

Islandske strålesten

- zeolitforekomster i Hvalfjörður

Af Peter E. Danielsen 1, Rune S. Selbekk 2 og Hannes Mattsson 2. (1. Orkustofnun - Geoscience Division, Grensásvegur 9, 108 Reykjavík, Island, 2. Nordisk Vulkanologisk Institut, Grensásvegur 50, 108 Reykjavík, Island)

Er mineralinteressen stor – og skulle turen gå til Island, kan det anbefales at besøge lokaliteten Hvalfjörður. Her kan man samle mange spændende zeolitter. I denne artikel beskrives nogle af de mest almindelige herfra.

De mest kendte zeolitforekomster i Island findes ved Teigarhorn og Helgustaður. Ulempen ved disse er, at de ligger langt fra Reykjavík og er fredede. Der findes til gengæld et utal af mindre kendte, men let tilgængelige lokaliteter tættere på, hvor det er muligt at finde fine eksemplarer.

God lokalitet

Et godt eksempel på, hvor der findes flere mindre kendte lokaliteter med mange forskellige zeolitter, er Hvalfjörður. Hvalfjörður ligger cirka 40 km fra centrum af Reykjavík. Der er god vej fra Reykjavík til Hvalfjörður og derfor ikke behov for terrængående bil. Langs fjorden er der flere stejle zeolitførende skrænter. Zeolitterne forekommer i fast fjeld, men man kan også finde fine stykker i strandmaterialet. Den afbildede 1 cm store analcimkrystal, der ses sammen med stilbit på billedet til højre øverst, blev fundet på stranden. Man skal huske at kontrollere tidevandet; ved højvande er det umuligt at komme til og – ikke mindst – fra enkelte af lokaliteterne.



En 1 cm stor enkeltkrystal af analcim fundet i strandmateriale ved Hvalfjörður. (Foto: R. S. Selbekk)

Strålesten

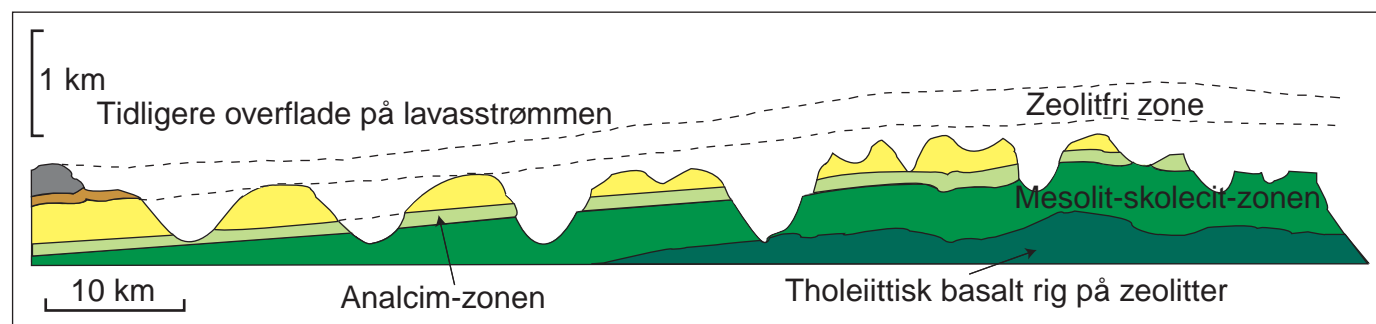
Det islandske navn for zeolit er “geisla-steinn” og kan oversættes direkte til dansk som strålesten. Navnet hentyder til den nåleformede og fibrøse karakter af zeolit-mineralerne. Navnet zeolit blev først benyttet af den svenske mineralog Cronstedt i 1756 for mineraler, der havde specielle egenskaber ved opvarming. Første del af ordet, zeo kommer fra græsk og betyder kogende, mens lithos betyder sten. Betegnelsen bruges om en gruppe aluminium-silikater, der indeholder vand (H_2O). Zeolitter kan afgive vand ved opvarming og genoptage vandet ved rumtemperatur.

Islandske typelokaliteter

Der er ikke mange mineralforekomster i Island, som er internationalt kendte. De mest kendte er bl.a. Helgustaður-bruddet ved Eskifjörð, Østisland (hvor man finder calcitvarianten “Iceland spar”), og fra ældre tider var der forekomsten ved Teigarhorn i Berufjörður, Østisland, som er mest kendt for heulandit, skolecit, mesolit osv. Denne regnes også som typelokaliteten for epistilbit sammen med andre lokaliteter i Berufjörður-området og på Skye, Skotland.

