

A SZÉN ÉS PETRÓLEUM MULTJA ÉS JÖVŐJE

ÍRTA VADÁSZ ELEMÉR

TARTALOM

Az anyag és az ember.
A földkéreg anyagainak kutatási módszereiről.
A szén az emberi megismerésben.
A szenek anyagáról és tulajdonságairól.
A szenek megkülönböztetése és osztályozása.
A szénképződés földtani föltételei és eredménye.
A szénképződés időbeli és térbeli eloszlása.
A földkéreg szénhidrogénjei.
A petróleum az emberi történetben.
A petróleum keletkezése.
A petróleumelőfordulások külső és belső jelenségei.
A petróleum és földgáz tér- és időbeli eloszlása.
Petróleum és gáztermelés.
Szén és petróleum a világ gazdaságában.
A kőszén és petróleum viszonya.
Szén, petróleum és földgáz az ipar szolgálatában.
A jövő kérdései.
Végszó.
Irodalom.

BUDAPEST

AZ
ATHENAEUM
IRODALMI ÉS NYOMDAI RÉSZV.-TÁRSULAT KIADÁSA

Az anyag és az ember.

»...homályban ül,
Mi egy világot rendít és teremt.
Mert látásától megszédülne a fej.
Csak ember műve csillog és zörög.
Melynek határa egy arasznyi lét.«

Az emberiség művelődésének történetében döntő fontosságúak azok a természeti nyersanyagok, amelyeket az ember - fölismerve hasznosíthatóságukat - alkalmazásba vett. A fölisméréstől az alkalmazásig azonban sokszor hosszú évszázadok is elteltek, mert a hasznosíthatóság fogalma sok tényezőtől függ. Ezek a természeti nyersanyagok földünk szilárd kérgének alkotórészei, amelyek többé-kevésbé hozzáférhető módon a felszínen vagy különböző mélységekben mutatkoznak. Az anyagok hozzáférhető volta elsősorban járul hozzá tehát azok »hasznosíthatóságához«. Az ősember számára hasznosíthatók csak a felszínen található anyagok lehettek s midőn első ízben vette föl a földön szabadon heverő kődarabot, hogy egy menekülő állatra hajítsa, avagy támadó embertársával szemben védekezzék vele, ez a tudatos cselekvése a természeti anyagok hasznosításának első pillanata volt.

A különböző anyagok fölhasználása a kultúra fejlődésével változik, jelentőségéből, értékéből veszít, végül egészen használaton kívül marad. A tűzkő, az ősember első legfontosabb anyaga már rég elvégezte szerepét s a történelemelőtti ember drága kincse, a nefrit, ma már csak különlegesség számba megy nálunk, míg a kínaiaknál ma is értékes drágakő. Az idő tehát lényegesen módosítja az anyagok értékelését s a haladó kultúra a hasznosításra alkalmas anyagok számát növeli, régieket használatból kiszorít, újakat forgalomba hoz. Ez az időbeli változás annyira szembeötlő, hogy egyes anyagok uralkodó alkalmazása tudvalevőleg kifejezetten jellemzi az emberi művelődés egyes időszakait. A kő-, bronz-, vaskorszak megkülönböztetés a megfelelő anyagok fölhasználását jelenti, mindegyike azok értékesítési lehetőségeinek megismerése nyomán.

A földkéreg nyersanyagainak értéke azonban még különböző külső viszonyoktól is függ. A világpiaci helyzet, egyes anyagokban mutatkozó pillanatnyi szükséglet, kereslet és kínálat s a földrajzi fekvés irányítólag hatnak az értékelésre. A legközönségesebb anyag, mint a mészkő, más elbírálásban részesül a mészkőhegységek területén, mint a hegyektől távol eső alföldi rónán. Máskor a ritka és különös anyagok értékét növelik vagy csökkentik a szállítási lehetőségek, illetve a megközelíthetőség. Végül még nagyobb mértékben esik latba az anyagok előfordulásának mélysége s ezzel kapcsolatos műszaki nehézségek, amelyek azok felszínre hozását, termelését akadályozhatják, költségeit növelik. Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy az emberi értékelés nagyon viszonylagos s mivel alig van olyan anyag, amely önmagában értékesnek mondható, azért természettudományos meghatározás nincs is a természeti kincsek fogalmára. Helyenként, koronként és kultúrfokonként a földkéreg más és más anyagai válnak természeti kincsekké.

A gőzgép fölfedezése óta a földkéregnek az emberi művelődés szolgálatába állított anyagai között a kőszén olyan vezető szerepet nyert, hogy ezt az időszakot joggal mondhatjuk kőszénkornak. A természeti elemekkel szemben babonás félelmet s vallásos tiszteletet tanúsító ember ezzel a kincscsel olyan erő birtokába jutott, amelynek segítségével ura lett a térnek, legyőzte a távolságokat és hatalmába vette a vízzel borított óceánokat. A kőszén ismerte már az ókori ember is, de a fölhasználási lehetőségét csak az újkor hozta meg. A kőszén tehát az ókorban és középkorban nem volt a természeti kincsek közé sorolható, de rögtön azzá lett, midőn az ember a benne rejlő erőt megismerte. Alkalmazásának és

fölhasználásának gyors fejlődése s rövid idő alatt elért kultúrtörténeti vezető szerepe alig hasonlítható össze bármelyik más nyersanyagéval. A XIX. század napjainkig tartó óriási technikai fejlődése s ezzel megalapozott kulturális megújódása csaknem kizárólag a kőszén használatára vezethető vissza. Hosszú évtizedeken át a kőszén csaknem egyedüli erőforrás volt, míg mintegy két évtized óta megjelent mellette a petroleum is, amely a használatban mindinkább nagyobb területeket hódít el tőle s bizonyos irányú technikai alkalmazásban a kőszén fölülmúlva, jelentőségben évről-évre növekedik. Ime szemünk láttára értékelődnek a nyersanyagok, amiről föntebb szoltunk! Félévszázad előtt a petróleumot még csak világításra használták s ma már elérte, sőt bizonyos irányban meghaladta a kőszén használati lehetőségeit.

