

Grímsvötn - farer og forebyggelse

- nyt udbrud i november 2004



Den södra kalderaväggen sedd från väster reser sig 250-300 m upp ur glaciärens is. Övriga kalderakanter runt Grímsvötnvulkanen är helt begravda av glaciären och utgör en mindre brant topografi. Ånga kan ses strömma ut från kraterområdet, och öppet vatten finns fortfarande närmast kraterväggen. (Foto: Erik Sturkell)

Af Jens Havskov Sørensen, DMI, Erik Sturkell og Fredrik Holm, Nordic Volcanological Centre

I början av november 2004 hade Grímsvötn, den mest aktiva vulkanen på Island, ytterligare ett utbrott. Av Islands alla vulkaner står Grímsvötn i särklass med sina 60 utbrott under de senaste 1.100 åren.

Island ligger på den mitt-atlantiska ryggen, där kontinentalplattorna årligen glider isär med cirka 2 cm. Det normala djupet för en mitt-oceanisk rygg är 1.000-2.000 m under havsytan. Island utgör där ett undantag, vilket beror på, att spridningsryggen sammanfaller med ett område med en förhöjd manteltemperatur, en så kallad "hot-spot". Detta bidrar till en ökad vulkanisk aktivitet, som byggt upp Island över havsytan.

Vulkanen Grímsvötn ligger i en spridningszon, där utbrotten kan följa sprickorna, som löper parallellt med plattgränsen eller vara koncentrerade till själva huvudvulkanen. En sprickeruption utesluter inte en samtidig eruption i huvudvulkanen eller omvänt.

Vulkanen genererar problem

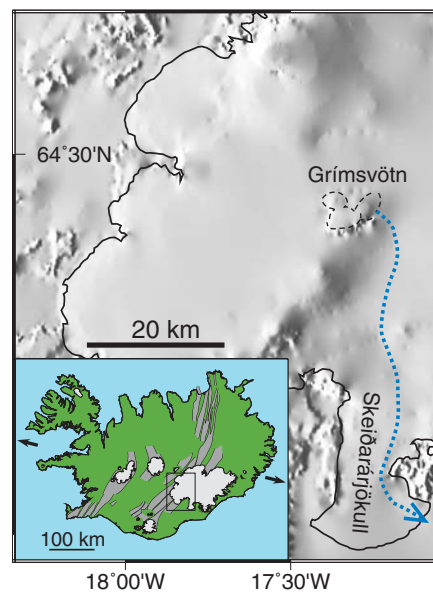
Eftersom vulkanen ligger långt inne under Vatnajökulls istäcke (foto ovanför), utgör

den inget direkt hot mot någon fast bebyggelse. Det största direkta hotet från Grímsvötn är askpelaren, som stiger upp till 10-20 km höjd under utbrottets inledning. Ett sådant askmoln kan få förödande konsekvenser för flygtrafiken. Ett riktigt stort vulkanutbrott på Island kan stoppa de nordliga transatlantiska flygningarna. Samarbetet mellan väderlekstjänsten, Veðurstofa Íslands (<http://www.vedur.is>), och flygkontrollen fungerar väl på Island. Med kännedomen om vindriktningarna för olika höjder kan väderlekstjänsten bistå flygkontrollen, så att flygplan kan omdirigeras och undvika askmolnet.

Vulkanen Grímsvötn genererar också andra problem, av vilka den stora mängden smältvatten är det värsta. I samband med vulkanutbrott under glaciärer frigörs stora mängder vatten, som sedan flödar ut under istäcket. Dessa flöden benämns på Island "jökulhlaup", och från Grímsvötn strömmar de ut över sandurfälten söder om Vatnajökull. Eftersom sådana flöden är vanliga, så finns det ingen bebyggelse på sandurfälten. Man måste emellertid anlägga vägar, bland annat passerar ringvägen runt Island över dem. Vid stora flöden spolats vägar och broar bort, vilket till exempel skedde vid utbrottet 1996. Tack vare ett utbyggt övervakningssystem har man goda möjligheter att stoppa trafiken över sandurfälten. Oftast

kommer inte dessa stora flöden helt överraskande, utan de föregås av jordskalvsaktivitet och skalv i isen, själv då vattnet börjar bana sin väg genom glaciären.

Grímsvötn har en stor kaldera (nära 30 km² stor), där den södra väggen reser sig



Karta över Island med Grímsvötns placering under Vatnajökull. De jökulhlaup, som kommer från Grímsvötnvulkanen, följer den streckade linjen ner till utlöparglaciären Skelðarárjökull.

