

Markvärmeuttag och dess konsekvenser

Av Tryggve Troedsson
Institutionen för skoglig marklära
Sveriges lantbruksuniversitet
Uppsala

Inledning:

Professor J. Lågs långa och rika forskargärning inom markläran omspannar fem decennier. Det är få områden inom marklärans domäner som inte har behandlats av honom. Även i gränsområden till markläran – t ex nu senast inom geomedicinsk forskning – har Jul Låg lämnat betydande bidrag. Därför blir valet av ämnesområde för en uppsats till professor Lågs ära svårt. Medan hans sinne för ämnesområdets ständiga utveckling bör en hyllningsskrift enligt min mening ge en så stor bredd av ämnet marklära som är möjlig. Därför har jag valt att redogöra för de pedologiskt-ekologiska konsekvenser som ett energiuttag i marken innebär.

Problemställning

Det senaste decenniets ständiga stegrade energikostnader har medfört ett allt intensivare utnyttjande av värmepumpar. Numera utnyttjas det för tillvaratagande av inte minst energispill av olika slag. Bara i Sverige torde mer än 100 000 småhus vara utrustade med värmepumpar av olika slag.

Redan tidligt uppstod spörsmålet om huruvida värmeuttag från marken medförde varaktiga skador i jordmånen. För alla markbiologiska processer utgör t ex marktemperaturen en av de mest betydelsefulla faktorerna. Även växter av olika slag är starkt känsliga för temperaturförändringar och riskerna för en ständig

tjälning av marken måste vara ödesdiger för djuprotade arter.

För att kunna belysa en del av dessa problem utlades 1978 ett odlingsförsök där ett stort antal växtslag prövades vid varierande energiuttag. Principen var att inom var och en av tre parceller (240 m² vardera) skulle två upprepningar av prövat växtmaterial finnas. En parcell utgjordes av kontrollyta (O-yta), där inget värmeuttag skedde, men i övrigt sköttes den som de två övriga. Från den ena av den senare (N-yta) var avsikten att ta ut så mycket energi som erfordras för att värma ett enfamiljshus av ordinär storlek och från den andra tre gånger så högt energiuttag. Avsikten med extremt (3N-yta) högt energiuttag på en av parcellerna var en önskan om att dels få en gradient mellan ytorna dels studera främst de biologiska effekterna vid permanent tjälbildning även under en stor del av vegetationsperioden.

Försöken har pågått 1978–84 och lokalen är belägen i Hacksta socken 45 km NV Stockholm. Projektet har bekostats av Statens råd för byggnadsforskning. Varje del av projektet har haft en ansvarig forskare. Dessa har varit fil dr Lars Lundin (hydrologi), fil dr Heléne Lundkvist (markbiologi), fil dr Per-Erik Jansson (markfysik) och försöksledare Roland Svensson (växtodling). Varje forskare har sammenfattat sina respektive resultat och det är utifrån deras resultat denna sammanfattning gjorts.

Försöksytornas kemiska och texturella egenskaper

Försöken är anlagda på en ogödsblad, postglacial mellanlera med ett tunt gyttjelager i ytan. 1978, 1981 och 1984 utfördes analyser av matjord och alv. Samtliga värden har hållit sig förvånansvärt konstanta. Värdena för matjordens kemiska sammansättning framgår av tab. 1.

Den texturella sammanfattningen framgår av tab. 2.

Sammanfattningsvis innebär de kemiska och texturella analyserna att de skillnader i odlingsresultat som uppnåtts inte kan hänföras till förändringar i markens kemiske eller texturella egenskaper (Troedsson et al. 1982).

Mark- och grundvattenförändringar vid ytjordvärmeuttag

Ytjordvärmeuttagets inverkan på marken är av liten omfattning. Omfattningen av förändringarna ligger mellan 2–6%. Största förändringarna sker i markytan. I grova jordarter kan markvattenhaltsförhöjningen under vår och sommar bli omfattande. Eljest är markvattenhalten förhöjd främst under april–juni vilket givetvis snarast gynnar växter som är känsliga för den i mellansverige vanligen förekommande försommartorkan.

