etablerat sig på nytt i tjärnen,

Ett stort antal sonderande borrningar gjordes, främst längs en profil i nord–sydlig riktning tvärs över tjärnen, men åtskilliga hål borrades även på andra håll i och utanför den. Sammanlagt borrades mer än 100 hål och figur 19 visar en tvärsektion som grundas på dessa borrningar. Under vatten, gyttja och 2–3 m morän av starkt växlande sammansättning, samt en hel del silt, vidtog inuti hålan ett krossat berg. Bergkrosset bestod helt och hållet av vassa fragment av en och samma bergart, en grovkornig, rödlätt granit. Som mest kom vi ned (med cobra) ca 3 m i detta material. Strax utanför tjärnen var berget helt men uppenbarligen genomsatt av öppna, subvertikala sprickor som borrspetsen vid flera tillfällen körde fast i.

Efter borrningarna tolkade vi entydigt formationen som en meteoritkrater, bildad någon gång innan den senaste nedisningen. De utsprängda massorna som tidigare torde ha omgett kratern i form av en vall hade uppenbarligen transporterats iväg av en eller flera inlandsisar. Isräfflor i trakten visade isrörelser från nordväst mot sydost och morfologin i området antydde att det fanns betydande lösmasseackumulationer några hundra meter sydost om kratern (fig. 20). Under sommaren handgrävdes en grop i dessa avlagringar (fig. 21). Ned till ca 1,5 m utgjordes jordarten i gropen av högst ordinär morän, en övre ljusare och siltigare och en undre mörkare och sandigare (fig. 22). Partikelorienteringsanalyser i de två morän-



Figur 18. Gamla bäverhyddor bevuxna med tallar i kanten av Mossatjärnen. Foto: Robert Lagerbäck.



Figur 19. Tvärsektion av Mossatjärnen upprättad med stöd av ett åttiotal sonderingsborrningar.



Figur 20. Mossatjärnen från luften. Jordlagren i det torrare terrängpartiet snett ned till höger, sydost om tjärnen, består delvis av den tidigare kratervallen som dragits ut av inlandsis.
Foto: Robert Lagerbäck.



Figur 21. För att undersöka jordlagren sydost om Mossatjärnen (jfr. fig. 20) grävdes en grop för hand ned till närmare 2 m.
Foto: Robert Lagerbäck.



Figur 22. På ca 1,5 m i den handgrävda gropen i figur 21, under två moränbäddar med olika utseende och sammansättning, vidtog en mycket starkt grusig–stenig jordart där de enskilda fragmenten var mycket kantiga och genomgående bestod av samma grovkorniga, rödlätta granit. Jfr fig. 23.
Foto: Robert Lagerbäck.



Figur 23. Utsållade stenar från botten av gropen i figur 22. De ytterst kantiga stenarna består samtliga av samma bergart. Foto: Robert Lagerbäck.



Figur 24. Maskingrävning vid Mossatjärnen. Att marken var mycket vattensjuk gjorde att väggarna i schakten blev instabila och kalvade. Detta gjorde att arbetet i groparna blev vanskligt. Foto: Robert Lagerbäck.

bäddarna visade entydigt att isen rörde sig från nordväst vid avsättningen. Motsvarande lagerföljd hittades också i skärningar längs en nybruten väg norr om Mossatjärnen. Under 1,5 meters djup i gropen vidtog en siltig–grusig–stenig jordart som i fraktionerna grövre än sand fullständigt präglades av samma slags vassa bergartsfragment som påträffades vid borrningarna inne i kratern (fig. 23). Inte ett korn med avvikande utseende eller sammansättning noterades i utsållat material från gropen. Utan tvekan var det massor från den forna kratervallen som påträffats.

Följande vinter gjordes maskingrävningar på några platser i kraterns omgivningar (fig. 24). Det var inte lätt att arbeta i schakten eftersom vatten rann till i stora mängder och väggarna kalvade in (fig. 25). Ett tunt lager av sönderkrossat berg av samma typ som det som fanns inuti kratern och i den handgrävda gropen hittades mellan berggrundsytan och den ovanpåliggande moränen i ett par av groparna. I andra gropar var det morän direkt ovanpå glacialslipad häll. I en grop ett stycke utanför kraterkanten var berget genomsatt av subvertikala, öppna och starkt vattenförande sprickor. Trots att bergytan låg endast ca 2 m lägre än



Figur 25. En av de maskingrävda groparna vid Mossatjärnen. I botten på gropen finns en isräfflad hällyta. Räfflor i murslevens riktning, nordväst–sydost. Foto: Robert Lagerbäck.

tjärnens yta strömmade det ymnigt av vatten ur sprickorna. Uppenbarligen stod sprickorna i kontakt med vattnet i tjärnen. Bortsett från sprickorna var berget utanför kratern helt utan minsta tendens till den intensiva uppkrossning som helt präglade berget inuti kratern. På flera platser, även helt nära kraterkanten, var berggrundsytan isslipad och räfflad från nordväst (fig. 26). Allting vi såg i borrningar och grävningar talade för att formationen var resultatet av ett meteoritnedslag någon gång innan den senaste nedisningen. Att kratern kan vara äldre än flera nedisningar kan inte uteslutas. Nedisningshistorien och graden av olika isars påverkan på landskapet inom området är dåligt kända.