Hvor findes zeolitter i Island?

Mange forestiller sig, at hvor der er vulka-



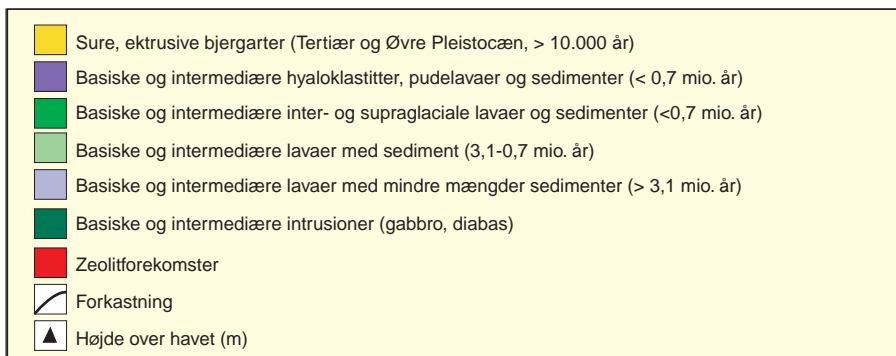
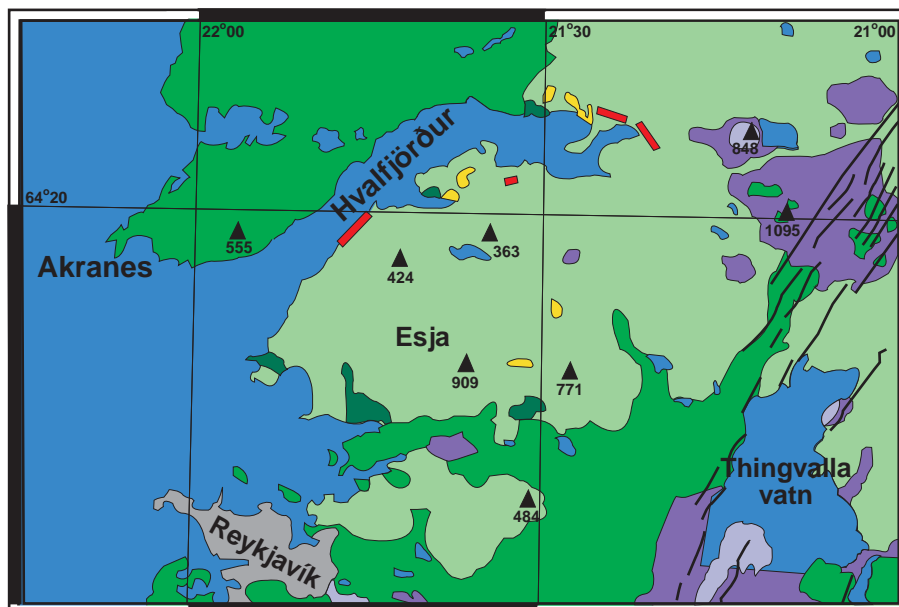
Walkers (1960) klassiske profil for Østisland (fra Østfjordene til Jökuldalur), hvor han viser inddelingen af de forskellige zeolit-zoner. (Grafik: Modificeret efter Walkers (1960), UVH)

nisme og dermed basalt, kan man finde bunkevis af store gode zeolitmineraliseringer. Inde i den aktive vulkanske riftzone er der dog relativt få zeolitter at finde. Det skyldes, at der skal en vis temperatur til samt tilstedeværelsen af fluider (vand og gasser), som kan reagere med mineralerne ved høj temperatur. Derfor er de bedste steder at lede efter zeolitmineraler i områder, hvor man finder gamle nederoderede vulkancentre.

Vulkancentre er områder, hvor der oftest har været aktiv vulkanisme i over en million år, og hvor der har været varmt og en større mængde fluider tilstede over længere tid. Sådanne områder findes flere steder ved Islands vest- og østkyst, hvor der også er dybe erosionssnit i ældre bjergarter. Zeolitmineraler er ofte relaterede til lavtemperatur-metamorfose eller omdannelse af feldspat, feldspatoider eller vulkansk glas. Den oprindelige bjergart behøver ikke nødvendigvis have været en basalt, da også sure bjergarter (rhyolitter, granitoider) og sedimentære bjergarter (specielt lerrige) kan medføre dannelse af zeolitmineraliseringer ved lavtemperatur-metamorfose.

