

4. A GCC ÉS AZ INTEGRÁCIÓ

4.1. Mire való a GCC ?

Eddigi megfontolásainkban a minimális vagy közel minimális fűtésre és hűtésre, azaz a maximális energia-visszanyerésre koncentráltunk. A CC-diagram és a hőszakad alkalmas eszközök ennek számítására, és segítségével további fontos részletek tisztázhatók.

A GCC (*Grand Composite Curve*, talán *Fő Hővonal*, vagy *Fővonal*), amit az **1.5. alfejezetben** írtunk le, nem a minimális hőforgalom meghatározására szolgál. Arra alkalmasabb a CC-diagram és a hőszakad, melyekből a GCC-t származtatjuk. A GCC arra való, hogy (i) az egyes hőfokokon optimális hőforgalmat, vagyis a hőforgalom optimális elosztását határozzuk meg vele, illetve (ii) optimális integrációt jelöljünk ki a különböző energiahordozók és -fogyasztók között.

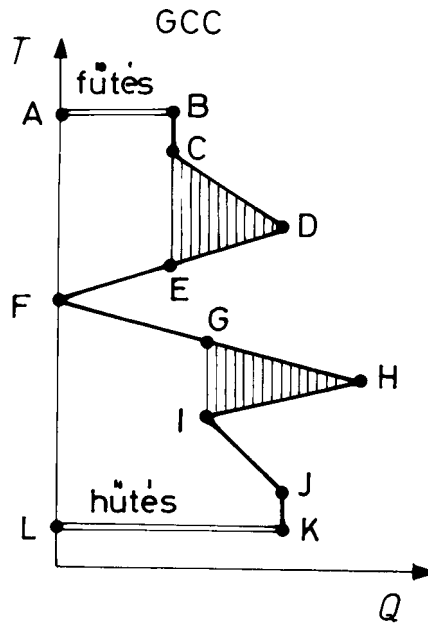
A GCC segítségével kijelölhetjük a rendelkezésre álló fűtőgőz, fűtőolaj, kemence és füstgáz, hűtővíz, hűtőgép, hőszivattyú, hőerőgép, stb., általában segédközegek és segédműveletek optimális elosztását, illetve ugyanezen segédközegek és segédműveletek (a magyar ipari szakzsargonban is használt angol kifejezéssel: *utility*-k), termikus szétválasztó rendszerek, gőzfejlesztés, helyi gőzturbina, gázturbinák optimális hőfok- (és nyomás-) szintjeit, a vegyes hőerőmű és energiarendszer optimális megcsapolási pontjait a hőerőmű és a felhasználó üzem együttesére nézve, azaz ezen rendszerek optimális integrációját, valamint meghatározhatjuk az üzemblokkok közti maximális integrációt és kijelölhetjük az integrációs pontokat.

4.2. Redukált GCC és utility pinch

Az **1. ábrán** egy egyszerű GCC-t ábrázoltunk pinch helyzetben (CDFHIJ vonal). Berajzoltuk az általánosan legmagasabb hőmérsékletű fűtőgőz vonalát és az alkalmazandó hűtőközeg vonalát. Ha e kiegészítő vonalakat feltüntetjük, és így a teljes rendszer GCC-je a $Q=0$ vonalról indul, és oda érkezik, mint ahogyan az ábrán is, akkor *kiegyensúlyozott (balanced)* GCC-ről beszélhetünk.

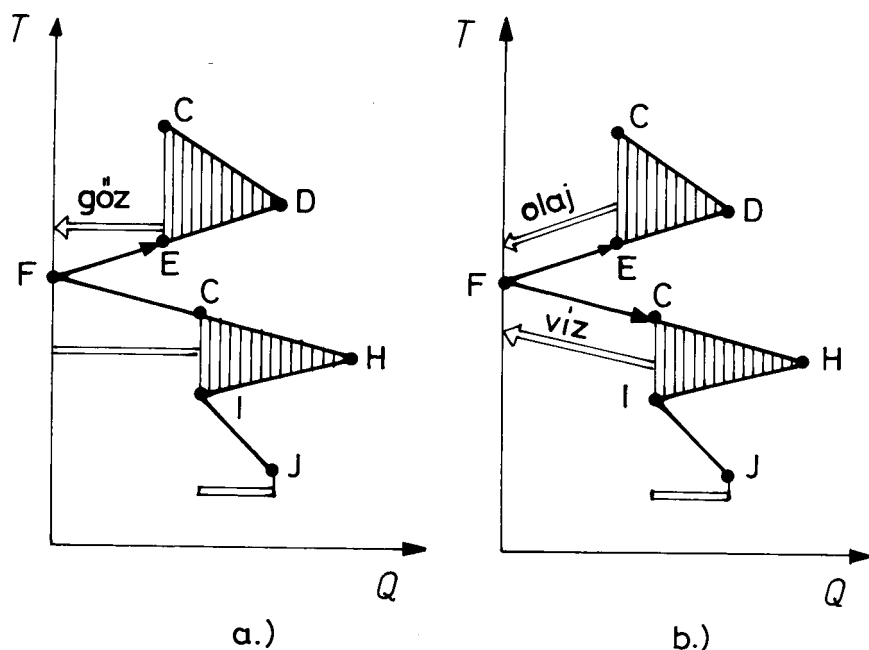
Azonban egyáltalán nem kell, hogy a segédközegek szélső hőmérsékletűek legyenek. Az ábrán a teljes kiegyensúlyozott hővonalat az ABCDEFGHIJKL pontok mentén részekre oszthatjuk. A CD szakasz elegendő hőkínálattal rendelkezik, hogy az ED

szakasz fűtési igényét kielégítse, ezt függőleges vonalkázással jelöltük (ami egyben a vertikális hőcsere elvére is emlékeztet). Ennélfogva az F pinch pont fölött csak az FE



4.1. ábra

szakasz fűtési igényét kell külső hőforrással kielégíteni, amihez sokkal kisebb hőmérsékletű fűtőközeg is alkalmas lehet, nincs szükség éppen az AB szakaszra. Például nagynyomású gőz helyett alkalmazhatunk kb. E vagy E+MAT hőmérsékletű közepes vagy kisnyomású gőzt, vagy fűtés közben csökkenő hőmérsékletű fűtőolajat, a 2/a és 2/b ábrák szerint.



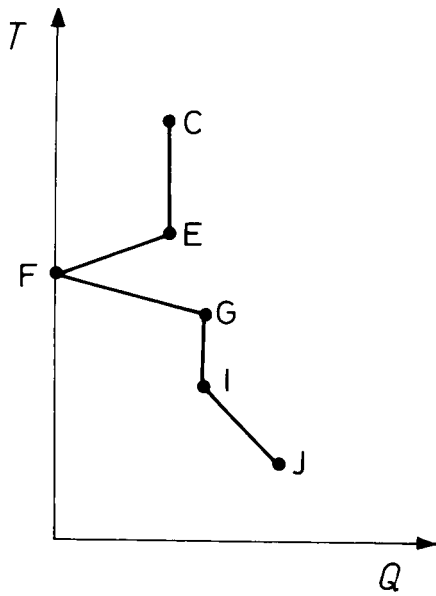
4.2. ábra

Ugyanígy az IH szakasz hűtheti a GH szakaszt (szintén függőleges vonalkézással jelöltük), és a nagyon alacsony hőmérsékletű LK hűtés helyett (ami valószínűleg drága gépi hűtés lenne) alkalmazhatunk magasabb hőmérsékletű vizes hűtést, sőt, talán léghűtést is az FG szakasz alatt, ugyancsak a **2. ábra** szerint. Ha a pinch elég magas hőmérsékletű, akkor alatta *másodlagos gőztermelést* lehet kijelölni.

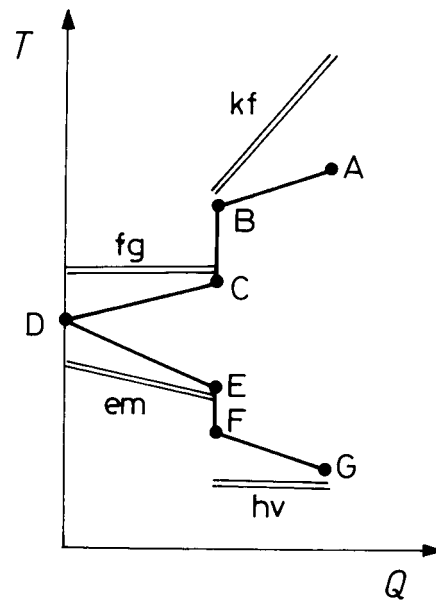
A függőleges vonalkézással jelölt részek a belső energia-visszanyerésnek, azaz a folyamaton belüli integrációnak felelnek meg. Ezeket a "zsebeket" a segédközegek optimális elhelyezésénél el is hagyhatjuk, levághatjuk, és a **3. ábra** szerinti *redukált GCC*-vel dolgozhatunk.

A redukált GCC sarkai mutatják azokat a hőmérsékleteket, melyek a felhasználható segédközegek hőfokainak szabnak korlátot. Ideális esetben a kiegyensúlyozott GCC segédközeg-vonalai érintik a *e* pontokat, ezért ezeket *utility-pinchnek* (*segédközeg-pinchnek*) nevezzük.

