

2014-03-31

Stödjande observationer

av Pehr Björnbom

Om det blir mindre nederbörd vid kallare temperaturer så sker allt i en långsammare takt. I en ny artikel av Parrenin et al. (2013) ökar djupet för bildning av slutna bubblor vid uppvärmningen från senaste istiden som började för 18000 år sedan och slutade för 10000 år sedan. Se Fig. 2 i artikeln. Medeldjupet för förslutning av bubblorna ökar från 50 m till 65 m men zonen där förslutning av bubblorna sker ser däremot att ha oförändrad vidd på cirka 15 meter. Men isens tillväxt ser ut att ha fördubblats som följd av uppvärmningen.

Om jag tolkat denna artikel rätt så innebär detta att förslutningsprocessen pågår mycket längre tid före uppvärmningen än efter. Alltså stöder även detta att det vid den lägre temperaturen under istiden sker diffusion från den sig förslutande bubblan längre tid än vid den högre temperaturen. Detta stöder alltså att koldioxidhalt och metanhalt i bubblan minskar mer vid den lägre temperaturen än vid den högre.

I samma artikel av Parrenin et al. (2013) kommer man fram till att temperatur, koldioxidhalt och metanhalt varierar synkront, se Fig. 3 och Fig. 4 i denna artikel. Detta är ett nytt resultat med nya metoder som motsäger tidigare resultat att temperaturen varierade i en fas som låg före koldioxiden med 800 år. Dessa två figurer stämmer bra med min hypotes, att temperaturvariationerna skapar huvuddelen av motsvarande variationer i bubblornas koldioxidhalt och metanhalt genom processer som sker i isen under förslutningsprocesserna för bubblorna.

I metankurvan ser vi dock att andra processer också spelar in eftersom den visar en skarp nedgång som börjar något senare än för 13000 år sedan och pågår till 12000 år sedan. Medan koldioxidkurvan i Fig. 4 är oerhört lik temperaturkurvan så kan metankurvan tolkas som den algebraiska summan av en kurva som är mycket lik temperaturkurvan plus en mindre variation runt denna utom för den ovan nämnda perioden där variationen är större.

Tecken på att diffusionsmekanismer kan ändra sammansättningen har observerats i ett par studier. Severinghaus och Battle (2006) samt Huber et al. (2006) tolkade observationer av sammansättningsändringar i firnen i bubbelbildningszonen på detta sätt. Observationerna avsåg olika isotoper av ädelgaser samt syre och kväve och sammanhanget var ett annat än det som diskuteras här. Severinghaus och Battle förklarade sammansättningsändringarna med en bubbelförslutningsmodell av samma slag som använts här, se deras figure 3. Några observationer av detta slag som rör just metan och koldioxid verkar inte finnas i dessa artiklar.

När man jämför koldioxiddata från Taylor dome och Vostok (Indermühle et al., 2000, se figure 1) så har Vostokpunkterna en tendens att ligga lägre än för Taylor dome. Speciellt stor skillnad ser man på några av de lägsta koldioxidhalterna. Detta stämmer med hypotesen att variationen starkt påverkas av diffusionsförluster vid bubbelbildningen. Avsnörningen av bubblor från de öppna porerna och övergångstillståndet alldeles därefter utsträcks över mycket längre tidsperiod i Vostok än i Taylor dome beroende på att årsnederbörden och därmed ackumuleringen av snö är mycket mindre i Vostok än i Taylor dome. Tendensen blir då enligt hypotesen att mer koldioxid kan förloras genom diffusion i Vostok vilket alltså stämmer med observationerna.

Även mätningar av variationen av $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ i isen (Indermühle et al., 1999, se figure 2) kan förklaras av hypotesen. I mätningar i iskärnor från Taylor dome över Holocen (de senaste 11000 åren) varierade koldioxidhalten så att den först minskade och sedan ökade. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -förhållandet ökade när koldioxidhalten minskade och minskade när koldioxidhalten ökade. Om variationen av koldioxidhalten mest beror på varierande diffusion på grund av variationer i porernas förslutning till bubblor så betyder högre koldioxidhalt mindre förlust genom diffusion och vice versa. Men ^{13}C diffunderar långsammare än ^{12}C så ju större förlust vi har genom diffusion desto större blir $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ och vice versa. Detta stämmer bra med observationerna.

Referenser

- Huber, C., U. Beyerle, M. Leuenberger, J. Schwander, R. Kipfer, R. Spahni, J.P. Severinghaus, K. Weiler (2006). [Evidence for molecular size dependent gas fractionation in firn air derived from noble gases, oxygen, and nitrogen measurements](#), Earth and Planetary Science Letters 243, 61–73. [pdf](#)
- Indermühle, A., Stocker, T. F., Joos, F., Fischer, H., Smith, H. J., Wahlen, M., Deck, B., Mastroianni, D., Tschumi, J., Blunier, T., Meyer, R., and Stauffer, B. (1999). [Holocene carbon cycle dynamics based on \$\text{CO}_2\$ trapped in ice at Taylor Dome](#), Antarctica, Nature, 398, 121–126. [pdf](#)
- Indermühle, A., Monnin, E., Stauffer, B., Stocker, T.F., Wahlen, M. (2000). [Atmospheric \$\text{CO}_2\$ concentration from 60 to 20 kyr BP from the Taylor Dome ice core, Antarctica](#). Geophysical Research Letters 27, 735–738. [pdf](#)
- Parrenin, F., Masson-Delmotte, V., Kohler, P., Raynaud, D., Paillard, D., Schwander, J., Barbante, C., Landais, A., Wegner, A., and Jouzel, J. (2013). [Synchronous change of atmospheric \$\text{CO}_2\$ and Antarctic temperature during the last deglacial warming](#), Science, 339, 1060–1063. [pdf](#)
- Severinghaus, J. P. and Battle, M. (2006). [Fractionation of gases in polar ice during bubble close-off: new constraints from firn air Ne, Kr, and Xe observations](#), Earth Planet. Sc. Lett., 244, 474–500. [pdf](#)