Hvor de øverste 150-200 meter fjeld er nederoderet, bliver de metamorfoserede bjergarter eksponeret, således at man kan finde zeolitførende zoner. Dette hænger sammen med, at der skal være minimumtemperaturer på 30-50 °C, før der dannes zeolitter; zeolitmineralerne bliver instabile ved temperaturer over 230 °C.

Walkers klassiske publikation fra 1960 viser, hvordan metamorfosegraden af bjergarterne i Østisland kan bestemmes ved brug af zeolitmineraler. Fordi forskellige zeolitmineraler dannes ved forskellige tryk og temperaturer, kan man lave en zeolitstratigrafi. Det betyder, at man kan bruge bestemte zeolitmineraler som indeksmineraler for de tryk- og temperaturbetingelser, som bjergarten er blevet metamorfoseret under. Dermed kan man eventuelt



Geologisk kort over Hvalfjörður og relaterede områder. (Modificeret efter islandsk kort (1:500.000) fra 1989 udgivet af Icelandic Museum of Natural History and Icelandic Geodetic Survey)

også anslå, hvor meget af det tidligere overliggende fjeld, der er blevet nederoderet. Zeolitzonerne i olivinbasalter i Island klassificeres vanligvis fra øverst til nederst som: 1) chabacit-thomsonit-zonen, 2) mesolit-skolecit-zonen og 3) laumontit-zonen (figuren nederst på modstående side). Forskellig sammensætning af basalterne vil også kunne give forskellige zeolitmineraler. Hoved-zeolitmineralet i olivin-

basalter (primitive basalter) vil være forskelligt fra mere udviklede basalter (basalter med højere SiO₂-indhold/intermediære basalter).

De bedste steder at lede efter zeolitter er ofte i kontaktzonen mellem lavastrømmene. Det er her, der findes flest hulrum efter gas-segregering (afgasning), hvori zeolitter kan udkrystallisere (vokse).

Zeolit-zone	Temperatur (°C)				
	50	100	150	200	250
Levyn	50-100				
Chabazit	50-100				
Thomsonit	50-100				
Gismondin	50-100				
Mesolit-skolecit		100-150			
Heulandit		100-150			
Phillipsit		100-150			
Stilbit		100-150			
Epistilbit		100-150			
Mordenit		100-150			
Laumontit		100-150			
Analcim		100-150			

Oversigt over de forskellige zeolitmineralers stabilitetsområde i forhold til temperatur og inddelingen af de forskellige zeolit zoner. (Modificeret efter Sæmundsson & Gunnlaugsson (2002))

FALKENBERG
A/S MILJØRÅDGIVNING

- Undersøgelser
- Oprydning
- Risikovurdering
- In-situ
- Projektering
- Monitering

Vassingerødvej 145, Lyngø
Tlf: + 45 48 18 75 66



Herningvej 36, Nykøbing F
Tlf: +45 54 82 45 65

www.falkgeo.dk
falkenberg@falkgeo.dk

Generel geologi i Hvalfjörður området
 Nordvestsiden af Hvalfjörður består hovedsageligt af (forskellige typer) basiske og intermediære bjergarter, der er ældre end 3,1 millioner år. Disse bjergarter er resterne efter en tidligere riftzone. Der forekommer også i mindre mængder sedimentære bjergarter.

Sydøstsiden af Hvalfjörður består primært af basiske og intermediære bjergarter, som er mellem 0,7 og 3,1 millioner år. Mindre mængder af gabbro, diabas og sure bjergarter såsom rhyolit, forekommer også.

Begge siderne af Hvalfjörður er hovedsageligt bygget op af store fladtliggende lavastrømme. Sammensætningen varierer mellem udviklede SiO₂-rige basalter og olivinbasalter. Lagpakken med lava er senere blevet roteret svagt, således at den hælder mod vest-sydvest og altså ind mod riftzonen.

