

PCT/HU2025050020 szabadalmi beadványban tárgyalt eljárás tervezésének magyarázata.

1. Bevezetés és célkitűzés

Ez a leírás egy **termodinamikai körfolyamat tervezésének és értelmezésének lépéseit** mutatja be egy **új hűtési eljárás** példáján keresztül. A bemutatott példa egy **komplex energetikai rendszer kulcsfontosságú alapeljárása**, amely különböző energetikai és gépészeti alkalmazások alapját képezheti.

A **dokumentum célja** nem egy konkrét berendezés megvalósíthatóságának vagy teljesítményének igazolása, hanem annak bemutatása, **hogy a leírt eljárás elvi szinten megvalósítható**, valamint, hogy az **alkalmazott körfolyamat belső termodinamikai konzisztenciája független szakértők által vizsgálható legyen**. Fejlettebb eljárások kidolgozásán még jelenleg is dolgozom.

2. Kiegészítő információk

Az eljárás teljes körű dokumentációja a <https://perpi.hu> weboldalon érhető el, amely többek között tartalmazza:

- az eljárás céljának részletes leírását,
- egy zárt rendszerű hűtőgép sematikus ábráját, (animációs)
- a hűtő körfolyamat T–s diagramját 1 kg gáz telítettségi görbéjével, (animációs)
- a hűtő körfolyamat tömegarányos T–s diagramját, (animációs)
- felhasználási példákat,
- valamint a szabadalmi beadvány teljes szövegét.

3. Állapotpontok és alapelvek

3.1. A körfolyamat értelmezése **egyértelműen definiált állapotpontokra** épül. Az állapotpontok jelölése kompakt formában történik (pl. 1p, 2p, 3p), ahol a „p” jelölés az állapotpontot (point) jelenti, és a jelölés oszthatatlan egységként értelmezendő.

3.2. „Co/Pp” jelentése **Cooling/Powerplant** (a hűtő és az erőforrás elkülönített. A CoPp integrált)

3.3. A hagyományos hűtési eljárásokhoz képest ezzel az eljárással megalkotott hűtőgép független a környezeti hőmérséklettől, tehát akár kriogén hőmérsékleten is képes gazdaságosan hűteni. A bemutatott eljárásban a hűtés során a munkaközeg által felvett hőenergia nem hőleadás formájában távozik a környezet felé, hanem a körfolyamaton belül mechanikai munkává alakul, és a rendszerből hasznos munkaként távozik. A teljes folyamat a termodinamika ($Q = \int T ds$) törvénye szerint.

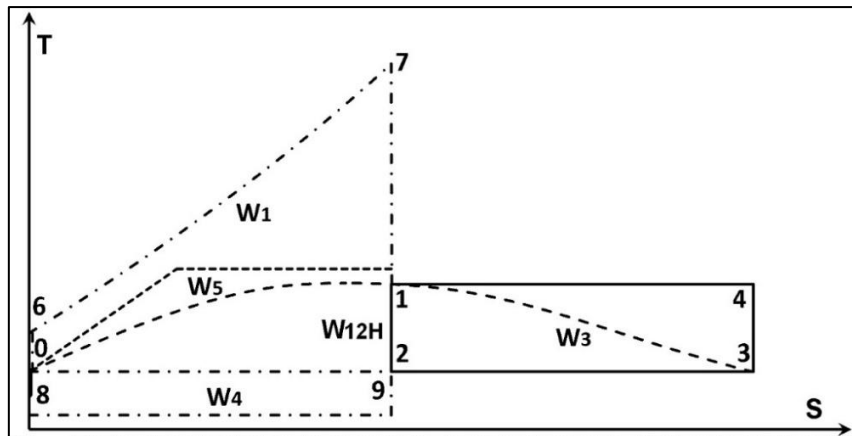
3.4 . Az elemzés során alkalmazott alapfeltevések:

- a folyamatok **reverzibilisnek tekintettek**,
- a folyadék térfogatát nem veszi figyelembe a számítás
- a mechanikai és hőtechnikai veszteségek **elhanyagoltak**,
- az elemzés célja **nem gépterv**, hanem elvi értelmezés,
- a munkaközeg tulajdonságai **megbízható adatforrásból** (pl. NIST SRD 69) származnak.