Példaképpen a **4. ábrán** felrajzoltuk egy optimálisan kiszolgált rendszer kiegyensúlyozott GCC-jét. A fűtésre használt füstgáz (kemencében égéssel termelt fűtőközeg) energia-leadását jellemző erősen ferde vonal érinti a főfolyamat sarokpontját.



4.3. ábra



4.4. ábra

4.3. Egyoldalú kapcsolat a hőerőművel

A fosszilis tüzelőanyagok elégetésén alapuló hőerőművek szolgáltatásaik szerint durván háromfélék lehetnek: csak elektromos energiát termelő erőművek, melyekben a turbinát forgató gőzt nagy vákuumba terjesztik ki, tisztán gőzszolgáltató művek, melyek elektromos energiát nem, vagy csak alig termelnek, ellenben megfelelő minőségű gőzt szolgáltatnak települések és ipari üzemek fűtéséhez, illetve kombinált erőművek, melyek többlépcsős turbinarendszerében többféle megcsapolási helyről a kívánt nyomású túlhevített gőzt szolgáltatják a településnek és az ipari üzemeknek, de nagy mennyiségű elektromos áramot is termelnek.

Az utóbbi két esetben a megcsapolások mennyiségének és nyomásának változtatása kis mértékben lehetséges, és részben tervezéskor, részben üzemeltetés közben a megcsapolási helyeket és arányokat az igényeknek megfelelően optimalizálják.

Az optimumot azonban hagyományosan a hőerőmű gazdasági számításai alapján határozzák meg, és a felhasználói igények korlátozóként jelentkeznek. Például a

4. fejezet: A GCC és az integráció

szomszédos települést megfelelő mennyiségű fűtőgőzzel kell ellátni az évszaktól és az időjárástól függően.

A hőerőmű mellé telepített vegyi üzemeket szokás szerint két-három megcsapolásból származó ún. fővonalból látják el gőzzel (ezek gőzvezetékek, és nem a GCC-t jelölik!). Ezeket a vezetékeket többnyire a határozatlan "kisnyomású", "közepes" és "nagynyomású gőz" címkével látják el, és e túlhevített gőzt szállító vezetékekből az üzemben fojtással állítják elő a kívánt minőségű fűtőgőzt. E fojtások veszteséget jelentenek, és a vegyipari gépészek feladata az optimális gőzszolgáltató rendszer kialakítása.

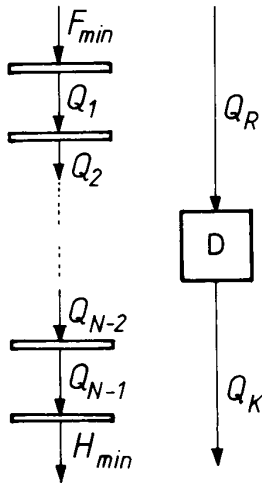
A GCC és a utility pinch ismeretében a gőz fő megcsapolási pontokat (nyomásokat) nem pusztán a hőerőmű gazdasági mutatói alapján, hanem a GCC-nek megfelelően, esetleg a két rész cél kompromisszumaként lehet kialakítani, így a hőerőmű és a vegyi üzem együttes rendszerének energiaháztartása és ezzel együtt gazdaságossága is javul.

Ezt a kapcsolatot, mint optimalizálási lehetőséget egyoldalúnak nevezzük, mert, mint még ebben a fejezetben látni fogjuk, a két rendszer kapcsolata más elemekre is kiterjedhet, és kétirányú is lehet.

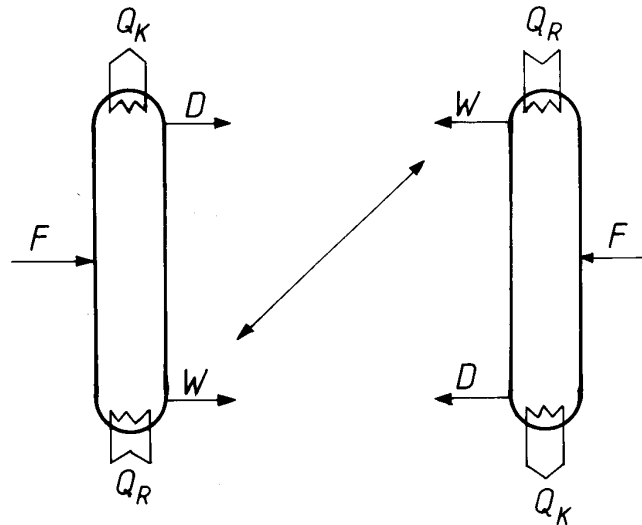
4.4. Termikus szétválasztó rendszerek integrációja a hőkaszkádhoz

Kitérőként tekintsük azt a feladatot, hogy egy működő vagy csak megtervezett vegyi üzembe új desztilláló oszlopot illesszünk. A desztilláló rendszert, mint műveletet tetszés szerinti ismert módszerrel tervezhetjük meg, de utána felmerül a kérdés, hogy mivel fűtsük és hűtsük. Általában célszerű lenne a vegyi üzemben rendelkezésre álló hőkínálatokat és hűtési igényeket felhasználni erre a célra. Vizsgáljuk meg tehát, hogy a desztilláló oszlop igényei hogyan illeszthetők az üzem hőkaszkádjához.

E célból a hőkaszkádot úgy számítjuk ki, hogy a vizsgált desztilláló oszlop igényei abban még nem szerepelnek. Ha a desztilláló oszlopot nem integráljuk az üzem energia-rendszerébe, akkor a forralás és a kondenzálás hozzáadódik a hőkaszkád minimális fűtéséhez és minimális hűtéséhez, vagyis a teljes rendszer minimális hőfogalmát növeli. Ezt mutatja az **5. ábra**. Az **5. ábrán** a desztilláló oszlopot egy négyszög jelképezi. A desztilláló oszlopot alul fűtjük és fölül hűtjük, de a kaszkádbeli ábrázoláshoz gondolatban megfordítjuk, a **6. ábrán** mutatott módon.



4.5. ábra

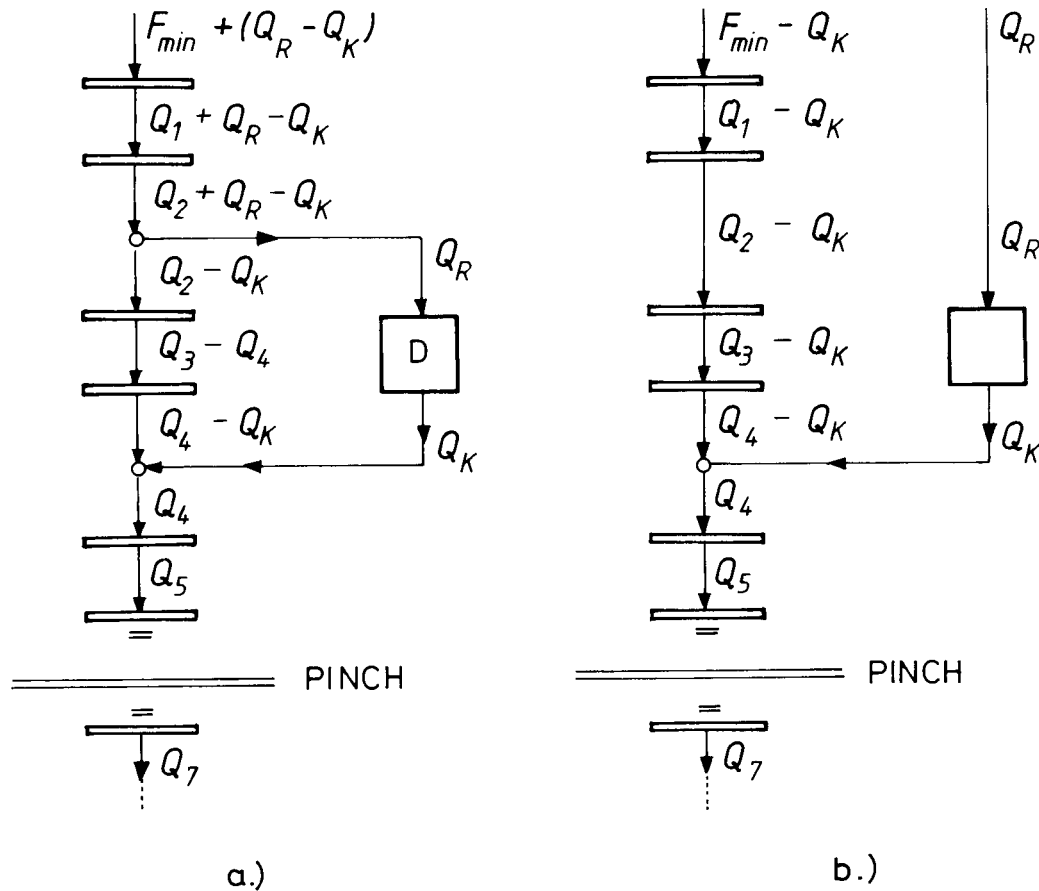


4.6. ábra

A különálló oszlop tehát növeli a minimális hőforgalmat. Próbáljuk meg a teljes rendszer hőforgalmát csökkenteni azzal, hogy az oszlopot integráljuk a hőcaszkádba!

