

INTERN RAPPORT Nr 1987:06
AVDELNINGEN FÖR VATTENTEKNIK
TEKNISKA HÖGSKOLAN I LULEÅ
S-951 87 LULEÅ, SWEDEN

DIMENSIONERING AV KLIMATSYSTEM

VID

HIETALAS VÄXTHUS I ÖVERTORNEÅ

BO NORDELL

SEPTEMBER 1987, LULEÅ

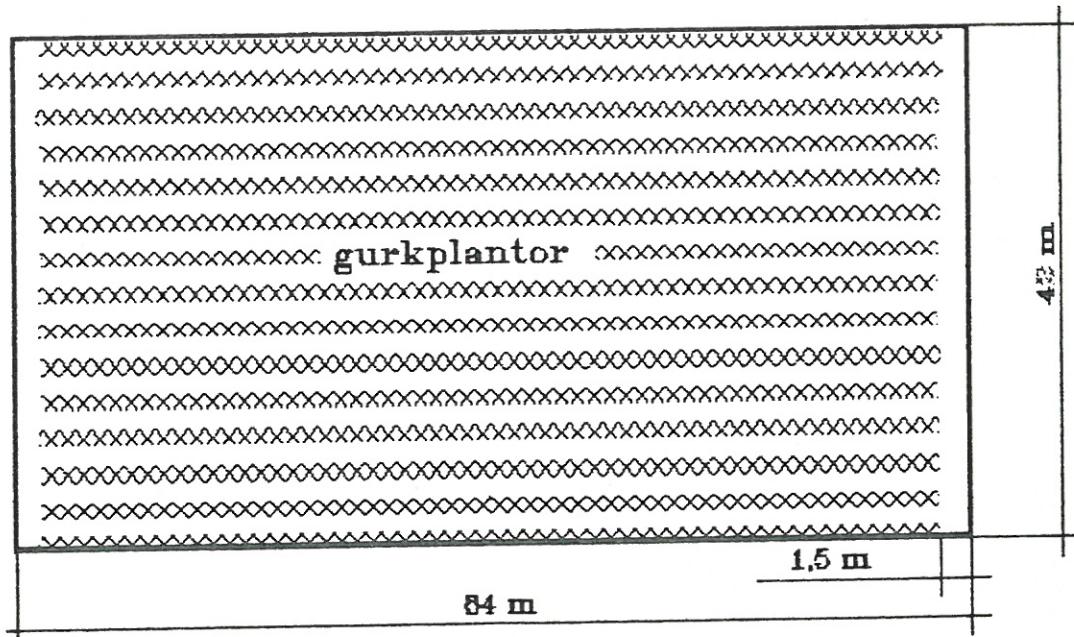
INSTITUTIONEN FÖR SAMHÄLLSEBYGGNADSTEKNIK

DIMENSIONERING AV KLIMATSYSTEM VID HIETALAS VÄXTHUS I ÖVERTORNEÅ

Bo Nordell, Avd f Vattenteknik, Tekn. Högskolan, Luleå
September, 1987

BAKGRUND OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Hietalas växthus i Övertorneå har planmåtten 84x42 m. Takhöjden är cirka 3 m. Taket är plant men golvet (markytan) lutar ca 0.5 m i byggnadens längdriktnings. I växthuset odlas slanggurka, 50-60 ton per sässong vilket innebär att växthuset ger 1 ton gurka per dag under högsäsong. Gurkplantorna växer i 28 st 81 m långa rader. Plantorna är planterade i 13 dubbeldrader samt 2 st enkeldrader vid vardera långsidan. Mellan varje dubbel gurkrad finns en transportgång varför varje rad upptar 3 m bredd. Gången är 1.5 m bred. Vid byggnadens kortsidor finns också en 1.5 bred transportgång, se Figur 1.



Figur 1. Planskiss över Hietalas växthus.

Hietalas gurkodling har pågått i mer än 50 år. Det nuvarande växthuset är cirka 20 år gammalt. Ingen konstgödsel används utan odlingarna sker i den kompostjord som bildas då hackat grönfoder (ärter, havre) läggs in i växthuset varje höst.