4. Hűtési eljárás T-s diagramja

A cél eléréséhez kulcsfontosságú hűtőeljárás az alábbi diagramon látható.

A W3-al jelölt 1-2-3-4-1p téglalap a hűtési eljárás. **Az itt bemutatott példa az 1p gőzből 0,27% $\emptyset$ p állapotú folyadékot termel ciklusonként.** A többi szaggatott vonal a megtermelt folyadék hasznosítását mutatja be és csak a hűtés megértéséhez szükséges mértékig kerül bemutatásra.



5. Jellemző állapotok meghatározása

5.1 1p meghatározása: az egyszerűség céljából a telítettségi görbe egyik pontjára került. Gyakorlatban természetesen ezt kerülni kell, mert kialakulhat nedves gőz. Viszont elvileg a legkisebb munkagénnyel jár. Az entrópia beállításánál főszempont volt, hogy a 2p elérésekor a gőz két egyenlő részre (gőz, folyadék) váljon, ezáltal 1 Kg folyadék és 1 Kg gőz alakul ki. Hogy az 1-1 kg kialakuljon az 1p pontban 2 Kg munkaközeget kellett meghatározni. Ez azért fontos mert a gőz tömege a 3p pontban 1 kg tehát a telítettségi görbe is 1kg értékű, ami a további számításokat megkönnyíti. A NIST táblázatokban szereplő adatokat 1/1 arányban lehet alkalmazni.

1p termodinamikai tulajdonságai:

T1 (K)	P1 (MPa)	D1 (kg/m3)	V1 (m3/kg)	U1 (kJ/kg)	H1 (kJ/kg)	S 1(J/g*K)
32,799	1,2598	24,738	0,0404	289,08	340,01	11,004

5.2 2p tulajdonságai: valójában egy elméleti érték, mert két összetevője, $\emptyset$ p folyadék és 3p gőz önálló tulajdonságú. Számítási szempontból van rá szükség. Ezért önálló értékei vannak

T2	p2	d2	% 2	u2	h2	s2
20,271	0,1013	2,627	0,5%	184,5	223,06	11,004

5.3. Őp tulajdonságai: tiszta folyadék. Az eljárás során a folyadék elválasztásra kerül a gőztől. Későbbiekben két részletben kerül felhasználásra.

T0	p0	d0	v0	u0	h0	s0
20,271	0,1013	70,828	0,0141	-1,433	0,00	0

5.4. 3p tulajdonságai: tiszta gőz. A folyadéktól elválasztva további műveletben (3-4, 4-1) vesz részt.

T3	p3	d3	v3	u3	h3	s3
20,271	0,1013	1,339	0,7471	370,37	446,06	22,005

6. Állapotváltozások

6.1. 1-2p adiabatikus expanzió: a két pont között a munkaközeg entalpiájának csökkenése mechanikai munkavégzés formájában jelenik meg ($w_{12} = h_1 - h_2$).

(A perpi.hu weboldalon egy sematikus ábrán zárt rendszerű szemléltetést alkalmaztam a könnyebb érthetőség érdekében.) Ebben a szakaszban a korábbi hűtési folyamat során a munkaközegbe felvett hőenergia mechanikai munkavégzés formájában jelenik meg.

A munkaközeg $\varnothing$ p folyadékra és 3p gőzre válik. Felhasználása külön-külön történik.

6.2. 3-4p adiabatikus kompresszió: feladata a munkaközeg magasabb hőmérsékletre emelése. Praktikusban az 1p hőmérsékletre érdemes emelni a munkaközeg hőmérsékletét. Lényege, hogy a későbbi keveréssel egybekötött kompresszió alatt instabil állapotot biztosítson. Közben nyomása is megemelkedik, ezáltal közelít az elérendő 1p nyomásához. Képlete: ($w_{34} = h_4 - h_3$)

A 4p állapothoz tartozó jellemző termodinamikai adatok:

T4	p4	d4	v4	u4	h4	s4
32,799	0,3329	2,710	0,3690	438,89	561,73	22,005

6.3. 4–1p keveredéssel egybekötött izotermikus kompresszió

A 4–1p szakasz feladata a 4p állapotú gőz **visszajuttatása az eredeti 1p állapotba**. A folyamat keveredéssel egybekötött, izotermikus kompresszióként értelmezhető.