A desztilláló oszlop végein észlelhető hőmérsékletek szerint ennek durván három változata rajzolható fel, ezeket a **7., 8., és 9. ábrák** mutatják.

A **7/a. ábrán** mind a forraló, mind a kondenzátor hőmérséklete a pinch fölött található. A kondenzátorból elvont Q_K hőt az 5. hőmérséklet-intervallumba vezetjük, ennek megfelelően a 4. intervallumból az 5. intervallumnak átadott kínálati többletnek is Q_K -val csökkennie kell. Ugyanígy az eredeti intervallumközi átadásokhoz képest Q_K -val csökkennie kell az összes átadásnak az alsó csatolási pont fölött, egészen a felső csatolási pontig. Ott egyrészt az eredeti kínálatból levonódik a Q_K mennyiség, másrészt viszont a kínálati intervallumnak még a Q_R forralási teljesítményt is fedeznie kell. Ezért a felső csatoláshoz felhasznált intervallum hőkínálatának összesen $(Q_R - Q_K)$ -val kell megváltoznia. A hőmérleg következtében ennyivel kell megváltoznia az összes, felette elhelyezkedő intervallum összegzett maradék kínálatának, így a minimális fűtésnek is. Vagyis ha mindkét ponton a pinch fölött integráljuk az oszlopot a hőcaszkádba, akkor a minimális fűtés változása az eredeti (desztillálás nélküli) minimumhoz képest: $Q_R - Q_K$. Mivel Q_R és Q_K különbsége általában nagyságrenddel kisebb Q_R és Q_K abszolút értékeinél, az ilyen integrálással csökkenthetjük a teljes rendszer energia-fogyasztását. Természetesen az integrálás feltétele, hogy a két integrálási pont között elegendő összegzett hőkínálat legyen, vagyis a $Q_i - Q_K$, illetve a $Q_i + Q_R - Q_K$ értékek egyike se legyen negatív.



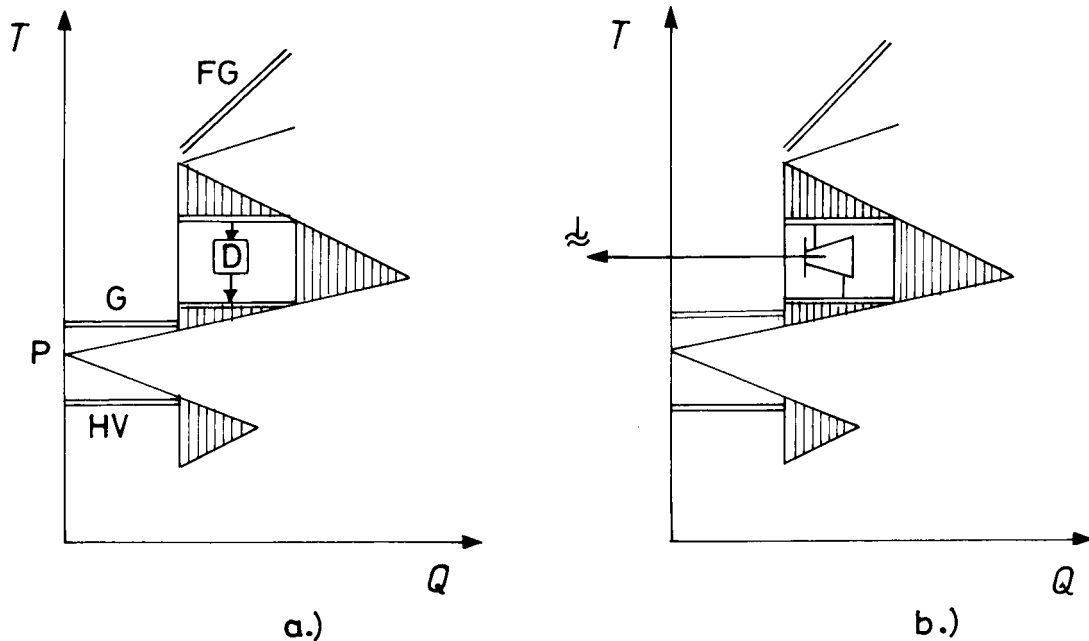
4.7. ábra

A **7/b. ábrán** azt az esetet mutatjuk, melyben az oszlopot csak a kondenzátornál integráljuk. Az ábrán közvetlenül igazolható, hogy ez egyenértékű azzal, mintha a felső integrálási pont a legfelső intervallum fölött lenne. Vagyis ez elvben nem különbözik a **7/a ábra** esetétől.

A **8. ábra** a **7. ábra** tükörképe, és ugyanúgy, mint az előbb, megmutatható, hogy a minimális fűtés változása $Q_K - Q_R$. Tehát ha mindkét integrálási pont a pinch alatt helyezkedik el, akkor az integrálással nagy mértékben csökkentjük a teljes rendszer energia-fogyasztását. A Q_K és Q_R különbségének előjelétől függően a fűtés vagy a hűtés nő vagy csökken.

A **9/a ábra** azt az esetet mutatja, amelynél a forralót a pinch fölött, a kondenzátort a pinch alatt integráljuk. Mint az ábrán nyomon követhető, ebben az esetben a felső integrálási pont fölött az összegzett kínálatok Q_R -rel megnövekednek, az alsó integrálási pont fölött pedig Q_K -val növekednek. Ennek eredményeképpen az eredeti (desztillálás nélküli) minimumhoz képest a fűtés Q_R -rel, a hűtés Q_K -val nő meg, pontosan úgy, mintha az oszlopot nem integráltuk volna a kaszkádkhoz (**5. ábra**). Ez az integrálás tehát teljesen felesleges, sőt, káros, hiszen beruházási költséggel és a rendszer

megmaradó mennyiség. Fogyasztható és termelhető azonban a szétválasztáshoz vagy az azt meghajtó energia-elértéktelenedéshez tartozó entrópiaváltozás, illetve a megfelelő szétválasztási munka. A zseb két szélső vonalát felhasználva voltaképpen munkát termelünk a hőenergia hőmérséklet-szintjének (vagyis az exergiának) a rovására.



4.10. ábra

A zsebekbe termikus szétválasztó műveletek helyett áram-generátorokat vagy hőerőgépeket is tehetünk, melyek működésének feltétele, hogy egy magasabb hőfokon hőt közöljünk velük, és egy alacsonyabb hőmérsékleten hőt vonjunk el belőlük. Eredményül vagy a tengelyen elvett mechanikus munkát vagy elektromos feszültséget kapunk, amit vagy helyben használunk fel, és ezzel csökkentjük az üzem energia-költségeit, vagy a termelt energiát visszatápláljuk az elektromos hálózatba, és bevételhez jutunk.

Az sem kizárólagos feltétel, hogy a kínálatokat közvetlenül használjuk fel. A felső hőmérséklet alatt gőzt termelhetünk vagy olajat melegíthetünk, és ezt az üzem egy másik pontjára elvezetve azt ott használhatjuk fel.

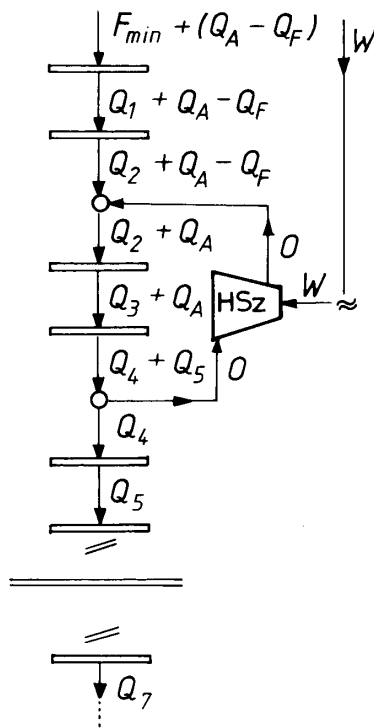
4.6. Hőszivattyúk és hűtőgépek integrálása

A hőszivattyú és a hűtőgép azonos elven működik. Mindkettő alacsonyabb hőmérsékletéről szállít hőt magasabb hőmérsékletre, és ehhez munkát kell befektetni. Jelöljük az alacsony hőfokon felvett hőt QA -val, a befektetett munkát W -vel, és

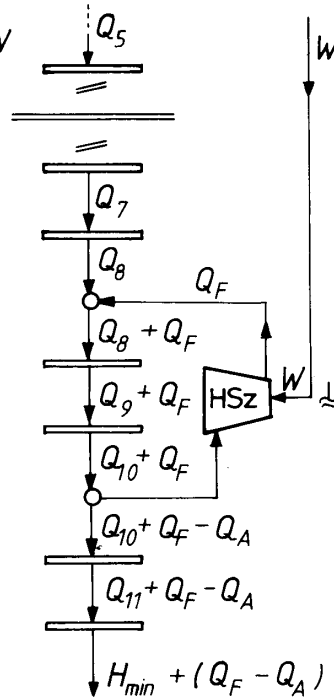
4. fejezet: A GCC és az integráció

egyszerűsítésként tegyük fel, hogy a magasabb hőfokon leadott QF hő azonos QA és W összegével.