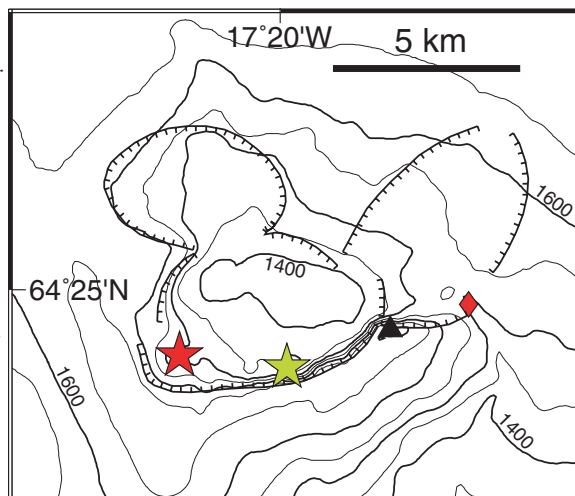


250 m upp ur glaciären (figurerna øverst på side 10, øverst på denne og øverst på næste side). Kalderans øvrige kanter är begravnade under glaciärens is. Som namnet Grímsvötn ("Grímsvatnet") indikerar, ligger det en sjö i kalderan. Största delen av sjön ligger emellertid dold under glaciärens is, men det är ofta öppet vatten längs kalderans sydkant, där det senaste utbrottet skedde, och där de mest aktiva varma källorna finns. Här fylls vatten på kontinuerligt, och vattennivån stiger, tills isbarriären, som håller vattnet inne, brister, och kalderan dräneras. På grund av tröskeln i kalderakantens, dräneras den dock aldrig helt. Det är inte bara vulkanutbrott, som orsakar dessa stora flöden, och även i viloperioder smälts is av den aktiva geotermala aktiviteten, men ett utbrott snabbar upp processen.

Sedan utbrottet i Grímsvötn 1998 har årliga geodetiska mätningar genomförts på kalderans kant. Dessa har visat, att berget under istäcket höjer sig (figuren nederst til venstre), och vi tolkade detta som ett tecken på, att magma fylldes på i vulkanen. Även ett och ett halft år före utbrottet i december 1998 visade mätningarna, att vulkanen då hade höjt sig. Efter utbrottet sjönk vulkanen igen. Med denna erfarenhet i ryggen tolkade vi höjningskurvan, så att när 1997 års nivå passerats, kan ett nytt utbrott väntas. Det föreslogs, att den kritiska nivån för upplyftningen var mellan 15-20 cm över den höjd, som mättes direkt efter utbrottet 1998, innan ett nytt utbrott kunde förväntas (Sturkell et al., 2003).

Sommaren 2004 visade mätningarna, att man var nära den kritiska nivån. Året 2002 installerades en seismisk station uppe vid Grímsvötn. Detta har sänkt detektionsgränsen och förbättrat lokaliseringarna av jordskalven. Det är den isländska väderlekstjänsten, som sköter det seismiska nätverket, och de observerade en tilltagande jordskalvsaktivitet från och med 2003 (figuren nederst til højre). Detta i kombination med

Karta över Grímsvötnvulkanen. Utbrottet från 1. till 6. november 2004 var koncentrerat till en krater belägen i kalderans sydvästliga del. Den är här markerad med en röd stjärna. Under det senaste utbrottets inledning bildades en explosionkrater i kalderans sydöstliga kant (röd romb) mycket nära utloppet från kalderan. Kratern, som bildades vid utbrottet 1998, ligger under den högsta delen av kalderaväggen, som reser sig ur glaciären. Den är markerad med en grön stjärna. Den seismiska stationen och den geodetiska mätningen ligger på toppen av kalderakanten och är markerad med en svart triangel.



de geodetiska observationerna väckte starka misstankar om ett nära förestående utbrott.

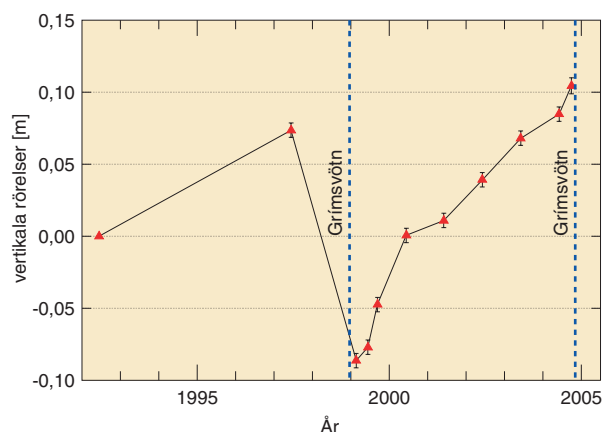
Udbruddet

Den information om det senaste utbrottet i Grímsvötn, som följer här, är till största del hämtad från den isländska väderlekstjänstens hemsida (<http://www.vedur.is>) och länkar där. Den 30. oktober inleddes ett jökulhlaup från Skeiðarárjökull (figur nederst på föregående side). Detta vatten kom från Grímsvötn-kalderan, där vattennivån sjönk med närmare 30 m. Under måndag morgon (1/11) började en jordskalvssvärm i Grímsvötn. Den pågick fram till tvåtiden på eftermiddagen. Det största jordskalvet hade omkring magnitud 3 och inträffade under svärmens inledning. Klockan 19:30 kom ytterligare en jordskalvssvärm. Den fortgick till klockan 20:10, då jordskalven övergick till att bli mer kontinuerliga.

