VATTENDRIVEN RISTRÖSKA

A. Introduktion

Ris är den huvudsakliga födan i Vietnam. För att göra vitt ris av råris behöver råriset tröskas, dvs agnarna ska skiljas från riskärnorna. I de kuperade norra delarna av Vietnam finns många vattendrag och där är det vanligt med vattendrivna riströskor. Se figur 1 för konstruktion och figur 2 för arbetssätt.

B. Konstruktion och arbetssätt

1. Konstruktion

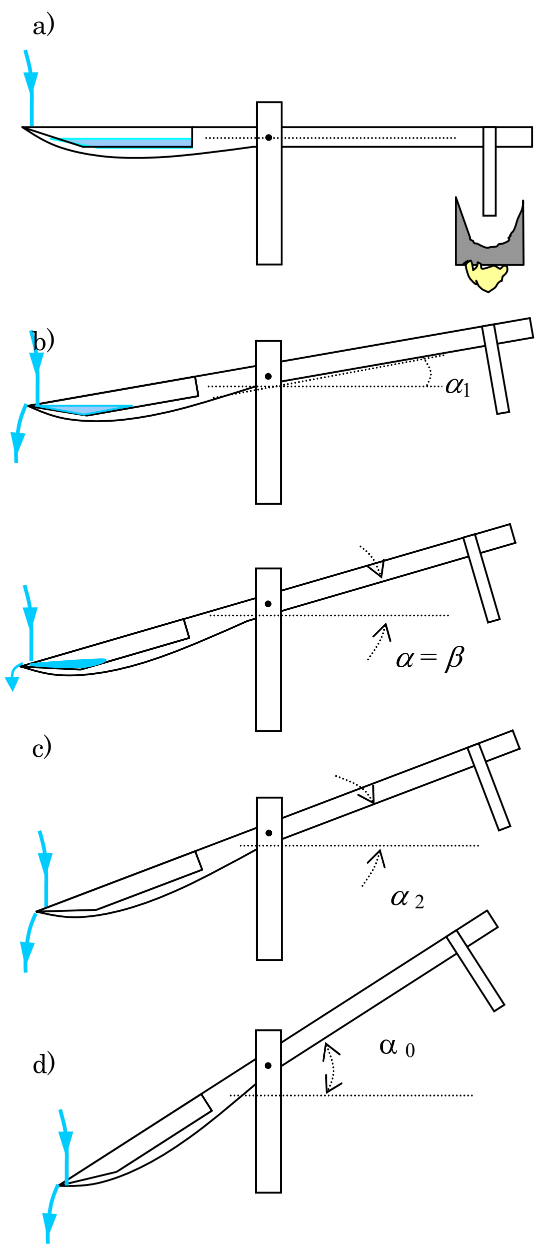
Tröskan består av följande delar:
Morteln är en träbehållare.
Hävstången, också av trä, har en större och en mindre ände. Hävstången kan rotera runt en horisontell axel. Den större änden är urgröpt, så att den bildar en skopa för vattnet. Skopans form är mycket viktig för tröskans funktion.
Stöten, även den av trä, sitter fast i den mindre änden vinkelrätt mot hävstången. Stötens längd är avpassad, så att den precis når ner till riset i morteln när hävstången är horisontell.

2. Arbetssätt

Tröskan har två olika lägen.
Tröskläget innebär att hävstången rör sig enligt figur 2. Tröskningen sker genom att energi överförs från stöten till riset (delfigur f i figur 2). Skulle stöten inte nå ner till riset anses inte tröskläge föreligga.
Icke tröskläge med hävstången upplyft enligt delfigur c i figur 2, innebär att lutningsvinkeln α ökar medan mängden vatten i urgröpningen minskar. Vid en viss tidpunkt balanserar mängden vatten hävstångens tyngd och denna lutningsvinkel betecknas med β. Om hävstången är i detta läge och om vinkelhastigheten strax före varit noll kommer hävstången att vara kvar i detta läge. Detta kallas ”icke tröskläge med upplyft hävstång”. Stabiliteten för denna jämvikt beror på vattenflödet Φ. Om Φ överstiger ett visst värde Φ_2 är denna jämvikt stabil och morteln kan inte befinna sig i tröskläge. Det betyder att Φ_2 är det minsta flöde som krävs för att tröskan inte ska tröska.