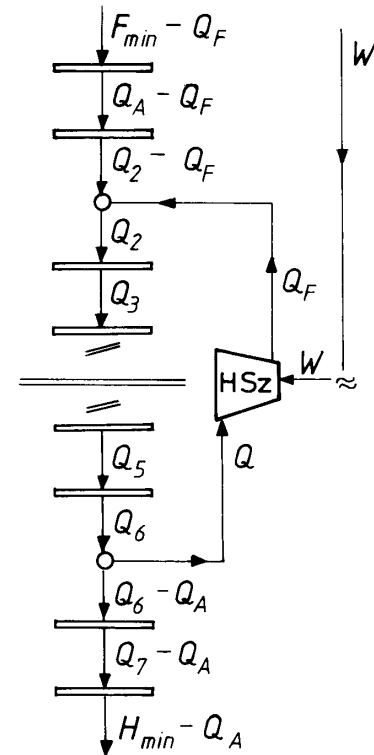
Ugyanúgy, ahogy a desztilláló oszlop, a hőszivattyú vagy a hűtőgép is háromféleképpen hajtható meg a hőkaszkádról. Ezt a három elhelyezést mutatja a **11.**, **12.** és **13. ábra**.



4.11. ábra



4.12. ábra



4.13. ábra

A **11. ábra** mutatja az integrálást a pinch fölött. A két integrálási pont között az összegzett hőkínálatoknak szükségszerűen QA -val növekedniük kell. A felső integrálási ponttól kezdve a változás $QA-QF$, vagyis a minimális fűtés éppen W -vel növekszik, vagyis a helyzet olyan, mintha a hőszivattyút nem integráltuk volna a kaszkádroz. Ennélfogva ennek az integrációnak semmi értelme. A **12. ábra** a **11. ábra** tükörképe, és ugyanúgy elemezhető.

A **13. ábra** mutatja azt az esetet, melynél a hőszivattyút a pinch alatt fűtjük és a pinch fölött hűtjük. Ebben az esetben a minimális fűtés QF -fel, a minimális hűtés QA -val csökken, vagyis a W munka-befektetés hatására csökkent az energia-fogyasztás.

Összefoglalva: **a hőszivattyú és a hűtőgép alkalmazására éppen a szokásos pinch-szabályok ellenkezője igaz: ezeket a pinch-en keresztül érdemes alkalmazni, hogy csökkentsük a külső energiaforgalmat.**

Ha tehát például egy desztilláló oszlopot vagy más termikus szétválasztó rendszert, pl. bepárlót, a pinch egyik oldalán sikerült integrálni, akkor a hőszivattyú alkalmazása

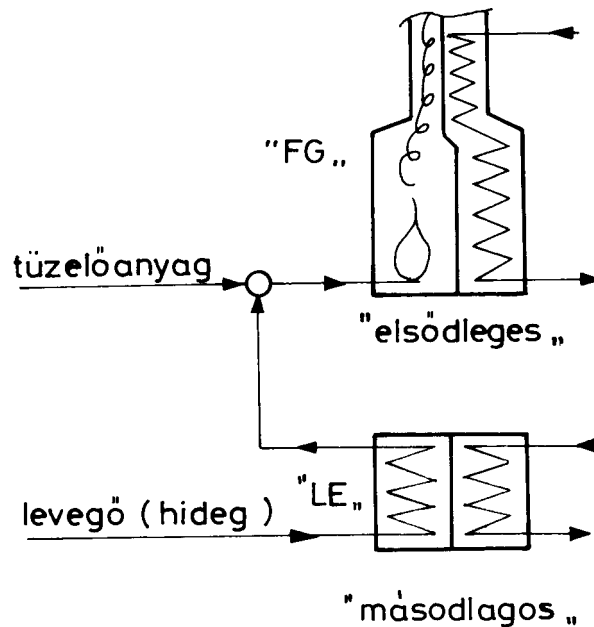
főlsleges, ha viszont nem sikerült, mert átfedi a pinchet, akkor a hőszivattyú alkalmazása megfontolandó.

Hőszivattyút alkalmazhatunk a vegyi üzem tetszőleges két pontja között, ha azok egymáshoz közel esnek (ekkor jó a hőszivattyú vagy hűtőgép teljesítmény-tényezője), és *átfedik a pinch-hőfokot*.

4.7. Másodlagos segédközeg-igények és UGCC

Láttuk, hogy a hőcserélő, illetve a hőcserélőt megjelenítő GCC milyen szoros kapcsolatban áll az üzem energia-háztartásához tartozó hőszolgáltató, -nyelő és -közvetítő közegekkel, a munkatermelő hőerőgépekkel, a munkafogyasztó hőszivattyúkkal és szétválasztó egységekkel, az üzem mellé telepített energiaszolgáltató rendszerekkel. Ezek bonyolult, kétirányú kapcsolatait az elsődleges és másodlagos segédközegek fogalmának felhasználásával lehet megfoghatóvá tenni.

Az elsődleges segédközegek hőfokszintjeit és használatát a folyamat GCC-jének ismeretében optimálisan tudjuk kijelölni (4. ábra). Az egyes szolgáltatások felhasználása azonban másodlagos igényekkel vagy kínálatokkal járhat.



a.)

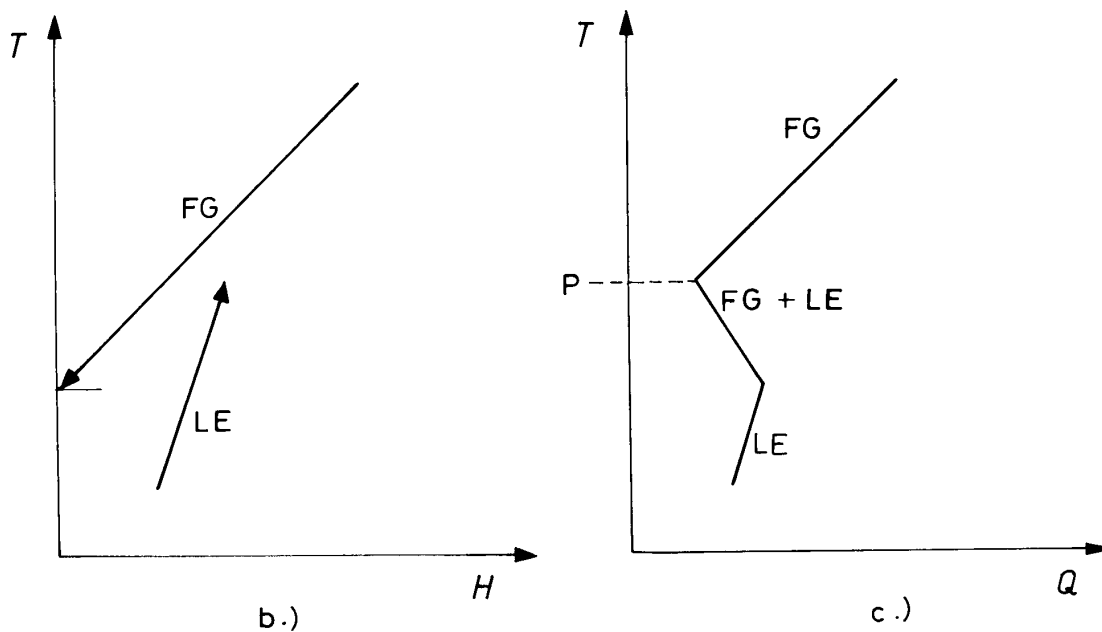
4.14/a. ábra

4. fejezet: A GCC és az integráció

Például a **14/a. ábra** mutatja a kemencével való fűtés hőáramait. A kemencéhez tartozik a lángtérben felszabaduló, majd a forró füstgáz lehülésével járó hőkinálat hővonala, melyet a továbbiakban egységesen az FG (füstgáz) címkével jelölünk, de hozzá tartozik a fosszilis fűtőanyaghoz kevert levegő előmelegítése is (LE), mely fűtési igényként jelentkezik (**14/b. ábra**). A boilerben fűtőgőzt alkalmazunk, de a boiler tápvizét is elő kell melegíteni, ami viszont fűtési igényként jelentkezik. A gőzrendszerben fojtás helyett gőzturbinán átengedve is készíthetünk alacsonyabb szintű

fűtőgőzt, s ekkor a termelődő munkát is figyelembe kell venni. Ezt a munkát akár hűtőgép meghajtására is alkalmazhatjuk (detander). Gázturbina alkalmazásakor is előkomprimáljuk a levegőt, ami másodlagos igényt jelent. Hőszivattyúk és hűtőgépek kiegészítő hűtést igényelnek. Hasonló másodlagos kínálatok és igények szinte minden segédközeg vagy segédrendszer alkalmazásakor fellépnek.

Ezek hatását figyelembe vehetjük úgy is, hogy a hőfok- és nyomásszintek rögzítése után a másodlagos igényeket és kínálatokat a folyamat GCC-jébe illesztjük. Csakhogy ez fáradságos iterációs folyamatot indít el, mert valahányszor a GCC-hez illesztjük az elsődleges segédközegeket, a GCC is megváltozik, amihez illesztettük őket.