A gyakorlatban ez úgy szemléltethető, hogy a 4p állapotú gőzhöz, **Øp állapotú folyadék befecskendezésével instabil állapotot hozunk létre**. A keveredés során

- a gőzfázis hűlni,
- a folyadék párologni törekedne,
- a folyamatos kompresszió azonban megakadályozza a hőmérséklet csökkenését.

Ennek eredményeként a folyamat **izoterm jellegű kompresszióként** zajlik le. A kompresszió hatására a gőz munkaközeg sűrűsége növekszik, entrópiája csökken, miközben a párolgó folyadék következtében a gőzfázis tömege folyamatosan növekszik.

A növekvő gőztömeg a csökkenő térfogatú rendszerben további sűrűsödést és entrópiacsökkenést eredményez. Ez a **kettős hatás teszi lehetővé**, hogy a munkaközeg az alapállapotnak **megfelelő 1p pontba visszajusson**, és a körfolyamat záródjon.

A folyamat végrehajtásához **nem szükséges az összes Øp állapotú folyadék felhasználása**. A fennmaradó folyadékmennyiség a hűtési és munkavégzési folyamatok további lépéseiben hasznosítható.

Fontos követelmény, hogy a folyadék felhasználásának módjától függetlenül **a Øp munkaközegnek a ciklus végén 1p állapotba kell visszatérnie**, mivel ez a zárt termodinamikai körfolyamat megvalósíthatóságának alapfeltétele.

Az 1p állapothoz tartozó jellemző termodinamikai adatok:

T1	p1	d1	v1	u1	h1	s1
32,799	1,2598	24,738	0,0404	289,08	340,01	11,004

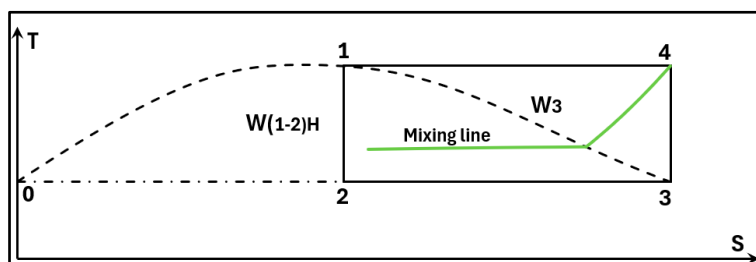
7. Tömegarány számítás

A tömegarány-számítás célja annak meghatározása, hogy **mekkora mennyiségű Øp állapotú folyadékot kell a hengerbe befecskendezni**, annak érdekében, hogy az 1p állapot elérésekor a folyadék teljes mértékben elfogyjon, és **stabil termodinamikai állapot alakuljon ki**. A számításához két ismert folyamat alkalmazási szabályait kell tisztázni.

7.1. keveredési görbe:

A keveredési folyamat megértéséhez első lépésben azt az esetet vizsgáljuk, amikor **a dugattyú nem mozdul el**, tehát **a henger térfogata állandó**. Ebben az állapotban a hengerben lévő gőz és a befecskendezett Øp állapotú folyadék keveredése zajlik le. A befecskendezett folyadék a keveredés során **gőzzé válik**, miközben a keletkező gőztömeg a teljes tömeghez viszonyítva **folyamatosan elfoglalja a tömegével arányos teret**. Ennek következtében az adott térfogatban a gőz **sűrűsége növekszik**, mivel egyre nagyobb tömegű gáz kerül ugyanabba a térfogatba.

Ezzel egyidejűleg a folyadék párolgása **hűti a gőz hőmérsékletét**, ami önmagában sűrűségcsökkenést eredményezne. A keveredési folyamat során azonban ez a két hatás **egyidejűleg van jelen**, és az állapotváltozás eredője a hőmérséklet-, sűrűség- és entrópiaváltozások kombinációjaként alakul ki.



A mellékelt T–s diagramon a **zöld vonal** az **állandó térfogat mellett végbemenő keveredés** **következtében létrejövő állapotváltozást** szemlélteti. Ez a keveredési görbe írja le azt az átmenetet amely mentén a gőz munkaközeg állapota a befecskendezett folyadék elpárolgott gőzmennyiségének függvényében változik. A teljes 1kg folyadék bekeveredésének állapota a zöld vonal 2p jelhez legközelebbi vége.