Om vi utgår ifrån att kratern bildats genom ett meteoritnedslag, vad var det då för en klump som kom farande i en avlägsen forntid? För att kunna säga något om hur stor meteoriten som sprängde ut kratern kan ha varit måste vi veta om det var en järn- eller stenmeteorit och med vilken hastighet och i vilken vinkel den träffade marken. Detta vet vi ingenting om. Påtagligt rostiga partier i några av borrproverna kan tala för att det var en järnmeteorit. Att kratern är vackert rund behöver inte innebära att meteoriten kom rakt uppifrån, det väsentliga är att den exploderade. Det man säkert kan säga är att meteoriten måste ha slagit ned med mycket hög hastighet men att den sannolikt till en del bromsats in i atmosfären. En rimlig



Figur 26. Isslipad och räfflad bergklack strax utanför kraterkanten. Isräfflorna i murslevens riktning är orienterade i nordväst–sydost. Observera den subvertikala, öppna sprickan nedanför hällkanten mitt i bilden. Foto: Robert Lagerbäck.

gissning kan vara att meteoriten när den landade hade en massa på några hundratal ton och en diameter i storleksordningen 5 m om det var en järnmeteorit, eller något större om det var en stenmeteorit. Den ursprungliga storleken var med all säkerhet betydligt större.

Det brukar hävdas att vissa specifika kriterier måste vara uppfyllda för att man säkert ska kunna säga att en misstänkt meteoritkrater verkligen är en meteoritkrater. Sådana kriterier är bl.a. att man hittar rester av meteoriten eller att vissa mineral, eller deformationer i mineral som bildas vid de extrema tryck som uppstår vid en meteoritexplosion, finns närvarande. Förekomsten av s.k. slagkäglor anses också vara ett avgörande signum. Höga halter av iridium, eller andra element som förekommer i ytterst låga halter på jorden men i betydligt högre halter i utomjordiskt material, är en annan stark indikation på att det är en meteorit som slagit ned.

Regelrätta slagkäglor har vi inte sett men många av de vassa bergartsfragmenten är påtagligt kon- eller kilformiga. En grovkornig granit är för övrigt inte den optimala bergarten för att utbilda slagkäglor. Vi har ännu inte gjort några kemiska analyser på material från området så om där finns förhöjda halter av t.ex. iridium vet vi inte. Julio Gonzalez, SGU, har tittat på ett tunnslip från ett av de vassa bergartsfragmenten från botten av kratern. Han konstaterade att framförallt kvartsen men även, om än inte lika uttalat, plagioklasen visar att berget har utsatts för någon typ av stress men han kan inte säga vilken typ av påfrestning det är fråga om, tektonisk eller chock i samband med en meteoritexplosion. Vi har inte heller hit-

tat, eller ens letat efter, några meteoritfragment i eller omkring kratern. Rostflagor i några av borrproven antyder att det skulle kunna vara fråga om en järnmeteorit men rosten kan ha annat ursprung.

Hur kan vi då känna oss så övertygade om att just Mossatjärnen representerar en meteoritkrater samtidigt som vi avfärdar eller känner oss tveksamma till de andra runda hålen som beskrivits ovan? Övertygelsen bygger på den Ockhamska rakknivsprincipen: den enklaste förklaringen är den mest sannolika, eller, varför krångla till det? Formationen och omständigheterna kring den kan förklaras genom ett meteoritnedslag med en eller flera efterföljande nedisningar samtidigt som det är ytterst svårt att krysta till en alternativ bildningsmekanism. Hur kan man vara säker på att det var en häst man såg i hagen utan att göra DNA-analyser på kraken? Måste man fråga sig om det inte kan ha varit en kanin som gnäggade och galopperade runt därinne?

Då det finns åtskilliga Mossatjärnar i landet men ingen känd meteoritkrater av motsvarande dignitet i Ramseletrakten föreslår vi att kratern ska kallas Ramselekratern.

Muonionalusta

Ovan har vi avhandlat företeelser som vi, åtminstone inledningsvis, misstänkte kunde ha orsakats av meteoritnedslag. Förutom att formationerna är mer eller mindre rundade har alla en sak gemensamt, man har ännu inte påträffat några meteoriter i eller i närheten av dem. I Muonionalusta-området i Norrbotten råder det motsatta förhållandet, man har hittat meteoriter men ännu inte identifierat några nedslagsgropar, trots att åtminstone några av meteoriterna sannolikt var tämligen stora innan de började rosta. Det rör sig om järnmeteoriter och deras jordiska ålder har bestämts till mer än 800 000 år. Det första säkra fyndet av meteoriter inom området gjordes för lite mer än 100 år sedan och fram till slutet av 1980-talet hade man endast hittat ytterligare två stycken.