Problemen med denna typ av odling består i att temperaturen i växthuset kan bli alltför hög, ca 50°C nära taket. Den varma luften är fuktmättad. Senare på dygnet då temperaturen sjunker kondenseras luftfukten varvid droppbildning sker. Droppbildningen leder till skadeangrepp på gurkplantornas blad. Det idealala klimatet för denna typ av odling är en relativt jämn temperatur, ca 25°C, samt en relativ fuktighet av ca 70%.

Gurkan är känslig för luftrörelser, en undre gräns för att koldioxidtillförsern (CO_2) till bladens klyvöppningar skall vara god är 0.5 m/s. Den övre gränsen för vad gurkan tål är 1.0 m/s.

Vid denna typ av odling på kompostjord kan syretillförsern till rotsystemet bli dålig, eftersom jorden blir tät. Bristande syretillförsel försämrar komposteringen. En försämrar kompostering medför minskad CO_2 -produktion.

Ett problem, specifikt för odlingens lokalisering, nära polcirkeln, är att tjälen dröjer kvar i jorden så länge att det vanligtvis inte är möjligt att påbörja odlingen förrän den 1 juni.

Det planerade klimatsystemet i Hietalas växthus kommer att förbättra klimatet genom att reducera samtliga nämnda problem.

KLIMATSYSTEMET

Princip

Principen för klimatsystemet är att fuktig varm luft vid växthusets tak avkylls (avfuktas) i nedgrävda dräneringsrör. Dräneringsrören är nedgrävda på 30-40 cm djup i kompostjorden under gurkraderna. Nära rören finns ett dränerande sand- eller gruslager. Den varma fuktiga luftens avkyllning innebär att jorden både värms och fuktas. Dräneringsrörens hål tillåter också en

viss del av luften att gå ut i jorden varvid syresättning sker. Luften blåses med hjälp av ett antal fläktar från taket genom de markförlagda dräneringsrören. Den avkylda och avfuktade luften återförs till växthuset i mitten av varje gurkrad

Klimatsystemet startas på våren när lufttemperaturen i växthuset är så hög att jordtjälen kan tinas. Därefter sker uppvärmning av jorden tills temperaturen är tillräckligt hög för att starta odlingssäsongen. Denna del av systemet har studerats, både teoretiskt och genom laboratorieförsök, vid Tekniska Högskolan i Luleå. Anna Göhlman (1987) visade då bland annat att kondensationen och jordens luftgenomsläppighet är de viktigaste delarna i värmeöverföringen från luft till jord.

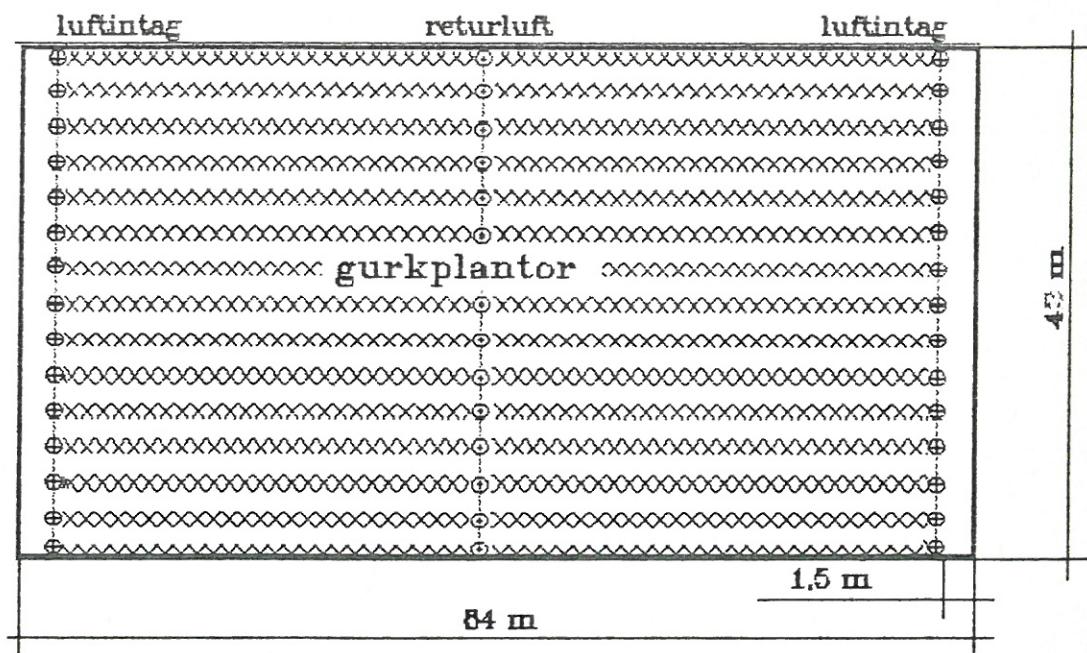
Systemet hålls i drift så länge som utloppstemperaturen från rören är lägre än den tillförda luftens temperatur. Man kan dock tänka sig att köra systemet omvänt så att luften i växthuset uppvärms genom att den lagrade jordvärmén återförs nattetid.