Fontos észrevenni, hogy célt két okból sem sikerült elérni. A **hőmérséklete alacsonyabb az entrópiája viszont nagyobb**, mint az 1p értéke. A cél elérése érdekében a keveredéssel egyidőben **úgy kell komprimálni a munkaközeget**, hogy a hőmérséklet ne csökkenjen. Ennek **három kedvező hatása van**: a hengerter csökkenése miatt a megnövekedett tömegű gőz intenzívebben sűrűsödik, a hőmérséklet a kívánt értéken marad, az instabil állapot a teljes 1p állapotig biztosított. Az ábrán látszik, hogy komprimálás nélkül is az entrópia csökkenésének több mint 90%-át sikerült elérni. Első ránézésre is látható, hogy a maradék kevesebb mind 10%-ot könnyen el lehet érni. Ha a teljes hőveszteség, amit a keveredésnél elszorított a munkaközeg, komprimálással van kompenzálva lényegesen sűrűbb lenne a munkaközeg a kívánt 1p értéknél. Ha nem az összes rendelkezésre álló 1 Kg folyadék kerül felhasználásra, akkor a hőveszteség kevesebb lesz és a komprimálásból is kevesebb elég.

A keveredési görbe meghatározása alapvető jelentőségű, mivel **ez szolgál alapul a szükséges folyadék–gőz tömegarány kiszámításához**, valamint annak megállapításához, hogy a keveredési folyamat végén a munkaközeg **az 1p állapot stabil elérésére alkalmas-e**.

7.1.1 A tömegarány számítás elmélete

A tömegarány számítás elmélete azon alapul, hogy 1Kg gőz két állapotjelzője (jelen esetben density, enthalpy) meghatározza az összes többi értéket. Alábbi példában a szemléltetés miatt 1 Kg gőzt és 0,5 Kg folyadék kerül felhasználásra.

Calculation procedure 1 Kg vapor+0.5 Kg liquid				Isochoric properties for Parahydrogen							
1. step				Position							
X=0,5 Kg				T (K)							
Vx=V4*1/(1+X)				P (MPa)							
Vx=V4*1/1,5				D (kg/m3)							
0,36899*1/1,5				V (m3/kg)							
V4 0,3690				U (kJ/kg)							
Vx 0,24599				H (kJ/kg)							
Dx= 1/Vx 1/0,24599				S (J/g*K)							
Dx 4,06515											
2. step											
Hx=H4*1/(1+X)				T (K)							
Hx=H4*1/1,5				P (MPa)							
H4 561,73				%							
Hx 374,487				U (kJ/kg)							
3. step				H (kJ/kg)							
Dx 4,06515				S (J/g*K)							
Hx 374,487				Phase							
T 24,030											
p 0,267											
d 0,267											
v / % 0,7956											
u 308,98											
h 374,55											
s 15,627											

A fenti ábrán a 3 téglalap egy henger 3 állapotát mutatja. Az első a kiinduló 4p állapot. A második téglalap megegyezik a harmadik állapotával, tehát ugyanolyan színű és nyomású gőz, csak azért van kékkel jelölve, mert az a térfogat a folyadék gőzének térfogata. A kék melletti piros része azt illusztrálja, hogy a henger térfogat ugyan nem változott, de a folyadék gőze miatt az eredeti 1Kg gőz kisebb részre szorult. Ezért, sűrűsége növekedett, térfogata, entalpiája, entrópiája csökkent.

7.1.2. tömegarány számítás képletei

Az itt leírt számítás képleteit a táblázatban konkrét számokkal lehet ellenőrizni.

Ez alapján a következő számításokkal lehet a szükséges adatokhoz hozzáférni:

- **$Vx=V4*1/(1+X)$** , (X Kg folyadék) képlettel megállapítjuk a térfogatot, majd **$Dx= 1/Vx$** annak sűrűségét.
- **$Hx=H4*1/(1+X)$** képlettel az entalpiáját, ugyanis energiájának egyharmadát átadja a folyadéknak.

Ezzel a számítással az eredeti 4p állapotú 1kg gőz két intenzív új állapot értéke lett meghatározva, ami alapján a táblázatból kiolvasható a **többi állapot értéke**.