Figur 1.
En vattendriven riströska

ARBETSCYKEL FÖR EN VATTENDRIVEN RISTRÖSKA



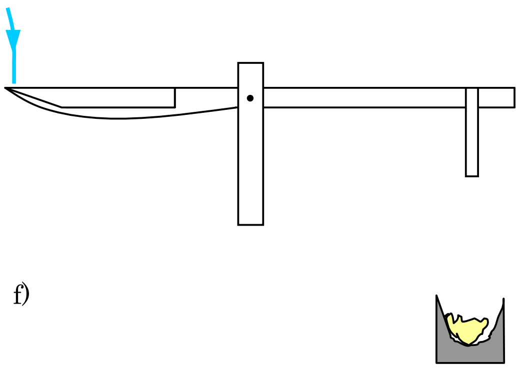
a) Till att börja med finns inget vatten i skopan och stöten vilar i morteln. När sedan vatten långsamt rinner in i skopan behålls den horisontella positionen till en början.

b) Efter ytterligare en stund räcker vattenmängden för att lyfta hävstången. På grund av lutningen samlas vattnet i skopans bortre del och sålunda ökar hävstångens lutning snabbare. Vattnet börjar rinna ur skopan när $\alpha = \alpha_1$.

c) När vinkeln α ökar ytterligare rinner alltmer vatten ut. Vid en viss lutningsvinkel $\alpha = \beta$ blir totala vridmomentet noll.

d) Vinkeln α fortsätter att öka, vatten fortsätter att rinna ut till dess inget vatten återstår i skopan.

e)



f)

Figur 2

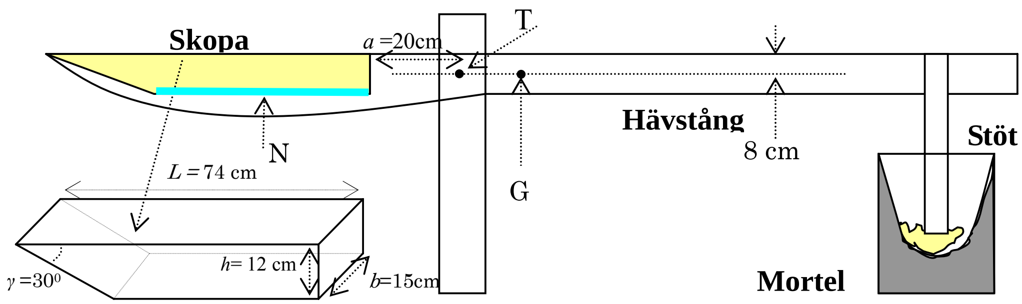
e) Vinkeln α fortsätter att öka än mer på grund av trögheten. Skopans utformning innebär att vatten fortfarande rinner in i skopan, men omedelbart rinner ut. Skopans rörelse fortsätter på grund av trögheten till dess vinkeln α når ett största värde α_0.

f) Utan vatten i skopan kommer hävstångens tyngd att vrida hävstången tillbaka till horisontalläge. Stöten slår i morteln där riset ligger och en ny arbetscykel tar sin början.

C. Problemet

Betrakta en vattendriven riströska med följande parametrar:

Hävstångens massa (inklusive stöten men utan vatten) är $M = 30$ kg.
Masscentrum på hävstången betecknas med G. Hävstången roterar kring en axel T (projicierad på punkten T i figuren).
Tröghetsmomentet för hävstången med avseende på T är $I = 12$ kg·m².
När det är vatten i skopan betecknas vattnets massa med m, masscentrum för vattnet betecknas med N.
Lutningsvinkeln på hävstången är α.
Dimensionerna på tröskan och skopan ses i figur 3.
Försumma friktionen vid axeln. Försumma även kraften på grund av att vattnet faller ner i skopan. Anta att vattenytan alltid är horisontell.