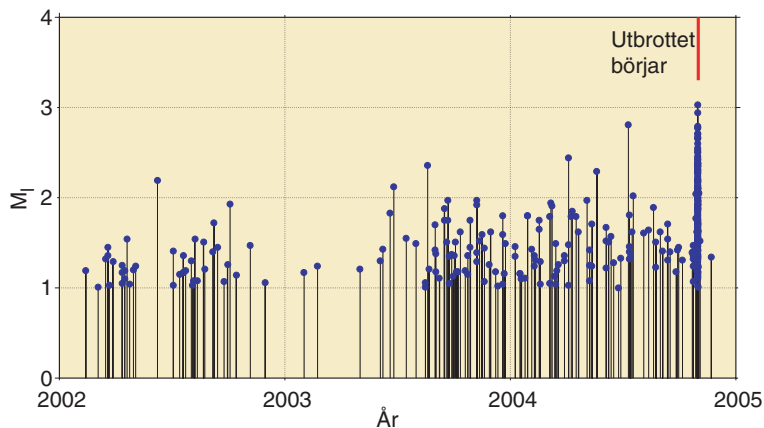
Under de nästföljande två timmarna registrerades 160 jordskalv. Det största kom redan 20:11 och hade magnituden 3. Denna ändrade karaktär hos jordskalven togs som en indikation på, att magma var på väg mot

ytan. Den isländska väderlekstjänsten utfärdade en varning till civilförsvaret klockan 20:10, då jordskalvsaktiviteten stegrades. Den exakta tidpunkten då utbrottet började, då magman nådde markytan, är inte helt belagd. Med utgångspunkt från radarbilder anses utbrottet ha börjat mellan 21:30 och 22:00. Utbrottet började med, att en 1 km lång spricka bildades längs kalderabrantsens fot, dock koncentrerades all aktivitet snabbt till en krater, som ligger i kalderans sydvästliga del (figuren nederst på side 10).

Under utbrottets inledning bildades även en mindre explosionkrater i den sydöstliga delen av kalderan (figuren ovenfor), nära intill den plats där utloppet från kalderan ligger. I utbrottets början steg eruptionsplymen snabbt upp till 13 km höjd. Vinden kom denna dag från SSV och spred askan mot NNÖ över ett 150 km långt område (figuren nederst til venstre på side 13). Det jökulhlaup, som hade börjat redan den 30 oktober, tilltog då smältvattnet, som bildades under utbrottet nådde fram till Skeiðarárjökulls rand. Det rörde sig dock endast om relativt små mängder av vatten och broar och vägar var inte



Tidserie med höjdvibrationer för den geodetiska mätningen vilken ligger på toppen av kalderakanten. Före ett utbrott stiger marken, på grund av att magma samlar sig under vulkanen. I och med utbrottet töms, delar av magmakammaren (bara en mindre mängd), och marken sjunker snabbt ner. Bara efter en kort tid börjar magma flöda till igen, och marken lyftes på nytt. (Grafik: Modifierad efter Sturkell et al. (2005))



Jordskalven från Grímsvötnvulkanen satta i en tidserie, där man kan observera en tilltagande aktivitet i vulkanen sedan 2003. Det var år 2002 som en seismisk station installerades av den isländska väderlekstjänsten. Med denna station kunde man lokalisera jordskalv ned till magnitud 1. Uppgifterna kommer från den isländska väderlekstjänsten. (Grafik: Modifierad efter Sturkell et al. (2005))



Den södra kalderaväggen till Grímsvötn och delar av kalderasjön. Bilden är tagen i juni 2000 vid utbrotsplatsen från 1998. Högst upp till höger i bild syns en person stående ovanpå aska, som avlagrats under detta utbrott. (Foto: Erik Sturkell)

hotade. Utbrottet pågick till natten mellan fredagen den 5/11 och lördagen den 6/1.

Utbrottet i november 2004 var sammanfattningsvis litet och fick inga allvarliga konsekvenser för omgivningen.

Askesøjlen

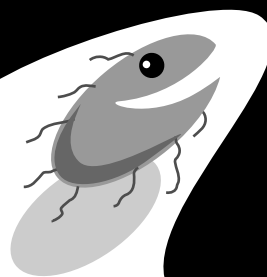
Som nævnt kom Grímsvötn i udbrud om aftenen d. 1. november 2004, og askesøjlen nåede en højde af omkring 13 km natten til d. 2. november. Højden blev estimeret både visuelt fra propelfly (de tre fotos på næste side) og ved hjælp af en vejrradar, som det islandske meteorologiske institut, Veðurstofa

Íslands, har opstillet ved Keflavik Lufthavn. Radaren ligger omkring 260 km fra vulkanen, hvorfor den kun kan detektere skyen af aske, hvis den rækker mere end 6-7 km op. Den 4. november var udbruddet aftaget til en askesøjlehøjde på 2-4 km midt på dagen (fotos side 14-15), og udbruddet ophørte d. 6. november efterladende blot en tynd fane af vanddamp. Til sammenligning kan nævnes, at udbruddet fra Grímsvötn i 1998 varede i ti døgn. Til gengæld var udbruddet i 1998 ikke så intenst som i 2004, og askesøjlen nåede dengang "kun" op i en højde af 10 km. Grímsvötn udspjede en blanding af gasser

og fragmenter af lava og klippe. De største af disse fragmenter, tefra, som varierer i størrelse fra millimeter helt op til flere meter, faldt ned nær vulkanen – i dette tilfælde hovedsageligt på Vatnajökull. Nær krateret antages tykkelsen af askelaget at være mindst nogle meter, hastigt aftagende med afstanden fra krateret. På den nordlige del af gletscheren var laget af tefra efter udbruddet omkring en centimeter tykt, og på Nordisland (nedstrøms medens udbruddet var på sit højeste) mindre end en millimeter. Mindre fragmenter benævnes vulkansk aske. Størstedelen af massen af fragmenter

VI HAR JORD I HOVEDET ..!