Zeolitter fra Hvalfjörður-området

Det er fundet mindst 15 forskellige zeolitter



Skolecit (?) fra Hvalfjörður. Udsnittet er ca 7 mm. (Foto: R. S. Selbekk)

Zeolitter

Analcim: Na(AlSi₂O₆) H₂O

Forekommer som klare til hvide trapezohedrale krystaller på op til 1 cm (foto på første side). Enkelte af de klare analcimkrystaller bliver hvide, når de bliver eksponeret for ilt. Forekommer i olivinbasalter sammen med chabazit, thomsonit og mesolit.

Garronit: NaCa_{2,5}(Al₆Si₁₀O₃₂) 14H₂O

Forekommer som farveløse til mælkehvide, radiære, tæt voksende aggregater på op til 1 cm, ofte med en glat overflade. Findes i olivinbasalt sammen med chabazit (ses også overvokset af philipicit).

Chabazit: Ca(Al₂Si₄O₁₂) 6H₂O

Hvide romboedriske krystaller på op til 0,5 cm. Forekommer i olivin-basalter.

Cowlecit: Ca(Al₂Si₃O₁₀)_{5,3}H₂O

Forekommer som gråhvide, kugleformede millimeterstore aggregater. Findes ofte som vesikeludfyldninger i olivinbasalter sammen med mineraler som analcim, levyn, thomsonit og heulandit.

Levyn: Ca(Al₂Si₄O₁₂) 6H₂O

Danner farveløse til hvide, tynde hexagonale plader på op til 3 mm. Forekommer i olivinbasalt. Levyn er ofte det eneste mineral, der er udkrystalliseret i hulrummet, men det kan forekomme sammen med mineraler som gismondin, garronit, philipicit. Kan til tider blive forvekslet med kortprismatisk stilbit. En

af de bedre forekomster er i Eilifsdalur ved Hvalfjörður, men det findes også langs fjorden.

Epistilbit: Ca(Al₂Si₆O₁₆) 5H₂O

Klare krystaller på op til 1 cm. Forekommer i olivinbasalt.

Erionit: K₂(Na,Ca_{0,5})₈(Al₁₀Si₂₆O₇₂) 30H₂O

Forekommer som hvide til gullige fibrøse trådformede (uldlignende) aggregater. Findes både i olivinbasalter og mere udviklede basalter.

Gismondin: Ca(Al₂Si₂O₈) 4H₂O

Hvide kugleformede aggregater på op til 0,5 cm med antydning af pladestruktur. Forekommer sammen med mesolit og apofyllit.

Heulandit:

(CaNa₂)(Al₂Si₇O₁₈) 6H₂O

Klare til hvide tabulare tykke trapezederkrystaller eller aggregater på op til 1 cm. Forekommer sammen med stilbit og mesolit.

Mesolit: Na₂Ca₂(Al₂Si₃O₁₀)₃ 8H₂O

Danner hvide til farveløse, nåleformede enkeltkrystaller eller kugleformede aggregater på op til 1 cm ofte som anden-generationskrystallisation på stilbit (foto sidste side). Mesolit er det mest almindelige nåleformede mineral i Hvalfjörður-området. Findes i hulrum i olivinbasalt sammen med stilbit, chabazit og analcim.

Mordenit:

(Na₂, Ca, K₂)(Al₂Si₁₀O₂₄) 7H₂O

Hårlignende klare til hvide fibre på op til 5 mm. Forekommer i olivinbasalt, tuffbjergarter og i mere udviklede basalter sammen med calcedonit, kvarts og epistilbit

Skolecit: Ca(Al₂Si₃O₁₀) 3H₂O

Forekommer som klare til hvide, fibrøse nåle (ovenstående foto). Forveksles ofte med mesolit. Findes i olivinbasalter sammen med mineraler som mesolit, chabazit og analcim.

Stilbit: (Ca,Na₂,K₂)(Al₂Si₇O₁₈) 7H₂O

Forekommer som klare til hvide, tabulare pladeformede enkeltkrystaller på op til 2-3 cm (foto sidste side). Termineringen kan både være spids eller afrundet, som paramorfose på kvarts. Stilbit forekommer både i olivinbasalter og i tholeiitter.

Thomsonit: Ca₂Na(Al, Si)₅O₁₀)₂ 6H₂O

Hvide radiære nåleformede aggregater på op til 8 mm. Forekommer i olivinbasalter sammen med chabazit, okenit, calcit.

Yugawaralit: Ca(Al₂Si₆O₁₄) 4H₂O

Forekommer som klare til hvide tabulare plader på op til 0,5-1 cm. Forekommer i stærkt omdannede basalter som sprækkeudfyldninger sammen med calcit, kvarts og diverse andre zeolitter. Dette er efter sigende den bedste yugawaralit forekomst i Island.