Frans Erik Wickman, en av Sveriges främsta meteoritexperter med ett passionerat intresse för Muonionalustameteoriterna, tog kontakt med en av oss (RL) och hans entusiasm för meteoritproblematiken i Muonionalustaområdet smittade av sig. Efter lite snokande och intervjuande av folk i området blev på så vis ytterligare ett meteoritfynd känt och fyndområdet utökades väsentligt. Det stod klart att en mycket stor mängd meteoritjärn hade fallit över området men några säkra nedslagskratrar kunde inte lokaliseras. En mycket stor (flera kilometer i diameter), subcirkulär sandavlagring i närheten av de första fynden antogs hypotetiskt kunna gömma en större nedslagskrater, men borrningar och maskingrävningar visade att sanden överlagrade vittrat berg på begränsat djup. Slutsatsen blev att det inte var en mycket stor, sammanhållen järnklump som slagit ner i området utan att denna måste ha splittrats under sin färd genom atmosfären och spritt sig i otaliga mindre delar över ett stort område. Flera av dessa var sannolikt tillräckligt stora för att slå upp nedslagsgropar men upprepade nedisningar och andra geologiska processer under kvartärperioden, eller ännu längre tillbaka, har hjälpt till att sudda ut spåren av nedslagen.

Vissa stratigrafiska undersökningar gjordes i området för att försöka belysa vad meteoriterna varit med om sedan de landade på jorden i en avlägsen forntid, men det visade sig omöjligt att få medel för mer ingående undersökningar. I avsikt att väcka intresse för frågan i en bredare krets skrev vi artiklar i såväl en engelskspråkig som en finskspråkig geologisk tidskrift (fyndområdet ligger nära finska gränsen) om det nya fyndet och dess implikationer.

I Lagerbäck & Wickman (1997) postulerades bl.a. att hundratals ton meteoritjärn sannolikt fortfarande fanns kvar i backen inom området och samma budskap fördes ut i radio. Förhoppningen var att väcka intresse för meteoriterna och deras jordiska historia och vi blev bönhörda. Telefonen började ringa och det var inte bara folk från jordens alla hörn som ville köpa meteoritjärn som hörde av sig utan också personer som hade varit ute och letat och hittat meteoriter inom området. Man var dock förtegna om fyndplatserna och de geologiska förhållandena vid dessa. Telefonen svalnade också snart men temperaturen i området ökade desto mer och det började dyka upp Muonionalustajärn till försäljning. Enligt en av aktörerna har man vid det här laget sannolikt grävt upp fler än tusen meteoriter inom området och det betvivlar man inte efter en titt på nätet. Marknaden har översvämmats av Muonionalustajärn till försäljning. Det beklämmande är bara att det hittills tycks ha kommit ut ytterst lite om de vetenskapliga aspekterna av meteoriterna och deras utomjordiska respektive jordiska historia. Snöd ekonomisk vinning har uppenbarligen varit ledstjärna för praktiskt taget all verksamhet inom området. Ett intressant undantag är dock en artikel om ett ovanligt mineral i en av meteoriterna och vad det har att säga om en dramatisk episod i den ursprungliga meteoroidens liv (Holtstam, m.fl. 2003).

SLUTORD

Syftet med denna hastigt och lustigt ihopkomna rapport är att ta det unika tillfället i akt och försöka väcka lite intresse för meteoriter och meteoritnedslag på svensk mark, och då naturligtvis främst puffa för Ramselekratern som vi tycker förtjänar all uppmärksamhet och fortsatta undersökningar. Vår förhoppning är dock att ett eventuellt intresse inte främst ska riktas mot de ekonomiska aspekterna av eventuella meteoritrester där eller på andra håll.

Carl-Erik Alnavik, Rebecca Litzell och Gunnel Ransed har på olika sätt bidragit till att rapporten kunde göras på kort varsel. Stort tack för det!

REFERENSER

Henkel, H., Tiirmaa, R., Fleetwood, Å. & Blomqvist, G., 1996: Tor: A Postglacial Impact Crater in Northwest Härjedalen, Sweden. *Meteoritics & Planetary Science 31*, A60.

Henkel, H. & Pesonen, L.J., 1992: Impact craters and craterform structures in Fennoscandia. *Tectonophysics 216*, 31–40.

Holtstam, D., Broman, C., Söderhielm, J. & Zetterqvist, A., 2003: First discovery of stishovite in an iron meteorite. *Meteoritics & Planetary Science 38*, 1579–1583.

Lagerbäck, R. & Wickman, F.E., 1997: A new iron meteorite from Muonionalusta, northernmost Sweden. *GFF 119*, 193–198.

Svedlund, J.-O. & Lokrantz, H., 2005: Märkliga gropar och sänkor i Mölingennäset 18 km SV om Lillhärdal. *SGU-rapport 2005:29*.

Wickman, F.E., 1988: Possible impact structures in Sweden. *I* A. Bodén & K.G. Eriksson (red.): *Deep drilling in crystalline bedrock, vol 1*. Springer, Berlin, 298–327.