Sammanfattningsvis så kommer beskrivet klimatsystem att medföra en ökad gurkproduktion som en följd av förbättringar:

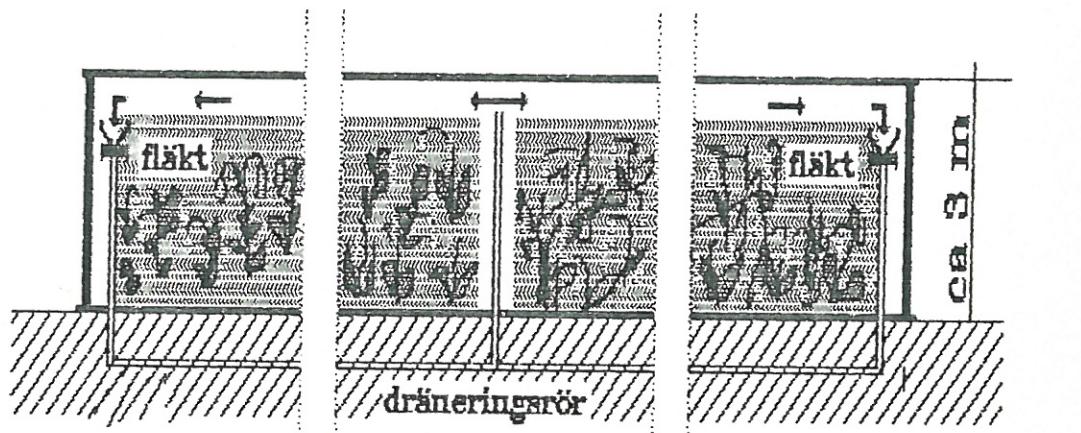
- * Tidigarelagd odlingsstart
- * Jämnnare och lägre lufttemperatur
- * Lägre luftfuktighet, minskad droppbildning
- * Minskad behov av bevattning
- * Ökad syretillförsel till jorden
- * Ökad koldioxidproduktion
- * Lämplig luftcirkulation i växthuset (dimensioneringskrav)

Klimatsystemets uppbyggnad

Klimatsystemet tar, med hjälp av fläktar, varm fuktig luft vid växthuset båda kortsidor. Luften blåses ned i de markförlagda dräneringsrören som mynnar upp mot taket i växthusets mitt. För varje dubbelrad finns en fläkt på vardera sidan. Se Figur 2.



Figur 2a. Planskiss av växthus. Luftcirkulationen åskådliggörs med pilar.



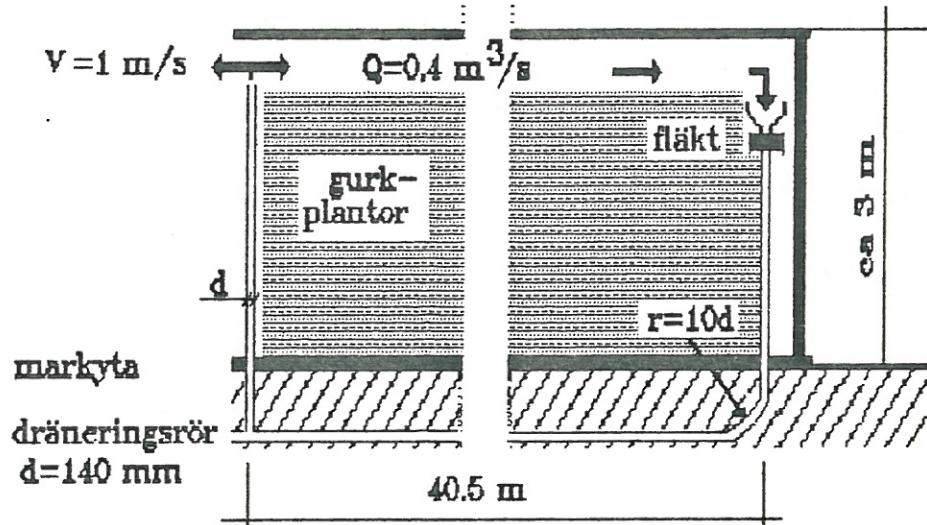
Figur 2b. Sektionsskiss av växthus. Luftcirkulationen åskådliggörs med pilar.