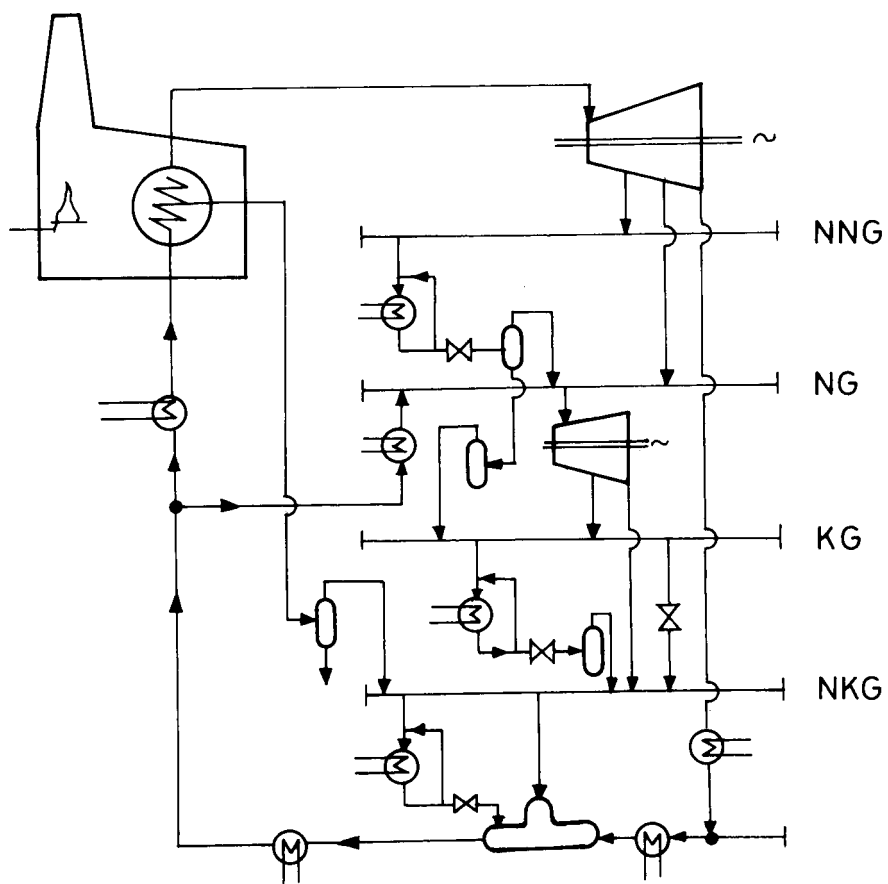
4.14. ábra

Ehelyett közvetlen megoldást kínál az *UGCC (Utility GCC)* alkalmazása. Az *UGCC*-t az elsődleges és másodlagos segédközeg-vonalakból konstruáljuk meg, ugyanúgy, ahogy a folyamat *GCC*-jét, amit ezután megkülönböztetésül *PGCC*-nek fogunk nevezni (Process GCC). Például a kemence *UGCC*-részletét mutatja a **14/c. ábra**. A **15. ábra** egy közepes bonyolultságú fűtő és hűtő rendszer kapcsolásait mutatja a megfelelő *UCC (Utility CC)* és *UGCC* feltüntetésével.

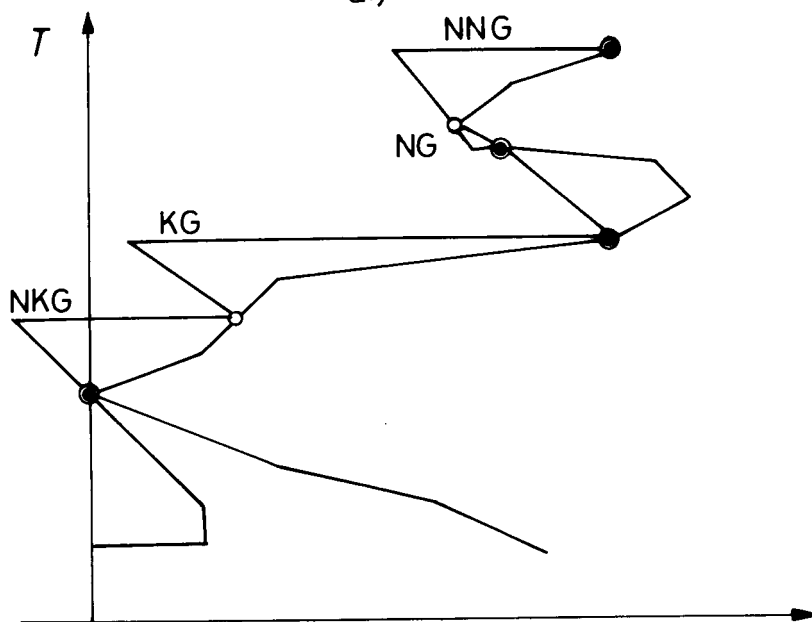
A **16/a. ábra** egy egyszerűsített rendszer UGCC-PGCC párját mutatja. Feltételezzük, hogy a PGCC pinch állapotú, és hozzá szeretnénk illeszteni az UGCC-t. Minél nagyobb a hézag a két GCC között, annál nagyobb a feleslegben közölt és elvont energia mennyisége.

Egyszerre csak egy segédközeggel foglalkozunk, az első legyen a kemence. Mivel a kemence kínálata fölöslegesen nagy, első lépésben PGCC-vel való ütközés (utility pinch) szab korlátot, a **16/c ábra** szerint.

4. fejezet: A GCC és az integráció



a.)

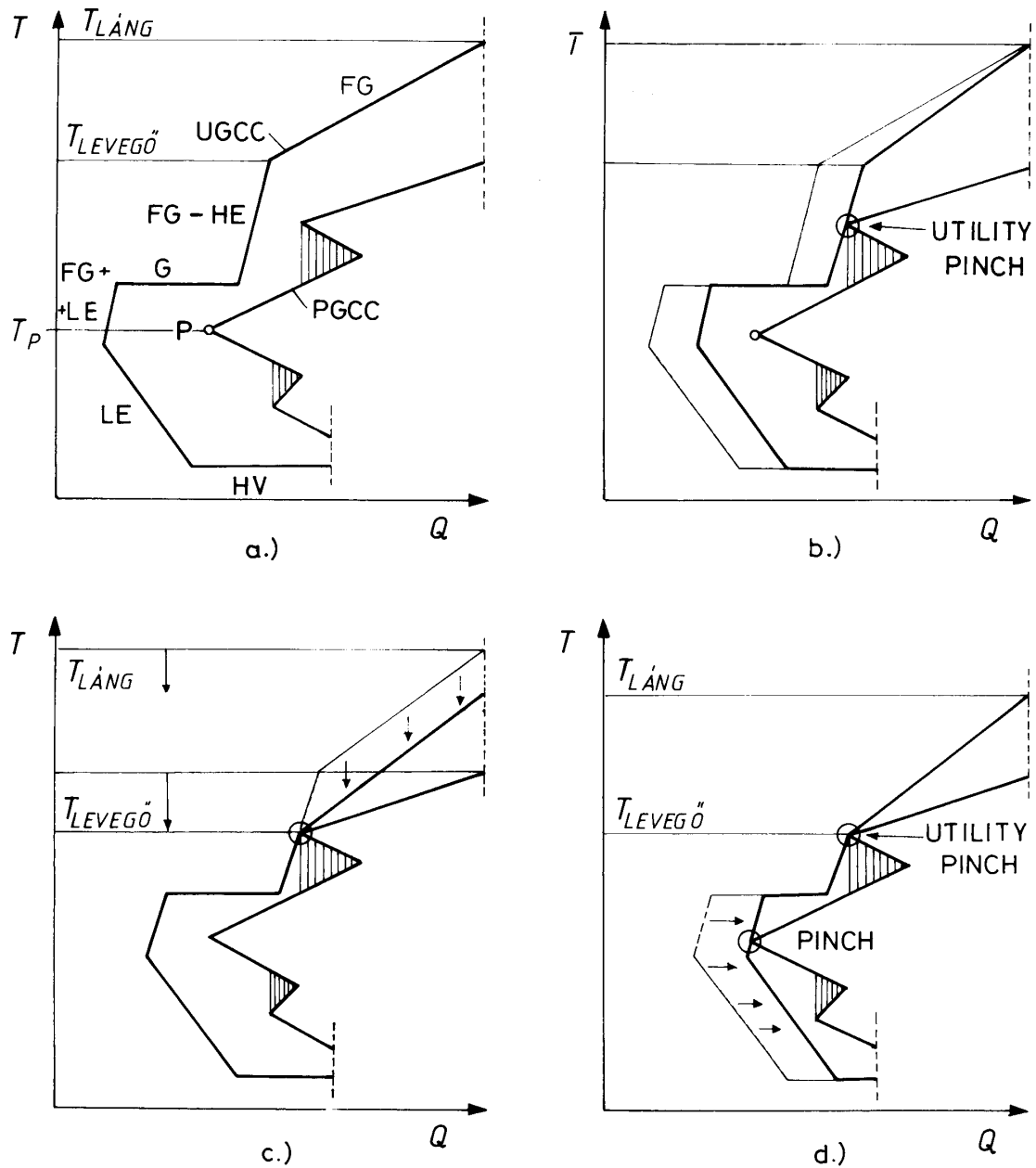


b.)