För grundvattnet antyddes en förhöjd vattenyta under försommaren. Denna påverkan var emellertid mycket liten och på grövre jordar skulle den med säkerhet ha uteblivet. Mot slutet av vegetationsperioden avklingade vattenhaltshöjningen. Under slutet av sommaren kunde till och med en lägre markvattenhalt förmärkas där värmeanläggningens slangar fanns. Några ekologiskt negativa effekter av förändrade markvattenhalter eller grundvattennivåer kunde inte fastställas.

Markbiologiska effekter vid jordvärmeuttag

De markbiologiska effekterna på grund av temperatursänkningen vid värmeuttag har studerats främst genom att mäta daggmasksaktivitet och förnanedbrytning (Lundkvist 1982).

Jordmånens egenskaper inom försöksytorna innebar att studier över daggmasksförhållandena bäst speglade markaktiviteten. Daggmaskarna spelar på mullrika, leriga marker med pH omkring 6.5 en avgörande roll för nedbrytning och omsättning av organiskt material liksom för dränage av markens ytskikt (Jfr Edwards och Lofty 1977).

För en relativ jämförelse av artsammansättning och abundans hos daggmaskpopulationen användes preparerade, perforerade och nedgrävda burkar som fångade upp maskarna i marken. Vid slutet av vegetationsperioden bestämdes antal och arter av olika maskar samt substratets organiska halt före och efter försöksperioden.

Nedbrytningshastigheten på markytan studerades genom mätning av mängden neddragen förna (äppellöv). Resultaten av dessa undersökningar visar att nedbrytningshastigheten i början av försöksperioden av förna var signifikant lägre på både N-ytan och 3N-ytan i relation till kontrollytan. Under huvuddelen av vegetationsperioden jämnades skillnaderna ut mellan kontrollyta och N-yta. Efter ett år var viktsförlusten hos förna i kontrollytan 95%, N-ytan 92% och 3N-ytan 64%. Ett rimligt antagande är att den nedbrytning av förna som tar en säsong i anspråk i kontrollytan tar den dubbla tiden i 3N-ytan.

Resultaten av undersökningen över daggmasksaktiviteten visade att effekterna av värmeuttaget minskade daggmasksaktiviteten i marken. Uppenbarligen ac-

Tabell 1. *Texturell sammansättning för försöksytorna (medelvärde av 3 profiler)*

		Jordartsfraktioner (vikts-%)										Totalt	
		< 2 mm											
Djup (cm)	Horisont	<.002	-.05	-.1	-.25	-.5	-1	-2	Organiskt material	< 2	> 2 mm		
0-20	A	32.3	18.7	11.5	10.5	8.9	8.2	3.4	6.5	84.4	15.6		
20-40	A _{2g}	34.7	19.9	6.0	12.9	8.9	8.9	3.6	5.1	51.7	48.3		
40-60	B _{2g}	36.1	22.4	11.0	2.6	8.3	8.9	6.2	4.5	72.6	27.4		
60-90	B ₃	40.4	19.0	8.5	10.8	7.5	7.4	3.7	2.7	86.5	13.5		
90-120	C ₁	43.0	12.4	5.3	17.0	8.7	8.3	4.6	0.7	76.8	23.2		
125-130	C ₁	35.5	22.3	12.2	10.8	7.8	7.0	3.7	0.7	88.4	11.6		

Tabell 2. *Kemisk analys av matjorden (mg/100 g torr jord)*

Analys	O-yta						N-yta						3N-yta								
	øvre		nedre		øvre		nedre		øvre		nedre		øvre		nedre		øvre		nedre		
	1978	1981	1984	1978	1981	1984	1978	1981	1984	1978	1981	1984	1978	1981	1984	1978	1981	1984	1978	1981	1984
pH	6.7	6.3	6.6	5.6	6.4	6.4	6.5	6.5	6.5	6.5	6.6	6.5	6.6	6.4	6.7	6.4	6.2	6.6	6.6	6.6	6.6
P-AL	5.8	6.7	5.8	9.4	10.5	7.3	16.8	13.5	16.8	11.1	15.7	11.1	5.8	7.1	5.8	7.3	7.8	9.4	5.8	7.3	7.8
P-HCl	60	60	63	60	61	66	75	69	71	65	72	70	61	62	68	58	56	58	61	62	56
K-AL	48	54	42	62	58	52	55	66	55	56	42	56	42	43	48	48	52	47	48	48	52
K-HCl	535	560	550	685	675	725	570	685	562	670	585	700	550	535	560	680	600	635	550	535	560
Mg-AL	25.4	26.5	23	32.0	40.0	31	24.2	38.2	24	28.9	21.7	29	23.0	23.0	25	31.0	28.4	32	23.0	23.0	25