7.1.3. tömegarány számításának gyakorlati megvalósítása

Az alábbi linket megnyitva az **Isochoric properties for Parahydrogen** oldal megnyílik és a megfelelő rubrikákba a következő adatokat kell beírni.

- sensity: **Dx**

- a hőmérséklet mezőbe egy nagyobb tartományt érdemes elsőre beírni
- ki kell keresni a korábban meghatározott entalpiát H_x
- ezt közelítő módszerrel addig érdemes finomítani, ameddig a kívánt pontosságot elértük.

A Weboldal elérhetősége

https://webbook.nist.gov/cgi/fluid.cgi?ID=85000001&TUnit=K&PUnit=MPa&DUnit=kg%2Fm3&HUnit=kJ%2Fkg&WUnit=m%2Fs&VisUnit=uPa*s&STUnit=N%2Fm&Type=IsoChor&RefState=DEF&Action=Page

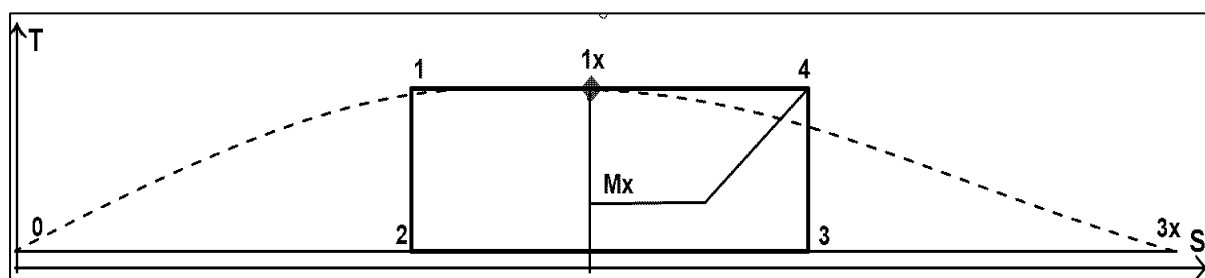
A különféle folyadék tömegek kiválasztásával akár az egész keveredési görbe megrajzolható. Fontos észrevenni, hogy a bekevert **folyadék tömegének növelésével a keverék entrópiája csökken.**

7.2. telítettségi görbe

A telítettségi görbe viszont a folyadék elpárolgotatása miatti gőztömeg növekedésével növekszik, mert az entrópia mértékegysége KJ/Kg.K. A 1p helye viszont marad az 50%-os arány, tehát az 1p entrópiája is növekszik. Tehát **a gőz tömegének növekedésével az 1p entrópiája növekszik.**

7.3. tömeg megállapítás

A két ellentétes irányú entrópia egymással szembe halad a bekevert folyadék tömegének növekedésével. Ahol a **két függvény entrópiája megegyezik** ott van a folyadék tömegaránya.



7.4 tömegarány számítás összefoglalva

A 4-1p keveredéssel egybekötött kompresszió alatt a gőz munkaközeg tömege növekszik a folyadék elpárolgása miatt. Ezért a telítettségi görbe gőz oldala nagyobb 3p, 3x entrópiájú lesz. Ennek következménye, hogy az 1p entrópiája is 1x nagyobb értéket vesz fel. Viszont a 4-Mx keveredési görbe a gőz tömegnövekedése ellenére, a térfogat csökkenés hatására sűrűsödik, tehát entrópiája csökken. **A folyamathoz szükséges folyadék mennyiségét a keveredési görbe tömegértéke határozza meg. Ahol a Mx és 1x entrópia értéke találkozik** (az a valós eljárás esetében 16,05 KJ/Kg*K, D=3,9620, Enthalpy 384,55, alábbi táblázat) **ott van a keveredéshez szükséges elméleti tömeg érték.**

Isochoric Data for D = 3.9620 kg/m ³						
Temperature (K)	Pressure (MPa)	Quality	Internal Energy (kJ/kg)	Enthalpy (kJ/kg)	Entropy (J/g*K)	Phase
24.020	0.26597	0.81587	315.81	382.94	15.982	liquid and vapor
24.030	0.26657	0.81771	316.46	383.75	16.010	liquid and vapor
24.040	0.26717	0.81956	317.12	384.55	16.037	liquid and vapor
24.050	0.26777	0.82141	317.77	385.36	16.064	liquid and vapor
24.060	0.26837	0.82326	318.43	386.17	16.091	liquid and vapor
24.070	0.26897	0.82512	319.09	386.98	16.119	liquid and vapor