4.15. ábra

Az egyszerűsített feladatban a gőz és a hűtővíz illesztése maradt hátra. Feltételezve a hőfokok megfelelő előre-illesztését, a hőmérleg miatt ezek felhasználása csakis párhuzamosan csökkenthető. Eredményül a **16/d ábra** rendszerét nyerjük, két utility pinch-csel, melyek közül az egyik (szükségszerűen) a PGCC pinch pontjával esik egybe.

További lehetőség az integráció növelésére a folyamat és vele a PGCC megváltoztatása, hogy az ahhoz illesztett UGCC még gazdaságosabb legyen. Ez valóban olyan iterációt von maga után, amit jelenlegi ismereteink szerint nem tudunk elkerülni.



4.16. ábra

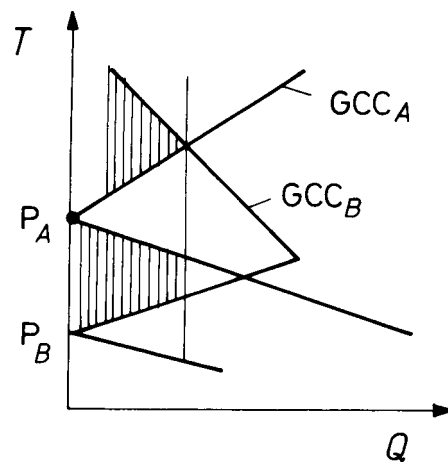
4.8. Teljeskörű integráció

A nagyméretű vegyipari komplexek, mint pl. finomítók, gyógyszergyárak, viszonylag sok, területileg is elkülönült üzemből vagy "blokkból" állnak, melyek önálló üzemegységként működnek. Az eddig tárgyalt módszerekkel optimális vagy közel optimális integrációt tervezhetünk az egyes blokkokon belül. Ezzel azonban nem feltétlenül nyerünk a teljes területre nézve optimális integrációt. Ebben az alfejezetben azt vizsgáljuk, hogyan lehet a módszereket kiterjeszteni a blokk-közi energia-visszanyerés és a teljeskörű utility-rendszerek vizsgálatára.

Kézenfekvő megoldás lehetne az összes blokk igényeit figyelembe vevő CC és GCC diagramok használata, és integráció annak alapján. Ennek az mond ellent, hogy

(a) habár a közvetlen visszanyerés hatékonyabb (kisebb MAT kell), technikailag gyakran csak a közvetett visszanyerés valósítható meg;

(b) az üzemek "gúzsba kötése" szinte megoldhatatlan üzemeltetési gondokat okoz, ezért az üzemközi kapcsolatok számának minimalizálására törekszünk.

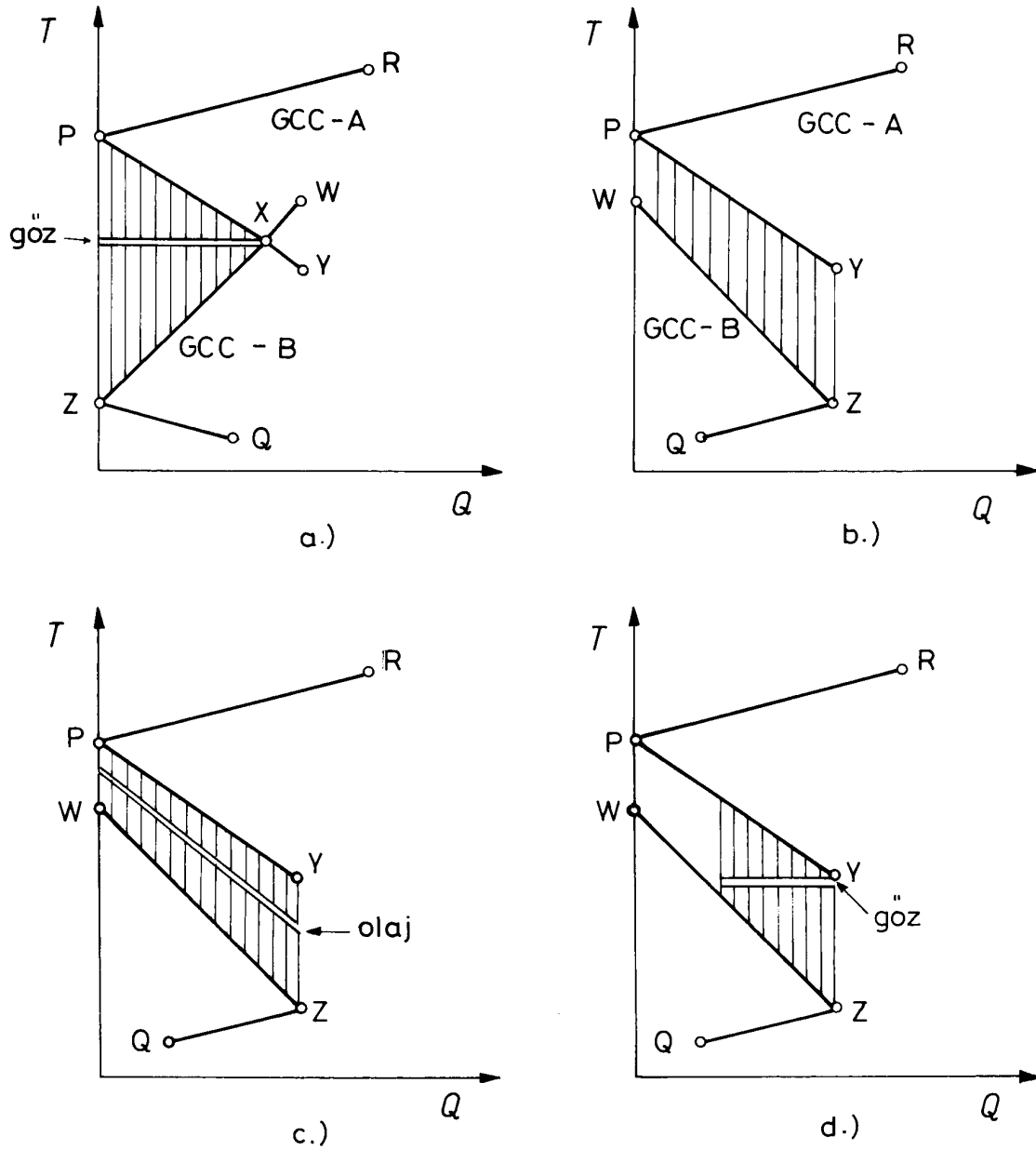


4.17. ábra

Az egyes üzemeken belüli integráció a megfelelő PGCC zsebeihez tartozik (4.4. alfejezet). Ezeknél a jobbra csökkenő szakaszok a források, a jobbra növekvő szakaszok a nyelők. Az üzemközi integrációnál is ez a helyzet, de nem egy PGCC zsebeit alkotó szakaszok, hanem különböző PGCC-k szakaszai között. Ilyet mutat a 17. ábra két integrációs kapcsolata is.

Ha a két vizsgált blokk hőfokai átfedőek, akkor gyakran nagyobb mértékű visszanyerés valósítható meg változó hőfokú közvetítő közeggel, mint állandó hőfokúval. (Azaz pl. fűtőolaj alkalmazása szerencsésebb, mint a másodlagos gőzé.) Ezt vázolja a 18. ábra. A 18/a ábrán egy ilyen pár látható. Az XY szakasz kínálata is felhasználható, mégpedig a ZW szakasz fűtésére, ezt leginkább úgy láttathatjuk, hogy az alsó PGCC-t megfordítjuk a 18/b ábra szerint. A 18/c ábra mutatja a változó

hőfokú közvetítő közeges, a **18/d ábra** pedig az állandó hőfokú közvetítő közeges integrációt. Természetesen, ha nincs hőfokátfedés, akkor az állandó hőfokú megoldás ugyanolyan jó, mint a változó. Az átfedő esetben pedig változó hőfokú közeg helyett több, eltérő hőfokszintű



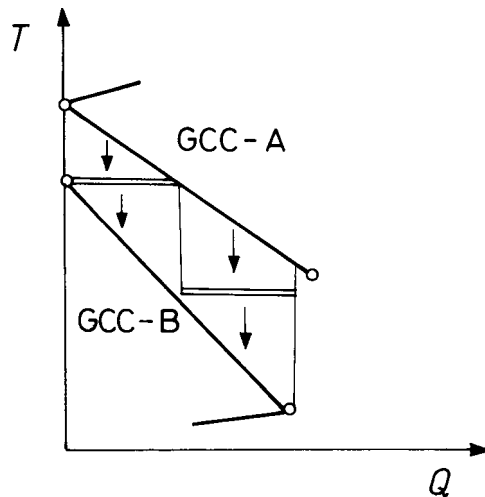
4.18. ábra

állandó hőfokú közeggel is megoldhatjuk a feladatot (pl. különböző nyomású gőzökkel), a **19. ábra** vázolata szerint.