Mesolit fra Hvalfjörður. Bredden på stykket er 7 cm. (Foto: R. S. Selbekk)

minerale i Hvalfjörður-området samt en del andre minerale. De fleste zeolitter forekommer i omdannede olivinbasalter. I boksen beskrives de forskellige zeolitter, der er fundet i Hvalfjörður-området.

Andre minerale

Minerale, som mange tidligere har omtalt som zeolitter, er gyrolit, okenit og apofyllit. Disse minerale regnes ikke for zeolitminerale ifølge kriterierne, som The International Mineralogical Association (IMA) subkommission for zeolitter har sat op.

Der er ligeledes fundet calcit som klare til hvidgule krystaller sammen med forskellige zeolitminerale. På nordsiden af Hvalfjörður ved Ferstikla er der fundet små, men pæne granater. Andre minerale, som er fundet langs Hvalfjörður, er fx ilvait (på op til 2 mm), nåleformede ansamlinger med thaumasit, pladeformede hæmatitkrystaller og kugleformede fluoritter på op til 7 mm.

Apofyllit: $\text{KFCa}_4(\text{Si}_8\text{O}_{20}) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Apofyllit (sandsynligvis fluorapofyllit)



Mesolitivifte fra Hvalfjörður. (Foto: R. S. Selbekk)

forekommer som klare til hvide krystaller på op til 1,5 cm. Grønlig krystaller er også fundet. Findes i olivinbasalter.

Gyrolit: $\text{NaCa}_{16}\text{AlSi}_{24}\text{O}_{60}(\text{OH})_8 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$

Hvid til gullig overvækst på calcit.

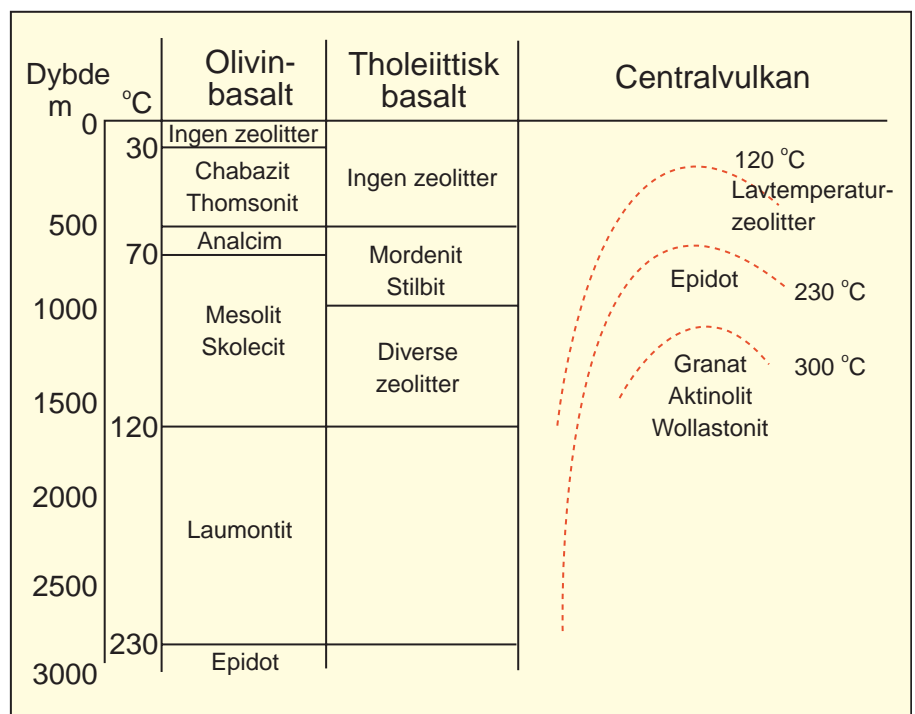
Okenit: $\text{Ca}_{10}\text{Si}_{18}\text{O}_{46} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Hvide fibrøse aggregater eller ansamlinger,

men kan også optræde som noget, der minder om nåleformede "bomuldsballer". Findes i olivinbasalt sammen med apofyllit.

Er der penge i zeolitter i Island?