- og plads til mere



Bioteknisk Jordrens SOILREM er Danmarks landsdækkende jordrensere, når det gælder olie- og kemikaliefurening – med anlæg i Kalundborg, Esbjerg, Aalborg og på Ærø, Samsø og Bornholm.

Kontakt os på tlf. 59 50 46 68.



Bioteknisk Jordrens
SOILREM
- jordens bedste valg



Vulkanutbrottet i Grímsvötn på dess första dag. Aktiviteten hade vid denna tidpunkt ökat sedan tidigt på morgonen samma dag. Askkolumnen nådde omkring 12-14 km höjd. Den stora mängden askpartiklar, som transporteras, syns tydligt på kolumnens mörka färg. Under molnet syns kraftigt asknedfall. (2/11 kl. 15:30). (Foto: Freysteinn Sigmundsson)



Askans blåste den första dagen mot väst-nordväst och avlagrades i tjocka lager ovanpå Vatnajökull. (2/11 kl. 15:35). (Foto: Freysteinn Sigmundsson)

ligger i partikelstorleksområdet 3-30 μm . De mindste partikler i den vulkanske aske, af størrelse nogle få μm og mindre, kan blive transporteret tusindvis af kilometer med vinden i tilstrækkelig koncentration til at være til fare for lufttrafikken. Fragmenterne har noget nær samme massefylde, $2,5 \text{ g cm}^{-3}$, som er typisk for en blanding af pimpsten og basalt.

Farer og gener for flytrafikken

I de seneste 15 år har mere end 80 rutefly oplevet at gennemflyve vulkansk aske. I syv af disse tilfælde medførte asken, at jetmotorer satte ud. Eksempelvis satte alle fire motorer ud på en British Airways Boeing 747 i juni 1982 på grund af vulkansk aske over Indonesien. Flyet faldt til fire kilometers højde, hvor det lykkedes piloten at genstarte nogle af maskinerne, hvorefter flyet kunne nødlande i Jakarta. Der har siden 1982 været i alt fire episoder, hvor flymotorer er standset på grund af vulkansk aske.

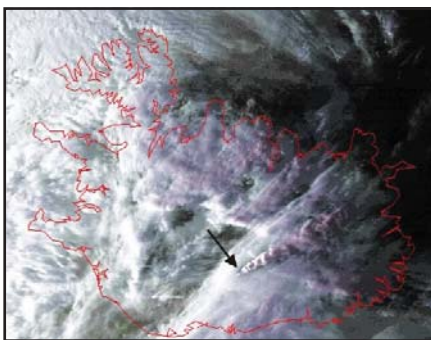
Den væsentligste grund til sådanne fejl i jetmotorer er, at silikater (eller glaspartikler) i asken smelter og afsættes i de varme dele af maskinen, forbrændingskammer og turbine, samt i dyser, hvilket reducerer for-

brændingen og eventuelt bringer den til ophør. Den vulkanske aske kan også erodere ("sandblæse") maskindele, for eksempel turbineblade, samt cockpitvinduer. Endvidere kan asken komme ind i kabinen, hvor den kan ødelægge elektroniske systemer blandt andet navigationssystemer. Endelig vil svovldioxid, som også spyes ud af vulkaner, forårsage korrosion. Sådanne skadelige effekter kan forekomme selv tusindvis af kilometer fra vulkanen – også selvom skyen af aske er så tynd, at den ikke kan ses af piloten.

Ud over sikkerhedsrisikoen og de ødelæggende og korroderende egenskaber af aske og svovldioxid er det bekesteligt for luftfartselskaberne at omlægge flyruter for at undgå kontakt med asken. Det er derfor

på mange måder af stor værdi at have præcise informationer, herunder modelberegninger, om udbredelsen af skyen af aske.

Som følge af de nævnte hændelser blev et internationalt samarbejde igangsat af blandt andre "International Civil Aviation Organization" (ICAO) og "World Meteorological Organization" (WMO). Samarbejdet omfatter dels koordineret indsamling af observationer af vulkanudbrud, dels varsling af luftfartsmyndighederne. Til varslingsformål er såkaldte "Volcanic Ash Advisory Centres" (VAACs) udpeget ved nationale meteorologiske institutter: Anchorage, Buenos Aires, Darwin, London, Montreal, Tokyo, Toulouse, Washington og Wellington. Der er ganske travlt på disse



Askeskyen set fra satellit (NOAA AVHRR) d. 2. november 2004 16:11 UTC. Grímsvötn er markeret med en pil.



Ungefær en halvtime senere havde aktiviteten avtagit avsevärt. Aktiviteten pågick i pulser med mer eller mindre kraftiga explosioner och produktion av aska. (2/11 kl. 16:00). (Foto: Freysteinn Sigmundsson)



Som den ljusa färgen indikerar bestod eruptionskolumnen den 4:e november mestadels av ånga och vulkaniska gaser och endast en mindre mängd aska, jämfört med utbrottets första dag. Kolumnen nådde nu högst ca. 4 km över Vatnajökull, och den vridits med vinden mot söder. Asknedfallet är begränsat till kraterns direkta närhet och når endast några få kilometer. (4/11 kl. 10:52). (Foto: Fredrik Holm)

Vid nästa övervakningsflygning till Grímsvötn utbrottets tredje dag, hade aktiviteten dramatiskt avtagit. Periodvis inträffade dock relativt kraftiga explosioner, orsakade av kontakten mellan utflödande magma och vatten, som gav upphov till produktion av aska. (4/11 kl. 10:51). (Foto: Fredrik Holm)

centrer: I middel er der to til tre vulkanudbrud med mulige konsekvenser for den internationale lufttrafik om ugen.