Az üzemi integrációs kapcsolatokat szisztematikusan a kapcsolatmátrix segítségével vizsgálhatjuk. Ennek egy példányát mutatja az **1. Táblázat**. Ebben X-szel (kihúzással) jelöltük azokat az irányított üzem párokat, melyek közötti kapcsolatokat nem vizsgáltuk,

4. fejezet: A GCC és az integráció

kipipálással jelöltük a teljeskörű belső integrációkat, a vizsgált eseteknél pedig feltüntettük az aktuálisan javasolt integráció mértékét. Ez a mátrix itt csak jellemzi az eljárást, a módszert nem ismertetjük, csak megemlítjük. Bonyolult, de végrehajtható algoritmussal (lásd: *Ahmad és Hui, 1991*) és ilyen mátrixok felhasználásával meghatározható az a néhány üzemenkői csatolás, mely *valóban szükséges* a maximális energia-visszanyeréshez, és meghatározhatók azok a csatolások és hőteljesítmények, melyek ennek elérését biztosítják (*elegendőek*).



4.19. ábra

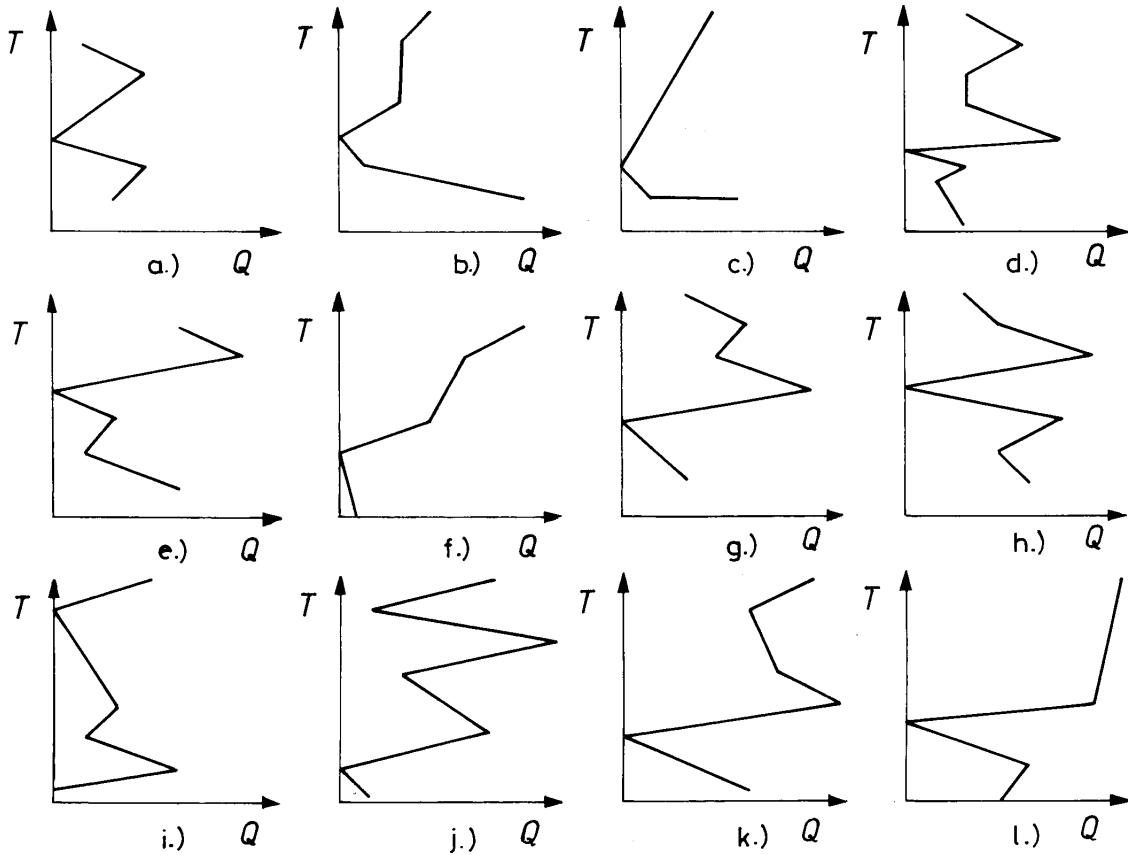
1. Táblázat: Kapcsolatmátrix

hideg\meleg	A	B	C
A	✓	X	✓
B	0,0	✓	2,0
C	1,1	✓	✓

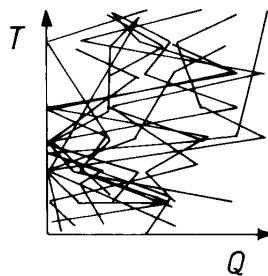
A viszonylag sok blokkot tartalmazó vegyipari komplexek nagyméretű energiarendszereinek vizsgálatához azonban a fent említett módszer praktikusán nem alkalmazható, mert e nagy rendszerek gyakorlatilag az összes blokkal kapcsolatban állnak. Ha például a **20. ábrán** vázolt 12 blokk PGCC-it ábrázolnánk egyetlen diagramban, akkor a **21. ábra** áttekinthetetlen dzsungeléhez jutnánk. A szolgáltató energiarendszerek áttekintéséhez más technikára van szükség.

Ennek a másfajta technikának az alapelemeit mutatja a **22. ábra**. A feladatok forrásaiból és nyelőiből egy-egy összesített forrás- és nyelővonalat készítünk, és a forrás oldalt tükrözzük a T -tengelyre. A **22/a. és 22/b. ábrán** az A2-vel jelzett szakasz kínálata

láthatóan felhasználható a B1-gyel jelzett szakasz igényének fedezésére. A 22/c. és 22/d. ábra átfedő esetre mutat hasonló párosítást.



4.20. ábra

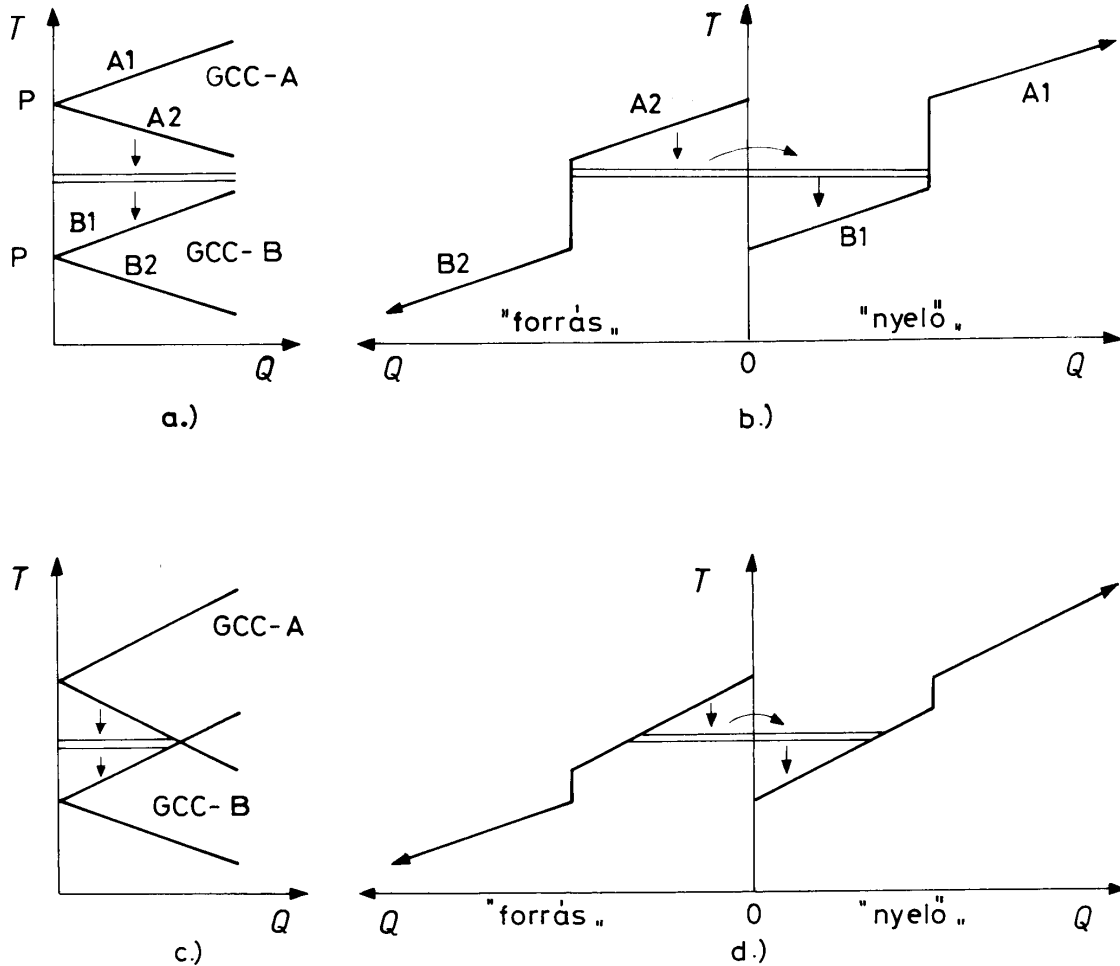


4.21. ábra

Az így kapott, ún. forrás-nyelő diagram (SSSC: *Site Source Sink Curves*) nem tartalmazza a segédközegek vonalait. Ezeket éppen az ellenkező oldalakra, kiegészítésként illeszthetjük, mint pl. a 23. ábra kiegyensúlyozott rendszerében. A nyelő összetett vonal fölött a külső energiaforrást, a forrás vonal alatt a külső energianyelőt tüntettük föl. Ezt a technikát felhasználva módszeresen csökkenthetjük a