Ennél a tömegnél az összes bekevert folyadék gőzzé válik és stabil 1x állapotú munkaközeg alakul ki. Ez az érték a **valós eljárás esetében** 0,46 Kg. A 3x gőz tömege ennek megfelelően 1,46 Kg. A maradék 0,54 Kg folyadék a körfolyamat eredménye. A számítás szemléltetése érdekében a munkaközeg mennyiségét 2 Kg-ban határoztuk meg, ezért az eredményt is osztani kell kettővel. **Tehát a végrehajtó hűtőgép elméletileg ciklusonként 0,27 Kg folyadékot állít elő az egyes állapotban lévő 1Kg tömegű gőz munkaközegből ciklusonként.**

7.5 Tömeg összegzés

Az alábbi tömegarányok alakulnak ki:

- 1Kg gőz és 0,46 Kg folyadék gőze, tehát 1,46 Kg,
- a megmaradt folyadék mennyisége 0,54 Kg,
- összesen 2 Kg.
- 1 Kg esetén 0,27 kg

A maradék folyadék a felhasználható nyereség. Hogy a körfolyamat ciklikusan tudjon működni az 1p pontba vagy 0,27 kg 1p állapotú munkaközeget kell betáplálni, vagy a folyadékot kell 1p állapotba hozni. Első esetben **cseppfolyósítás** történik, másik esetben **hűtés**.

8. Cseppfolyósítás munkaigénye

Az első ábrán bemutatott T-s diagramban (ami a szabadalmi beadványban is jellemző ábra) a könnyebb érthetőség miatt lett téglalap alakú, mert a munka megállapítása ($W = Q = \oint T ds$) egyszerű szorzással megállapítható. Jelen körfolyamat esetén a $Q=W=\Delta T \cdot \Delta S$.

Az fenti táblázatban a W3 munkaigénye a következő számításokkal állapítható meg:

8.1. W3 munka

- 1-2p adiabata 2Kg, de ebből csak 1 Kg-ot veszünk figyelembe akkor 1 Kg
- 2-3p egyértelműen 1 Kg, mert a másik 1Kg folyadék irányába megy 1 Kg
- 3-4p egyértelműen 1 Kg 1 Kg
- 4-1p tömege viszont 1-1,46 Kg között folyamatosan változik, de mivel az izotherm vonalon halad végig a p*V hiperbola alakja változatlan, tehát munka szempontjából 1Kg-nak vehető. Annyi pontatlanság lehet benne, hogy a

1p állapotot előbb éri el, mert a dugattyú térben nagyobb a tömeg.
Ez felveti a kérdés zárt vagy nyitott rendszerű lesz-e a gép? A folyadék térfogatával nagyobb lesz a hengertér, mert a gőzzel együtt betöltésre kerül? A befecskendezésnél egyből bekerül a teljes folyadék, vagy folyamatosan, változó nyomáson? Ezek már gyártmányfejlesztési problémák.

Így a 4-1p tömege a munka becslés szempontjából

1kg

Ha a (1-2-3-4)p terület minden oldala 1Kg akkor a munkaigény a következőké alakul.

$$W=(T_1-T_2)*(S_3-S_2), W=(32,799-20,271)*(22,005-11,004)=137.8205, W_3=137,82 \text{ KJ/1 Kg}$$

8.2 Bekevert folyadék munkája

A keveredéssel egybekötött kompresszió végén, az 1p állapotban 1,46 kg gőz érkezik. Mivel a körfolyamatnál 1-2p szakaszban csak 1Kg munkaközeget vettünk figyelembe, hogy a körfolyamat minden oldala 1 Kg legyen, az 1p pontban még 0,46 Kg gőz nincs elszámolva $\Delta H(1-2)*0.46$ kg-nak a munkáját hozzá kell számolni. **$W(1-2)=53,80 \text{ KJ/0,46 Kg}$ hasznos munkát végez.**

Cseppfolyósítás esetén 1kg nincs elszámolva, ezért **$W(1-2)=117 \text{ KJ/1kg}$ hasznos munkát végez**, de ezt az esetet most nem vizsgáljuk.