Modelberegninger

DMI er ganske vist ikke et VAAC, men vi blev alligevel opfordret til at foretage modelberegninger i "real time" af askeskyens udbredelse i forbindelse med udbruddet på Grímsvötn i november 2004. I tilknytning til de standardiserede informationer fra navnlig London VAAC bidrog disse beregninger til, at DMI's meteorologer kunne vejlede flyvelederne om, hvor der var risiko for aske i atmosfæren.

Beregningerne blev foretaget med den atmosfæriske spredningsmodel "Danish Emergency Response Model of the Atmosphere" (DERMA), som er udviklet ved DMI (Sørensen, 1998). Denne model anvendes i det danske atomberedskab til simulering af radioaktive udslip fra kernekraftværker, men modellen kan også benyttes til andre formål. For eksempel blev den anvendt til at forudsige luftbåren spredning af mund- og klovesyge under epidemien i England i 2001 (Mikkelsen et al., 2003). DERMA kan også benyttes til at simulere spredning i den frie troposfære, eksempelvis askeskyen fra et vulkanudbrud, og modellen har simuleret intrusion af stratosfærisk ozon i forbindelse med tropopausefoldninger (Nielsen og Sørensen, 1996; Sørensen og Nielsen, 2001).

I beregningerne præsenteret i denne artikel er benyttet meteorologiske data fra en af de operationelle versioner af DMI's vej-

prognosemodel HIRLAM. I figur en nederst på næste side er vist de geografiske områder for disse versioner, og det ses, at Island ligger ideelt placeret i midten af det største område. Den tilsvarende modelversion har en

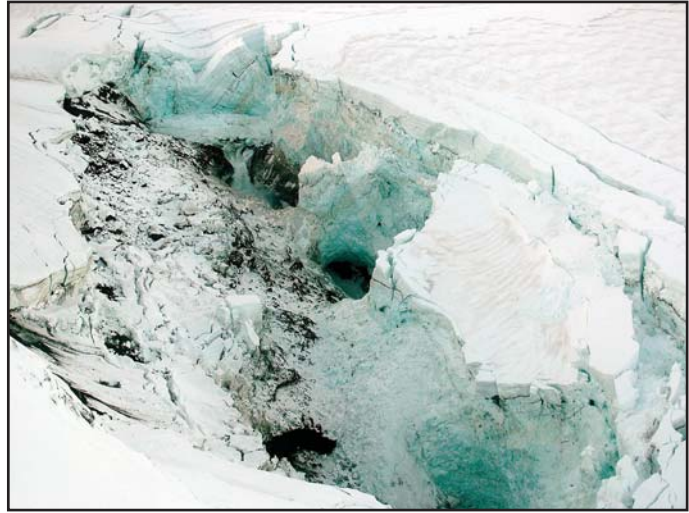
horisontal opløsning på ca. 15 km. Vertikalt er modelatmosfæren opdelt i 40 lag, som rækker fra jordens overflade op i godt 30 km's højde, omkring halvvejs oppe i stratosfæren. Ud over de meteorologiske data behøver

Den fjärde november kunde man också för första gången få en klar översikt över utbrottsplatsen. Magma hade under utbrottets inledning strömmat till under Vatnajökull längs en väst-östlig spricka och smält den överliggande glaciären, men aktiviteten koncentrerades snabbt till en huvudkrater ca. 2 km väster om utbrottsplatsen från 1998. Bakom ångpelaren till vänster syns sprickor i isen ovan den sträckning där sprickan öppnades. I förgrunden syns uppsprucken is runt kratern som sedan täckts av aska. (4/11 kl. 10:43). (Foto: Fredrik Holm)





Detaljerad vy över området kring krateröppningen där den asktäckta sjön kan skönjas och den uppspruckna iskanten tydligt syns. (4/11 kl. 10:25). (Foto: Fredrik Holm)