DIMENSIONERING

Beräkningarna nedan följer Cederwall-Larsen (1979). Dimensionerande krav för klimatsystemet är att lufthastigheten i växthuset inte överskrider 1 m/s. För att förenkla problemet antas att luftströmmen är begränsad till en 0,2 m luftspalt nära taket. Varje dubbel gurkrad upptar cirka 3,0 m av växthusets bredd men eftersom gurkplantorna når taket reduceras luftspaltens bredd till 2,0 m. Detta innebär att luftflödet kommer att följa taket ovanför transportgångarna. I denna spalt antas att luftflödets medelhastighet är 1,0 m/s. Detta innebär att maximalt tillåtet luftflöde är:

$$1,0 \text{ (m/s)} \cdot 0,2 \text{ (m)} \cdot 2,0 \text{ (m)} = 0,4 \text{ m}^3/\text{s per dubbel gurkrad}$$

Denna luftmängd ska med fläktar blåsas från taknivån, igenom två dräneringsrör, under vardera gurkraden, till växthusets mitt där röret mynnar upp mot taket enligt Figur 3.



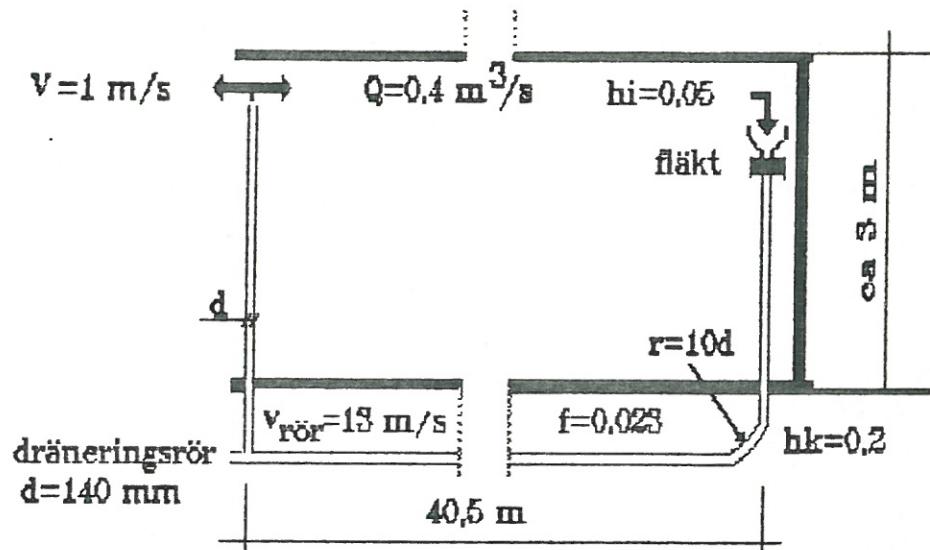
Figur 3. Delsektion av växthusets klimatsystem. Figuren åskådliggör de antaganden som ligger till grund för dimensioneringen av klimatsystemet.