4. fejezet: A GCC és az integráció

felhasznált elektromos munka és hőenergia mennyiségét. A **23/a. ábrán** a függőleges tengelyen a hőmérsékletet tüntettük föl. Ugyanazt a helyzetet mutatja a **23/b. ábra** is, de a függőleges tengelyen a környezeti T_0 hőmérséklettől és az aktuális T



4.22. ábra

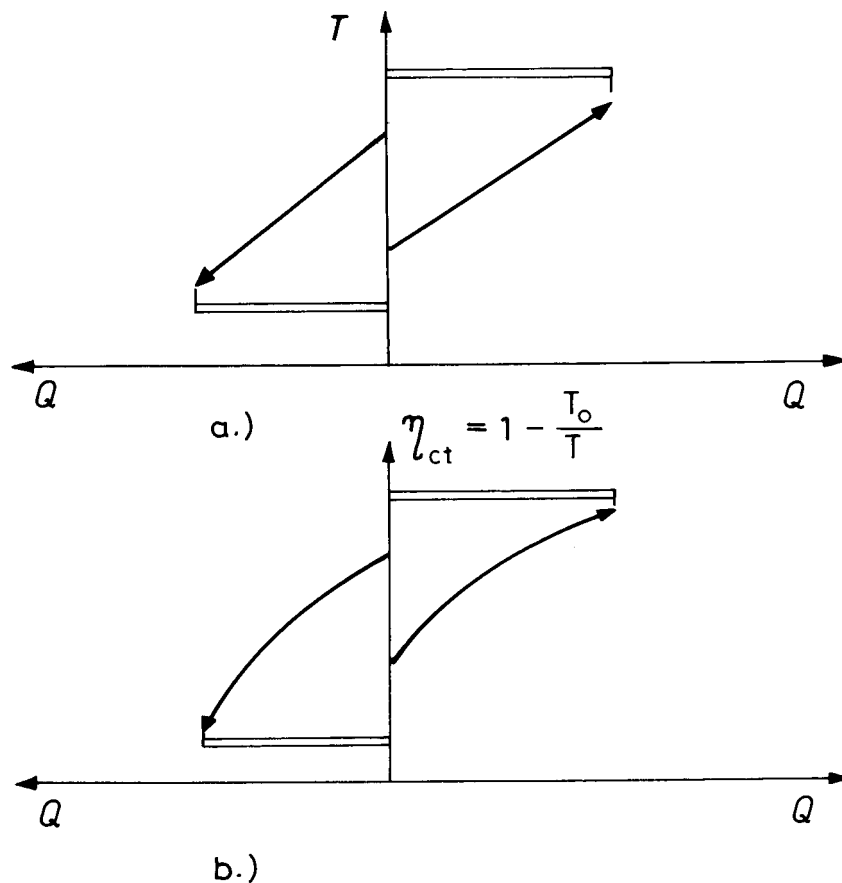
hőmérséklettől függő *Carnot*-hatásfokot tüntettük föl. A Carnot-hatásfok a az aktuális és a környezeti hőfok-izotermák között működő reverzibilis munkagépben elérhető maximális hatásfok. Ha ezzel megszorozuk az aktuális hőfokon felvett hőenergiát, akkor az ideális esetben (maximálisan) kinyerhető munkát, más néven az ún. *exergiát* kapjuk:

$$E = W_{\max} = \eta_{Ct} Q_T$$

Ennélfogva ha valamely hőerőgép hőközléseit az h - Q diagramon ábrázoljuk, akkor a bezárt terület arányos a kinyerhető maximális munkával.

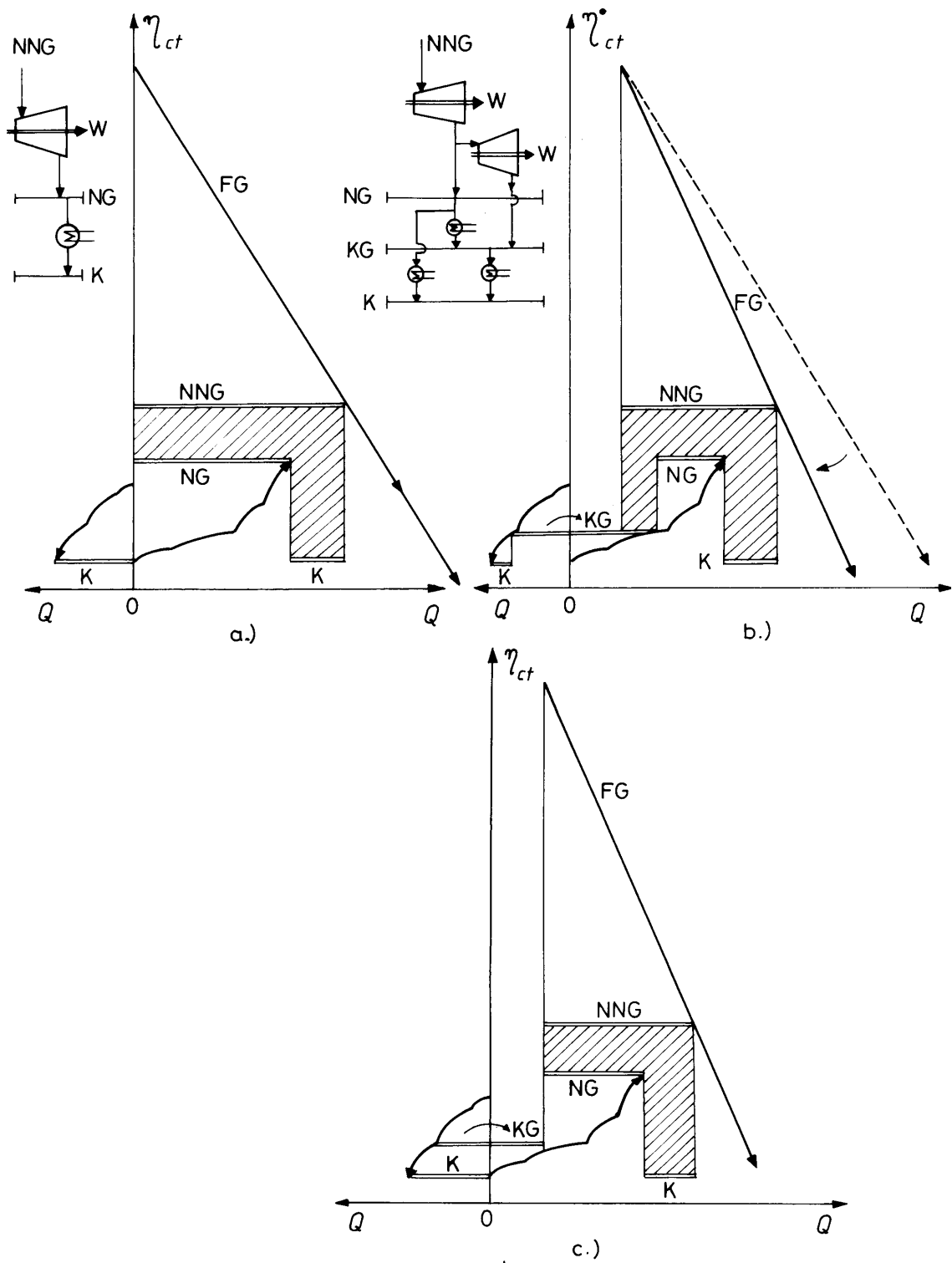
Tekintsük pl. azt az esetet, melynél a nagynyomású gőzt kemencével, boilerben állítjuk elő. A költségek csökkentése érdekében elektromos munkát termelünk gőzturbinában, amihez a legnagyobb nyomású gőzt (NNG) használjuk fel, és abból

nagynyomású gőzt veszünk el (NG). A **24/a. ábrán** berajzoltuk a kemence FG vonalát, a belőle előállított NNG vonalat, mely meghajtja a turbinát. A turbinából kibocsátott NG szolgáltatja a forrás vonal hőigényének fedezetét. A belőle kapott kondenzátum (K) felhasználható a forrás vonal hűtésére. Az NNG és NG közti satírozott terület felel meg a turbinában termelt munkának. Ha most a **24/b. ábra** szerint közbeiktatunk egy közepes nyomású gőzvezetékét (KG), akkor ez fedezi a forrás vonal hűtésének egy részét, és a nyelő oldal fűtésének ugyanakkora részét. A maradék részt továbbra is a turbinából távozó gőz szolgáltatja. Természetesen az integráció mértékével csökken a tüzelőanyag-felhasználás is. Több nyomásszint beiktatásával, és/vagy a nyomásszintek megfelelő tervezésével a kétfokozatú turbina az olcsóbb egyfokozatúvá tervezhető át, a **24/c ábra** szerint. Általában, a bemutatott technika alkalmas a nagyméretű integrált energiaszolgáltató rendszerek áttekintésére.



4.23. ábra

4. fejezet: A GCC és az integráció



4.24. ábra