Zeolitforekomsterne ligger spredt, og de enkelte lokaliteter er som regel meget små. Det betyder, at der ikke er den store komercielle interesse/gevinst i at udvinde



Temperatur og tryk for de forskellige zeolit-zoner. Læg mærke til, at sammensætningen af basalterne har indvirkning på, hvilke zeolitter der bliver dannet. Olivinbasalt omdannes ved lavere temperaturer end tholeiittiske basalter. De har også forskellige zeolitter som hovedmineral i de forskellige zoner. (Modificeret efter Sæmundsson og Gumlaugsson, 2002, UVH)



En flot forårsdag i Hvalfjörður. Hannes Mattsson forcerer det støt stigende højvande efter en lang dags succesfuld indsamling af fossiler. Vandet var efter sigende ikke så koldt.... (Foto: R. S. Selbekk)

zeolitter i Island. Undtagelsen er dog den meget sjældne zeolit "Iceland Spar". Zeolitten har fascineret folk på grund af sin dobbeltbrydning; egentlig minedrift er først påbegyndt i forbindelse med udviklingen af krystallografi i 1780-1820. Iceland Spar har været kendt fra Helgustaðir siden år 1668 og har været medvirkende til opdagelsen af lysets brydning. Iceland Spar er siden blevet anvendt i diverse analyseapparater, hvor der kræves stor præcision. I dag erstattes denne i de fleste apparater af kunstige materialer med undtagelse af de dyreste og fineste af slagsen.

Baggrundslitteratur:

Coombs, D. et al. 1997. *Recommended nomenclature for the zeolite minerals: Report of the subcommittee on zeolites of the international mineralogical association, commission on new minerals and minerals names. The Canadian Mineralogist, 35, 1571-1606.*

Sæmundsson, K. & Gunnlaugsson, E. 2002. *Icelandic rocks and minerals. Mål og menning, Reykjavik, Island. ISBN 9979-3-2199-7*

Walker, G. P. L. 1960. *Zeolite zones and dike distribution in relation to the structure of the basalts of eastern Iceland. The Journal of Geology, 68, 515-528.*



Gennemsigtige 3 mm store stilbitkrystaller med flad til afrundet terminering. (Foto: R. S. Selbekk)

Udsnit af tidevandstabel fundet på web-adressen: <http://www.irbs.com/tides/locations/4732.html>
Den gælder for Reykjavik (64,1500 °N, 21,9333 °V). Den kan give et fingerpeg om, hvornår man skal holde sig fra visse lokaliteter. (Grafik: UVH - Modificeret efter ovenstående adresse)

Dato	Klokkeslæt	Tidspunkt	Tilstand	Tidevand
2003 - 08 - 20	12 : 49	AM	Sidste kvarter	Højt
2003 - 08 - 20	5 : 19	AM	1,25 m	Lavt
2003 - 08 - 20	5 : 32	AM	Solopgang	
2003 - 08 - 20	11 : 42	AM	2,85 m	Højt
2003 - 08 - 20	5 : 53	PM	1,50 m	Lavt
2003 - 08 - 20	9 : 27	PM	Solnedgang	
2003 - 08 - 21	12 : 09	AM	2,65 m	Højt
2003 - 08 - 21	5 : 35	AM	Solopgang	
2003 - 08 - 21	6 : 21	AM	1,47 m	Lavt
2003 - 08 - 21	12 : 56	PM	2,72 m	Højt
2003 - 08 - 21	7 : 18	PM	1,66 m	Lavt
2003 - 08 - 21	9 : 23	PM	Solnedgang	
2003 - 08 - 22	1 : 32	AM	2,52 m	Højt
2003 - 08 - 22	5 : 38	AM	Solopgang	
2003 - 08 - 22	7 : 48	AM	1,58 m	Lavt
2003 - 08 - 22	2 : 49	PM	2,74 m	Højt
2003 - 08 - 22	9 : 07	PM	1,63 m	Lavt
2003 - 08 - 22	9 : 20	PM	Solnedgang	
2003 - 08 - 23	3 : 13	AM	2,57 m	Højt

Vi borer over hele landet..!

- Kerneboringer
- Hulsneglsboringer
- Højslevboring
- Tørboring
- Luftslyleboring
- Skyleboring

- ring og hør nærmere...

POUL CHRISTIANSEN A/S
Brøndborer- & Ingeniørfirma
7840 Højslev
Tlf. 97 53 52 22

100 år

- din sikkerhed for erfaring og kompetence...