kumulerades effekten över ett flertal säsonger. Detta kan sannolikt förklaras av att reproduktionstakten hos dagmaskarna inte kunnat upprätthållas under ytjordvärmeuttaget och den av detta orsakade säsongförkortningen.

Sammanfattningsvis pekar resultaten på att nedbrytningen av organiskt material i marken och följaktligen omsättningen av näringsämnen går långsammare när ytvärme tas från ett område. Samtidigt erhålls en tätare markstruktur, marken blir «segare» vid ogräsresning, beträddande osv.

Maskpopulationens kvalitativa förändring är lika på N- och 3N-ytorna även om hastigheten i förloppet är olika. Förmodligen är processerna reversibla. Upphör ytvärmeuttag återkommer förvisso dagmaskarna.

Fysikaliska effekter av ytvärmeuttag

Marktemperaturmätningar skedde under försöksperioden med hjälp av 55 givare (Pt-500) som var inkopplade till små batteridrivna dataloggrar (Aanderaa, D1:1) och givarna var placerade mellan 0.5–1.3 m djup. Under försöksperioden skedde mätningarna med olika intervall; i början var tredje timme, senare varje timme. Utrymmet tillåter inte detaljredogörelser för registreringsprogrammet.

Numeriska metoder för att skatta effekterna av ytvärmeuttag gjordes tidigt. En sådan simuleringsstudie (Halldin et al. 1979) visade att markens fysikaliska begränsningar normalt ej var avgörande för värmeuttagets storlek. I stället var det de biologiska effekterna som borde vara styrande vid dimensioneringen av ytvärmeanläggningen.

Halldin (op. cit.) och Jansson & Halldin (1980) kunde med hjälp av sina modeller utifrån uppmätta värden på de

olika försöksparcellerna genomföra en noggrann uttestning som bekräftade att effekterna av ytvärmeuttag på markens temperatur var möjligt att förutsäga om tillräcklig god information om markens termiska egenskaper fanns tillsammans med mätningar av klimatvariabler och av värmeuttagets storlek.

Modelleringsstudien visade sig vara så allmängiltig att Jansson & Lundin (1984) kunde simulera de fysikaliska effekterna av ytvärmeuttag för olika marker och olika klimat. T o m förändringar i marktemperatur kunde bestämmas för olika tidsperioder och för olika djup. En sammanfattning av dessa fortsatta studier är gjorda av Jansson (1983–84) och Lundin (1985).

Marktemperaturmätningarna visade att skillnaden i temperatur på olika djup inom de tre parcellerna följde värmeuttagen väl. Vid en jämförelse mellan O-yta och N-yta visade det sig att effekterna av värmeuttaget var måttlig ned till 20 cm djup men ökade sedan mot ökat djup. Även ett kraftigt värmeuttag på 50–70 cm djup (där värmeuttagsrören ligger) påverkade inte nämnvärt temperaturen inom N-ytan ned till 20 cm djup. Tjälén höll sig kvar i marken i stort sett lika länge inom de båda parcellerna.

För 3N-ytan var de relativt skillnaderna väsentligt större. Värmeuttagets storlek, årsvariationer i klimat osv är givetvis av stor betydelse, men allmänt gäller att tjälningen höll sig kvar i marken inom 3N-ytan upp till 1.5 månader längre än inom N- och O-ytan. Även på så grunt djup som 20 cm var vissa år temperaturen klart lägre än inom de övriga ytorna under vegetationsperioden.

Sammanfattningsvis har marktemperaturundersökningen visat att markens kapacitet för säsongslagring av energi är stor och att det främst blir de biologiska

aspekterna som blir avgörande för värmeuttagets storlek. Samtidigt skall påpekas att de ytliga markskikten (0–20 cm), där den biologiska aktiviteten är som störst påverkas minst av värmeuttaget.