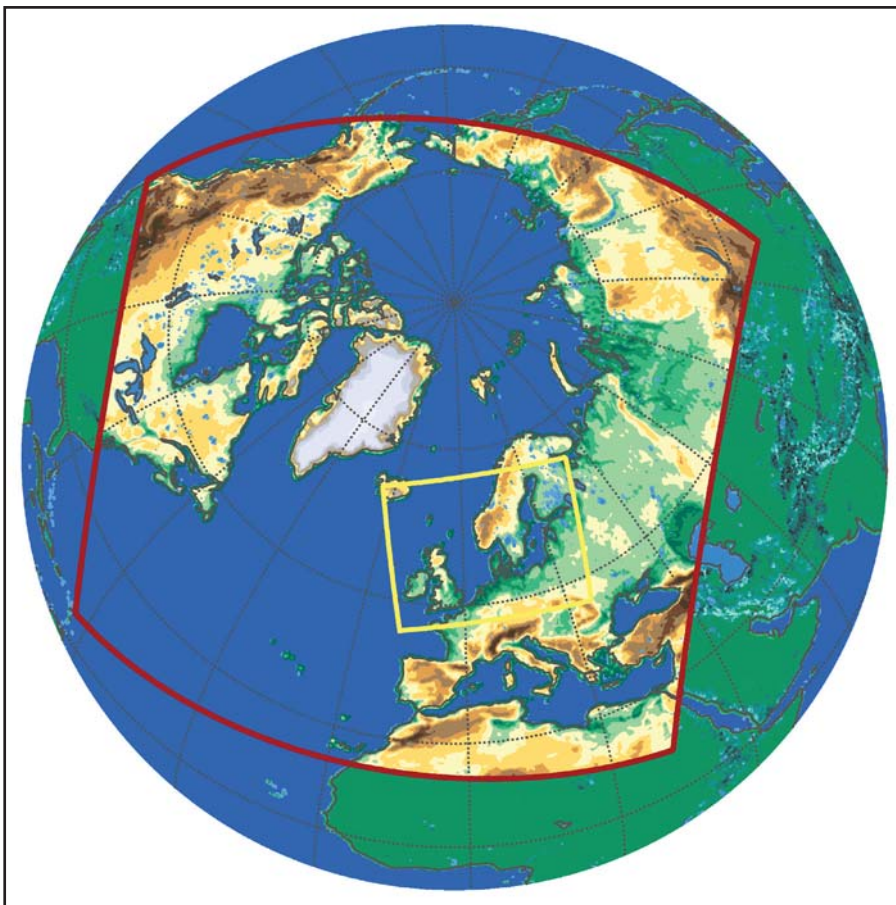
Vatten strömmar ut genom Grímsvötn-sjöns utlopp vid kalderan östra kant. (4/11 kl. 10:27). (Foto: Magnús Tumi Guðmundsson)

DERMA naturligvis oplysninger om vulkanudbruddet selv. Desværre er sådanne oplysninger meget sparsomme. Tid og sted for udbruddet er selvfølgelig kendte, men data for udslipshastigheden af vulkansk aske og gas som funktion af tiden kan normalt kun anslås tilnærmelsesvist – og størrelsesfordelingen af partiklerne i asken kan man vist kun gætte på. Det er blevet estimeret, at et større vul-

kanudbrud kan udsende af størrelsesordenen en million tons aske. Endvidere kan den enorme frigørelse af varme, som medvirker til at sende asken langt op i stratosfæren, heller ikke bestemmes kvantitativt. Men man kan benytte observationer af askesøjleens højde, for eksempel foretaget fra fly eller som i dette tilfælde med vejrradar, og så lade modellen operere med en kilde, som består

af en søjle af aske, som spreder sig ud i atmosfæren.

De beregnede koncentrationsværdier må naturligvis tages med et gran salt som følge af det manglende kendskab til mængden af aske, som spyes ud. Men de resulterende figurer kan dog give værdifuld kvalitativ information om udviklingen af askeskyens rumlige udstrækning.



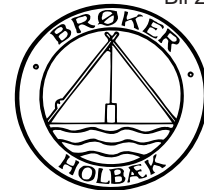
Geografiske områder dækket af DMI's operationelle versioner af den numeriske vejr-prognosemodel HIRLAM. Modelversionen svarende til det største område har en horisontal opløsning på ca. 15 km, den anden 5 km. Vertikalt deles modelatmosfæren op i 40 niveauer rækkende fra jordens overflade og op til omkring 10 hPa i godt 30 km's højde.

BRONDBORINGSFIRMAET BRØKER I.S.

Kontor og værksted: Telefon 59 44 04 06
Spånebak 7, 4300 Holbæk.
Fax 59 44 69 00

Thomas Brøker, privat 59 44 08 71
Bil 21 42 38 71

Henrik Brøker, privat 59 43 09 94
Bil 23 34 77 01



VORT SPECIALE ER:

BRONDBORING, rotations- og tørboring.

MILJØBORING, hulsneglsboring med kærneprøveudtagning.

REGENERERING af borer.

PRØVEPUMPNING af borer og kildepladsundersøgelser med avanceret elektronisk udstyr og EDB-behandling.

Vi forhandler GRUNDFOS pumper og vort veludstyrede værksted renoverer Grundfos' vandværkspumper.

Vi leverer og monterer underjordiske GLASFIBERPUMPEBRØNDE af eget fabrikat med udstyr i rustfrit stål tilpasset de aktuelle dimensioner.