Figur 3. Riströskans utseende och dimensioner

1. Tröskans uppbyggnad

Till att börja med är skopan tom och hävstången är horisontell. Vattnet flödar in i skopan tills hävstången börjar rotera. Mängden vatten i skopan är vid detta tillfälle $m = 1.0$ kg.

1.1. Bestäm avståndet mellan masscentrum G för hävstången och rotationsaxeln T. Man vet att GT är horisontell då skopan är tom.

1.2. Vattnet börjar rinna ut ur skopan när vinkeln mellan hävstången och horisontalplanet blir α_1. Skopan är helt tömd då denna vinkel är α_2. Bestäm

α_1 och α_2.

1.3. Låt $\mu(\alpha)$ vara det totala vridmomentet (med avseende på axeln T) på grund av hävstångens tyngd och vattnet i skopan. $\mu(\alpha)$ är noll då $\alpha = \beta$. Bestäm β och massan m_1 på vattnet i skopan vid detta tillfälle.

2. Parametrar när tröskan tröskar

Låt vatten flöda in i skopan med en flödeshastighet Φ som är konstant och liten. Mängden vatten som flödar in i skopan när hävstången är i rörelse försummas.

2.1. Rita en graf för vridmomentet μ som funktion av vinkeln α, $\mu(\alpha)$, över en arbetscykel. Skriv värdena på α och $\mu(\alpha)$ vid de speciella punkterna i grafen.

2.2. Diskutera och ange, utgående från grafen i 2.1., den geometriska tolkningen av värdena på den totala energin W_{total} genererad av $\mu(\alpha)$ och stötarbetet $W_{stöt}$ som överförs från stöten till riset.

2.3. Utgå från grafen $\mu(\alpha)$ och bestäm α_0 och $W_{stöt}$. (Anta att den kinetiska energin för vattnet som rinner in och ut ur skopan är försumbar). Du kan ersätta kurvan med sick-sacklinjer om det förenklar beräkningen.

3. När den inte tröskar

Låt nu vattnet flöda in i skopan med konstant hastighet Φ, men mängden vatten som rinner in i skopan under skopans rörelse kan inte försummas.

3.1. Anta att skopan hela tiden svämmar över.

3.1.1. Rita en graf av vridmomentet μ som en funktion av vinkeln α i närheten av $\alpha = \beta$. Vilken typ av jämvikt har man i läget $\alpha = \beta$?

3.1.2. Bestäm den analytiska uttrycket på $\mu(\alpha)$ som funktion av $\Delta\alpha$ när $\alpha = \beta + \Delta\alpha$ och $\Delta\alpha$ är litet.

3.1.3. Skriv ner rörelseekvationen för hävstångsarmen om den rör sig från vila i läget $\alpha = \beta + \Delta\alpha$ ($\Delta\alpha$ litet). Visa att rörelsen, med god noggrannhet, är en harmonisk svängning. Beräkna perioden τ.

3.2. För ett visst flöde Φ svämmar skopan över hela tiden bara om hävstången rör sig tillräckligt långsamt. Det finns en övre gräns på amplituden på den harmoniska svängningen som beror på Φ. Bestäm det minsta värdet Φ_1 på Φ (i kg/s) så att hävstången kan göra en harmonisk svängning med amplituden 1°.

3.3. Anta att Φ är tillräckligt stort så att skopan, under den fria rörelsen av hävstången då lutningsvinkeln minskar från α_2 till α_1, hela tiden svämmar över. Om emellertid Φ är för stort kan tröskan inte arbeta. Anta att rörelsen är en harmonisk svängning och uppskatta det minimala flödet Φ_2 för att tröskan inte skall tröska.