Undersökningen har också visat att alla minerogena jordarter är väl lämpade för ytjordvärmeuttag. Mo och mjälajordar kan emellertid bli besvärliga på grund av tjälkjutning. Däremot bör organiska jordar och speciellt torvjordar användas med försiktighet eftersom de lätt får permanent tjäle på djupare nivåer.

Vegetationens påverkan av olika värmeuttag

Försöksperioden var så pass lång att tillräckligt hårdiga grässorter kunde prövas. Det visade sig att flerårigt värmeuttag inverkar inte negativt vid sådd av gräsmattor. Kanske tror man vågar påstå att det gynnas genom en högre fuktighetshalt i marken, men det gäller att välja tillräckligt hårdiga sorter.

Rosor

«Allotria», «Nina Weibull», «Peace» och «Lichterloh» planterades hösten 1978. Minst hårdiga av dessa sorter är «Peace», «Allotria» och «Nina Weibull». De blommade genomgående svagast på ytor med värmeuttag. Hårdigast är «Lichterloh». Under 1979, 1980, 1981 och 1983 gav «Lichterloh» flest blommor per buske i N-ytan.

Testningen av rosor kompletterades våren 1982 genom plantering av «Buisman's Triumph» och «Feuerwerk». Under 1983 gav dessa sorter i genomsnitt 18% färre blommor i N-ytan och 59% färre i 3N-ytan. Blomningen har varit något försenad på ytor med värmeuttag.

Lövfällande prydnadsbuskar

Kolkwitzia amabilis, *Potentilla fruticosa* «Gold finger» och *Spirea* × *cinerea*

«Grefsheim» planterades hösten 1978. «Goldfinger» och «Grefsheim» har haft god tillväxt och blomning i alla försöksled. *Kolkwitzia amabilis* avviker från de andra arterna genom att den bildat kraftigast buskar i N-ytan.

Barrväxter

Tre arter planterades hösten 1983. *Juniperus communis* «Repanda» och *Taxus* × *media* «Hicksii» har ungefär samma utveckling i både O-ytan och N-ytan. *Thuja occidentalis* «Smaragd» har däremot bäst tillväxt i O-ytan. På 3N-ytan har barrväxternas tillväxt genomgående varit något svagare.

Vårblommande lökväxter

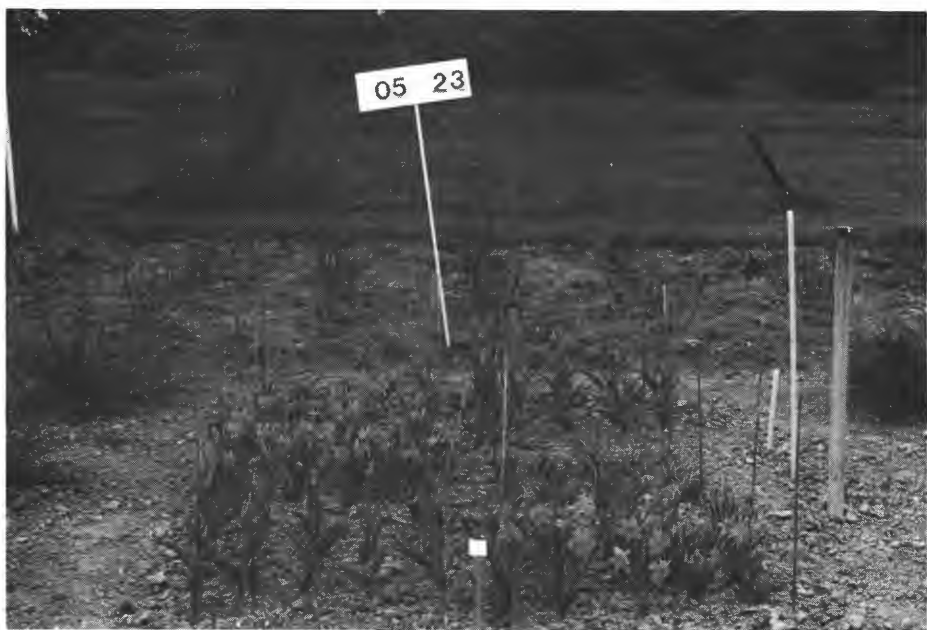
Hösten 1981 planterades krokus, påskliljor och tulpaner. I medeltal för 1982–83 var blomningen hos krokus, påskliljor och tulpaner 9, 12 respektive 3 dagar försenad i N-ytan. Tulpanerna blommade rikt både i N-ytan och kontrolledet. Samma resultat erhöles för krokusen under 1982, men under 1983 var blomningen sämre i N-ytan. Påskliljorna blommade båda åren rikligast i O-ytan. Under båda försöksåren var lökväxternas tillväxt och blomning markant sämst i 3N-ytan.