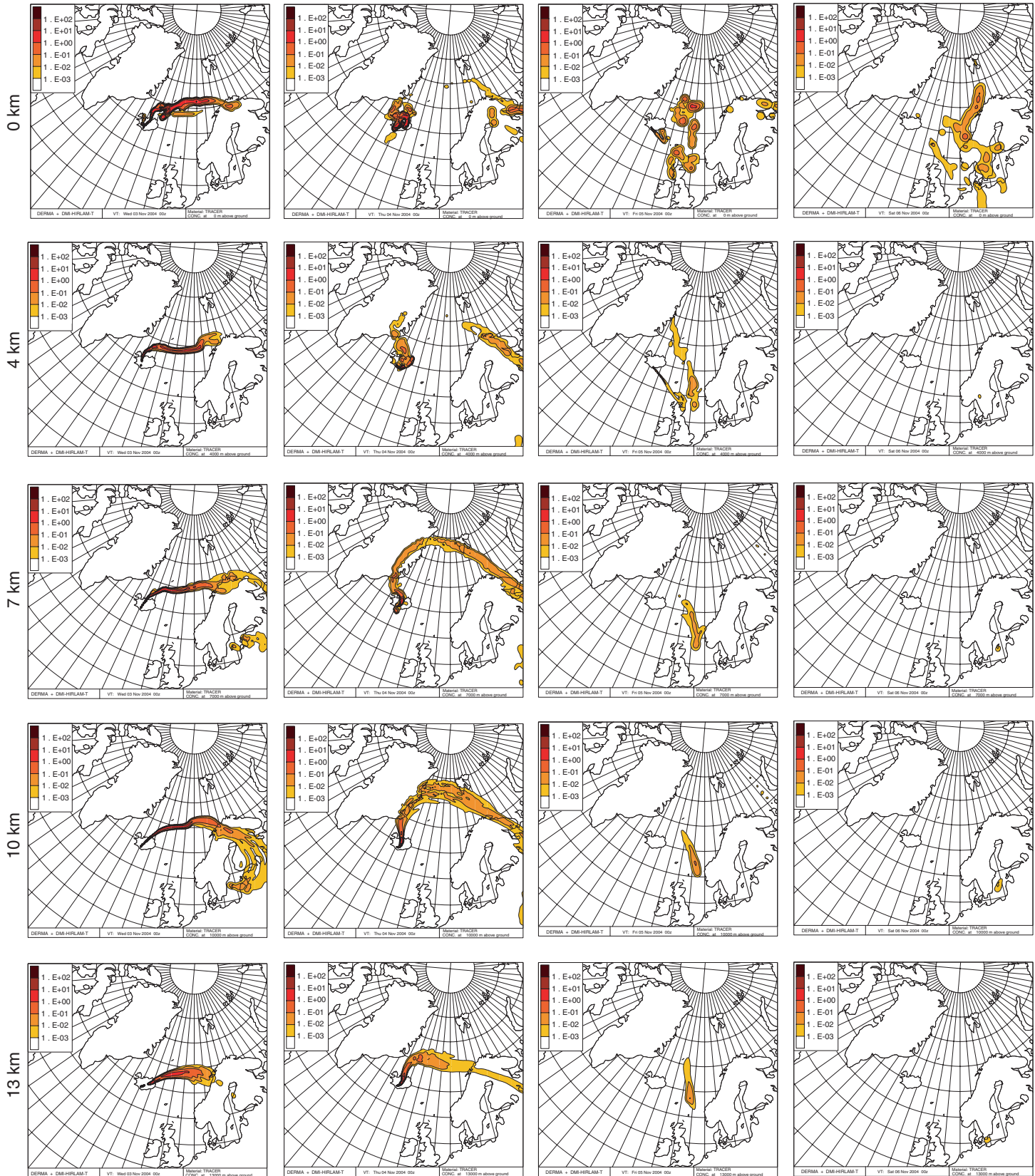
Koncentration i arbitrære enheder af vulkansk aske

3. nov. 2004 0 UTC

4. nov. 2004 0 UTC

5. nov. 2004 0 UTC

6. nov. 2004 0 UTC



Koncentration i arbitrære enheder af vulkansk aske i højderne 0, 4, 7, 10 og 13 km over overfladen 0 UTC d. 3., 4., 5. og 6. november 2004. Beregningen er foretaget for den del af asken, som svarer til partikler af størrelse mindre end nogle få μm .

DERMA blev sat op til at køre på en server ved DMI, hvor systemet automatisk foretog beregning hver sjette time umiddelbart efter afsluttet HIRLAM-kørsel. Hermed havde meteorologerne hele tiden opdaterede beregninger af askeskyen til rådighed. Den anvendte beskrivelse af askesøjleens højde og udbruddets styrke måtte naturligvis jævnligt korrigeres undervejs.

I figuren på modstående side er vist den beregnede koncentration i arbitrære enheder af vulkansk aske i en række højder, 0, 4, 7, 10 og 13 km over jord- og havoverfladen, til tidspunktet 0 UTC d. 3., 4., 5. og 6. november 2004. De tilsvarende beregninger blev foretaget på udbruddets sidste dag. Bemærk, at farvekodningen dækker over seks størrelsesordener, men koncentrationsforholdene må forstås relativt set i lyset af det manglende kendskab til mængden af aske. De viste resultater gælder for den del af asken, som har mulighed for at blive transporteret over store afstande (omkring 1.000 km eller mere) svarende til partikelstørrelser under nogle få μm . Disse partikler er i sammenligning med virkningen af turbulensen kun i ringe grad påvirket af tyngden ("gravitational settling") (Baklanov og Sørensen, 1998). De tungere partikler i den øvrige del af partikelstørrelsesspektret vil relativt hurtigt falde ud af atmosfæren og deponeres i nærområdet af vulkanen. På figuren øverst til højre side 20 ses tydeligt, hvordan sådanne større partikler "drysser" ud af underkanten af skyen af vulkansk aske.

Det ses af figuren på modstående side, at asken til en start (2. og 3. november) bevæ-

gede sig mod Nordnorge. Siden drejede fanen af aske d. 4. november mod Østgrønland for derefter d. 5. at dreje østover og til sidst tage retning mod Danmark. Udbruddet aftog, som nævnt, i styrke i løbet af den 4. november, og det bemærkes, at asken ikke nåede Danmark, før skyen var så fortyndet, at koncentrationen lå under de med farvekoden viste værdier. Skyen passerede over Færøerne om eftermiddagen d. 4. november.