Dräneringsrörens diameter (d) är förutbestämd till 140 mm, luftflödet (Q) är $0,400 \text{ m}^3/\text{s}$. Lufthastigheten (v) i rören beräknas

$$v = Q/(2 \cdot A_{rör}) = Q/(2 \cdot A_{rör}) = Q/(2 \cdot \pi d^2 / 4)$$

$$v = 0,400/(2 \cdot \pi \cdot 0,14^2 / 4) = 13,0 \text{ m/s}$$

Viss del av den luft som blåses ned i dräneringsrören kommer att gå ut i jorden genom dräneringsrörens perforering. Det är mycket svårt att bestämma denna luftmängd. Ett jämnt fördelat flöde genom jorden, helst hela luftmängden, vore önskvärd. I följande dimensioneringsberäkningar antas att hela luftflödet strömmar i rören. Beräkningsantagandena för dimensionering av fläktar sammanfattas i Figur 4.



Figur 4. Beräkningsantaganden för dimensionering av erforderliga fläktar.

Med hjälp av Reynolds tal (Re) bestäms om strömningen är laminär eller turbulent. Villkoret för turbulent rörströmning är att $Re > 2300$.

$$Re = v \cdot d / \nu$$

där v = rörströmningens medelhastighet (m/s)

d = rörets diameter (m)

ν = luftens kinematiska viskositet (m^2/s)

v för luft vid $+25^\circ C$ = $15 \cdot 10^{-6} m^2/s$

$v = 13 \text{ m/s}$

$d = 0,14 \text{ m}$

Genom insättning av ovanstående värden i ekvationen för Reynolds tal erhålls $Re = 121000$, dvs flödet är starkt turbulent.

Turbulensens storlek, eller Reynolds tal, är en viktig parameter för beräkning av friktionsförluster i rörsystemet och för värmeöverföringen mellan luft och rörvägg

Den allmänna friktionsformeln eller Darcy-Weisbachs formel anger friktionsförlusterna vid likformig strömning.

$$hf = f \cdot (L/d) \cdot (v^2 / 2g)$$

L = rörets längd = 46,5 m

d = rördiameter = 0,14 m

v = luftens strömningshastighet = 13,0 m/s

g = tyngaccelerationen = $9,81 m/s^2$

k = röväggen råhet (ekv. sandråhet) = 0,2 mm för denna typ av plaströr. Rörets korrugering gör dock denna siffra litet osäker

f = $f(Re, k/d)$ bestäms ur Moody-diagram. Med $k/d=0,0014$ och $Re=121000$ är $f = 0,023$

Allmänna friktionsformeln ger efter insättning av värden friktionsförlusten för luftströmningen genom den raka delen av röret

$$hf = 65,8 \text{ m luftpelare}$$

Ytterligare förluster uppkommer vid inloppet till fläkten (h_{fi}) och vid de bågge krökarna (h_{fk}). Inströmningsförlusten tecknas

$$h_{fi} = h_i \cdot v^2 / 2g$$

$h_i = 0,05$ för ett väl rundat inlopp ger
 $h_{fi} = 0,43$ m luftpelare

Friktionsförlusterna i de bågge rörkrökarna bestäms som

$$h_{fk} = h_k \cdot v^2 / 2g$$

$h_k = 0,2$ för en 90° rörkrök med radien $10d$ ger
 $h_{fk} = 1,72$ m luftpelare

Den totala friktionsförlusten för vilken fläkten måste dimensio-
neras är $h_{ftot} = h_f + h_{fi} + h_{fk} = 67,95$ m luftpelare.

Erforderlig fläkteffekt (P) med antagande om 0,75% verkningsgrad
tecknas

$$P = 1/0,75 \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_f$$

där ρ är luftens densitet = $1,2 \text{ kg } / \text{m}^3$

$$P = 1/0,75 \cdot 1,2 \cdot 9,81 \cdot 0,400 \cdot 67,95 = 427 \text{ W}$$

Sammanfattning:

För Hietalas växthus behövs med föreslaget klimatsystem 26
fläktar med en effekt av 430 W. För de två enkla gurkraderna vid
växthusets långsidor kan fyra fläktar med halva effekten an-
vändas.

REFERENSER

CEDERWALL Klas, LARSEN Peter (1979)

Hydraulik för Väg- och Vattenbyggare. Liber Läromedel, Malmö

GÖHLMAN, ANNA. (1987) Uppvärmning av frusen mark. Försök och si-
mulering. Examensarbete. Institutionen för Samhällsbyggnadstek-
nik. Tekniska Högskolan i Luleå. 1987:030E.