8.3 Összefoglalás

A hűtőeljárás teljes munkaigénye $W_3, 137,82 \text{ KJ/1 Kg} - W(1-2), 53,80 \text{ KJ/0,46 Kg} = 84,02 \text{ KJ/ 2kg}$ **induló munkaközeg esetén.** Ebben az állapotban 0,54 kg folyadék keletkezett. **Ha az eljárást hűtő-erőforrásként használjuk**, akkor 1kg munkaközegre számolva **42,01 KJ munkával 0,27 kg folyadék keletkezik.** Az 1-2 szakaszon maradék 0,54 Kg munka ebben az esetben nem lett elszámolva, ezért az erőforrás teljes területével 0-6-7-2-0 területtel számolhatunk.

Co/Pp	Weff		31	KJ/Kg.cycle	Scool	3	KJ/Kg,K.cycle	Weff (area carcalution)		
points	T	p	d	v / %	u	h	s	W1		
1	32,799	1,2598	24,738	0,0404	289,08	340,01	11,004	W(1-2)		53,797
2	20,271	0,1013	2,627	0,5%	184,5	223,06	11,004	W3		137,8205
3	20,271	0,1013	1,339	0,7471	370,37	446,06	22,005	2	Kg	61,45124
4	32,799	0,3329	2,710	0,3690	438,89	561,73	22,005	1	Weff	30,72562
0	20,271	0,1013	70,828	0,0141	-1,433	0,00	0		KJ/Kg.cycle	31
6	25,78	15	79,347	0,0126	8,4182	197,46	0	Cooling effect		
7	64,5	15	50	0,02	380,6	680,60	11,004	S6-7	5,9422	
Masses kg	Total	2	Mixed liquid	0,46	Useful	0,54	27%	1kg	3	KJ/Kg,K.cycle

9. Külső hűtés

A ciklikus működésnek feltétele, hogy az 1p pontban meg legyen az eredeti 2 Kg tömegű munkaközeg. Ezért a folyadékot úgy kell felhasználni, hogy végül 1p állapotú legyen. A folyadék felhasználási módja nagyban változtatja meg a munkaigényeket. Mivel jelen leírás célja a hűtési eljárás ismertetése csak egy példa kerül bemutatásra a sok közül.

9.1 Co/Pp hűtő-erőforrás

A Co/Pp hűtő-erőforrás az első ábrán szaggatott vonallal és W1-el van jelölve. A 0-6-7-2-0 állapotokon keresztül használja fel a folyadékot. Ez egy elfogadott erőművi eljárás.

Az előbbihez hasonlóan a terület kiszámításával és 0,54 Kg tömeggel megszorozva **$W_1=145,47 \text{ KJ/0,54 Kg}$ hasznos munkát végez.**

9.2 Összefoglalva

- $W_{\text{cseppfolyósítás}} = -82,02 \text{ KJ/1,46 Kg}$ (fogyaszt)
- $W_1 = 145,47 \text{ KJ/0,54 Kg}$ (munkát végez)
- $W_{\text{tot}} = 61,5 \text{ KJ/2 Kg}$ (munkát végez)

Az eljárás elméletileg 31 KJ/Kg*ciklus munkát képes létrehozni.

10. Hűtőhatás

Hűtőhatás a folyadék felhasználásakor a **6-7p szakaszon keletkezik.** Ezen a szakaszon a folyékony munkaközeg telített gőzé alakul, és az ehhez szükséges energiát egy hőcserélőből nyeri.

A hőcserélő másik oldalán ezáltal hűtőhatás keletkezik. **A hűtőhatás** fajlagos értéke látszólag $11 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}$, azonban figyelembe véve, hogy 1 kg munkaközegből csak $0,27 \text{ kg}$ használható fel hűtésre, a **nettó hűtőhatás $3 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}$** .

11. Összefoglalva

- Az eljárás $31 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{ciklus}$ munkát képes létrehozni és $3 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}^{\circ}\text{ciklus}$ hűtőhatása van.
- A hűtőhatás másik erőművi eljárás (például oxigén munkaközegű) fűtőgőzének kondenzálásával második erőforrás működtetését teszi lehetővé és ezáltal további munka nyerhető ki!
- Az eljárás leírása és a bemutatott számítások a termodinamika II. törvényével összhangban, annak feltételeit következetesen figyelembe véve készültek.