Svarende til resultaterne i figuren på foregående side er i figuren på denne side vist den akkumulerede afsætning eller deposition i arbitrære enheder af den vulkanske aske på jord- og havoverfladen, igen for den del af asken, som svarer til partikler af størrelse mindre end nogle få μm . Ved dette udbrud gik Grønland øjensynlig stort set fri af deponeret vulkansk aske.

Fremtid

Vulkanudbrud influerer på vejret, ikke mindst i nærheden af vulkanen. Skyen af aske dæmper sollyset, almindelige skyer dannes på grund af den voldsomme konvektion, eventuelt ledsaget af forøget nedbør, og den deponerede aske ændrer albedoen. Effekten af vulkanudbrud på klimaet er velkendt, og visse klimamodeller tager hensyn hertil via indflydelsen på strålingsbudgettet. Måske vil også fremtidens numeriske vejrmodeller tage hensyn effekterne af vulkanudbrud?

Denne artikel har været bragt i tidsskriftet *Vejret*, maj 2005 (103) nr. 2-27. årgang. Redaktionen siger tak for at få lov til at bringe artiklen i *GeologiskNyt*.

Tak til Sigrún Karlsdóttir, Veðurstofa Íslands og Niels Hansen, DMI, for nyttige informationer og hjælp samt til Freysteinn Sigmundsson og Magnús Tumi Guðmundsson for tilladelse til at vise fotografierne på side 20 fotoet øverst til højre side 21.

Referencer:

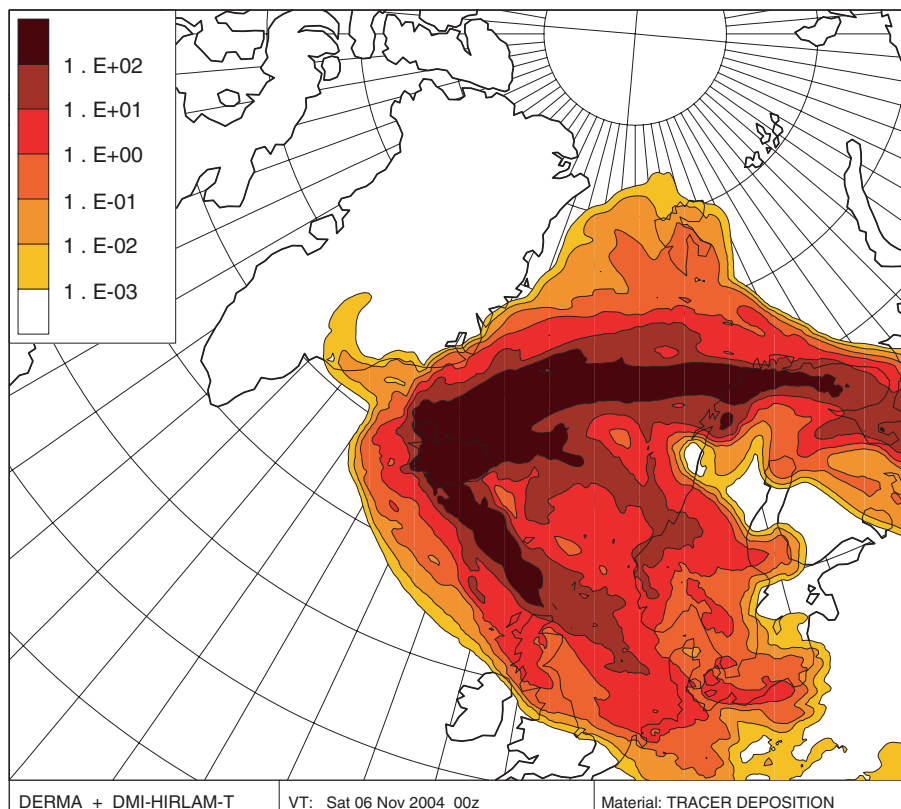
Baklanov, A., and J. H. Sørensen. Parameterisation of radionuclide deposition in atmospheric dispersion models. *Phys. Chem. Earth* 26 (2001) 787-799

Sturkell, E., Einarsson, P., Sigmundsson, F., Hreinsdóttir, S., and Geirsson, H., 2003: Deformation of Grímsvötn volcano, Iceland: 1998 eruption and subsequent inflation, *Geophysical Research Letters* 30(4), 1182, doi:10.1029/2002GL016460

Sturkell, E., Einarsson, P., Sigmundsson, F., Geirsson, H., Ólafsson, H., Pedersen, R., De Zeeuw-van Dalftsen, E., Linde, A.L., Sacks, I.R., & Stefánsson, R., 2005: Volcano geodesy and magma dynamics in Iceland, Accepted in *Journal of Volcanology and Geothermal Research*

Sørensen, J. H. Sensitivity of the DERMA Long-Range Dispersion Model to Meteorological Input and Diffusion Parameters. *Atmos. Environ.* 32 (1998) 4195-4206

Sørensen, J. H., and N. W. Nielsen. Intrusion of stratospheric ozone to the free troposphere through tropopause folds - a case study. *Phys. Chem. Earth* 26 (2001) 801-806



Akkumuleret afsætning af aske på jord- og havoverfladen beregnet i arbitrære enheder for den del af den vulkanske aske, som svarer til partikler af størrelse mindre end nogle få μm .

**Tak til vore
støtte-
abonnenter:**

watertech

og

DGE

Dansk Geo-servEx a/s

• Miljø • Vand • Råstof • Geologi