Prydnasträd

För att undersöka hur träd etablerar sig på ytor med ytjordvärmeuttag planterades silverpil våren 1982. Träden har etablerat sig bra och har god tillväxt i O-ytan och N-ytan. I 3N-ytan är trädens etablering dålig.

Sammanfattande synpunkter

Sammanfattningsvis innebär ett ytjordvärmeuttag att växtplatsen ifråga om marktemperaturförhållanden breddgradsmässigt flyttar en eller par grader mot norr beroende på hur stort uttaget är.



O-yta



N-yta



3N-yta

Klart negativa effekter har påvisats genom minskad aktivitet mätt som dagmaskförekomster och förnenedbrytning. Dessa negativa effekter behöver emellertid inte ha någon större betydelse även om ytjordvärme kan förorsaka förseningar i den vegetativa utvecklingen och blomningen. Dette gäller mest påfallande hos tidigt blommande arter. På ytor med normalt värmeuttag har de minst hårdiga sorterna påverkats negativt, medan de fullt hårdiga i visse fall haft bättre tillväxt än på ytor utan värmeuttag. Resultaten tyder på att negativa effekter även av ett högt värmeuttag kan elimineras genom att använda för orten fullt hårdiga växter.

Summary

Soil-heat extractions and their consequences.

Since 1978 a full-scale experiment of the ecological effects of soil-heat extrac-

tion on soil and vegetation has been in progress in the Lake Mälaren district west of Stockholm. The experimental plots have been planted with different kinds of common garden plants and different species of grasses. The results show that excessive heat extraction could seriously disrupt soil biology processes. On the other hand, the horticultural effects will give the soil the characteristics of a more northerly climate, but it is possible to avoid this effect by means of hardy garden plants.

Citerad litteratur

- Edwards, C.A. & Lofty, J.R. 1977. *Biology of earthworms*. 2:a uppl. Chapman and Hall, London, 333 s.
- Halldin, S., Jansson, P-E. & Lundkvist, H. 1979. Ecological effects of longterm soil heat pump use. *Proc. Nordic Symp. Earth Heat Pump Systems*, Suppl. p. 14-23, Göteborg (Chalmers tekniska högskola).

- Jansson, P-E & Halldin, S. 1980. Soil water and heat model. Technical description. Barrskogslandskapets ekologi. TR 26. Uppsala (Sveriges lantbruksuniversitet).
- Jansson, P-E. 1983. Simulering av marktemperaturer vid ytjordvärmeuttag. I Ytjordvärme-markkolektorer, BFR-seminarium mars 1982. Byggforskningsrådet R 37, 37-40.
- Jansson, P-E. & Lundin, L-C. 1984. Fysikaliska effekter av ytjordvärmeuttag. Simulerade uttag för olika marker och klimat. Byggforskningsrådet R 50, 84 sidor.
- Lundkvist, H. 1981. Enchytraeide (Oligochaeta) in Pine forest soils: population dynamics and response to environmental changes. – Doctoral thesis at Uppsala University.
- Lundin, L-C. 1985. Simulated physical effects of shallow heat extraction. Cold Regions Research and Technology (under tryckning).
- Svensson, R. Effekter på prydnadsväxter av ytjordvärmeuttag. Inst. för vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola. Report Series B:42 Göteborg.
- Troedsson, T., Jansson, P-E., Lundkvist, H., Lundin, L. & Svensson, R. 1982. Ekologiska effekter av ytjordvärmeuttag. Markkemi, markfysik, markbiologi och prydnadsväxtodling. Byggforskningsrådet R 51. Stockholm.