A mi korunknak a kőszén és petróleum a legfontosabb erőforrásai, amelyeknek birtoklása nemzeteknek és országoknak világgazdasági fölényt biztosít. Ezért áll most a kőszén s legújabban a petróleumterületek megszerzése gazdasági és katonai bonyodalmak titkos vagy leplezetlen mozgató rugója gyanánt a világpolitika tengelyében. A kőolaj (petróleum) magas értelemben kihasználható munkaerő. A kőszéntüzelés ezzel szemben nagymértékű erővesztéssel jár, mert a rostély, kazán, gőzvezeték sok hővesztést jelent. Ezért napról-napra mindinkább több alkalmazásban érvényesül a földolaj, részben mint közvetlen hajtóerő, részben mint kazánfűtő tüzelőolaj. Mindkettő sokkal nagyobb hatásfokot szolgáltat bármilyen kőszénkihasználással szemben, aminek oka nemcsak magasabb fűtőértékében, - legalább 10-11.000 hőegység a legjobb kőszénnek 7-9000 hőegységével szemben - hanem kényelmesebb tárolásában s az ezzel kapcsolatos nagy termégtakarításban rejlik. Ezért az utolsó évtizedben a tengeri hajók túlnyomó része olajtüzelésre tért át. Míg az olajtüzelés 1913-ban a tengeri hajók közül csak 1.3 millió tonna hajótérben volt bevezetve, addig 1921. év végén 13 milliót tett ki ez a mennyiség, tehát nyolc év leforgása alatt megtízszereződött.

A földolajnak hajózási célokra kiválóan alkalmas volta adja meg ennek a nyersanyagnak gazdasági értéke mellett világpolitikai jelentőségét. A tengerek szabadságát védő hadihajók akcióképességét lényegesen növeli az olajtüzelés, a tengerek uralmát tehát csak a kiadós olajterületek megszerzése biztosíthatja. Ennek a kapcsolatnak fölismerése magyarázza meg azt az élénk s napjainkban mind hevesebbé vált érdekküzdelmet, amely a világ földolaj előfordulásainak megszerzése körül a két legnagyobb versengő tengeri hatalom, Amerika és Anglia között folyik.

A szén és petróleum nagy jelentősége a gépek használatával függ össze. Ma már szükségtelen részletesebben magyarázni, mit jelent a gépek használata az emberi művelődésben. Egész testi és szellemi jólétünkre semmisem volt olyan átalakító hatással, mint a kézi erőt ügyességben, tökéletességben, gyorsaságban, erőben, kitartásban és főként teljesítményben messze meghaladó gépi erő. Az alkotó ember tevékenységi köre rendkívüli módon megnövekedett és embermilliók használatára való cikkek előállítására egyenletes kivitelben, rövid idő alatt lehetővé vált. Gondoljunk csak a régi kézi fonású cérnára s a mai túlfinomult cérnagyarak üzemére; az utóbbiaktól kikerülő mennyiség készítéséhez százmillió ember szorgalmas munkájára volna szükség, akik, ha azt a mai forgalmi áron akarnák előállítani, naponta alig keresnének többet ezer koronánál. Mindez a természettudományok és azok alkalmazásának, a technika által elért csodás fölfedezések segítségével a szén és petróleum fölszabadított energiáival vált lehetővé.

A kőszén és petróleum fontossága egyelőre a legközelebbi jövőben s még sokáig az emberiség és egyes népek történetében nagyjelentőségű és messzire kihat. Már egymagában ez a tény is fölkeltheti érdeklődésünket e nyersanyagok iránt, amelyekről végső kihatásukban ilyenformán legegényibb emberi sorsunk, kultúránk függ. De ettől függetlenül a földtörténet mozgalmas eseményeinek ismeretébe vezet bennünket a nyersanyagok természetének megis-

merése. A kőszén és földolaj ugyanis a földkéreg összetételében résztvevő anyagok: kőzetek, amelyeknek vizsgálata a földtan tárgykörébe tartozik. A földtan ismerteti meg bennünket keletkezésük módjával, azok feltételeivel, előfordulásukkal s minden sajátosságukkal. Ezek a földtani ismeretek előfeltételei a gazdaságilag annyira fontos nyersanyagok föl kutatásának s termelési lehetőségeinek. Földtani tekintetben a kőszén és petróleum szerves eredetű üledékes kőzetek, amelyek keletkezésük, leülepedésük óta többé-kevésbé bonyolult, hosszú és területenként más-más földtani folyamatokon mentek át. Ezek a földtani folyamatok föl ismerhető jellemző nyomokat hagytak vissza, amelyeknek tisztázása és megkülönböztetése adja a kőszén és petróleum bányászati föltárásának alapjait. Ezen a mezsgyén tehát a tudományos megállapításokkal a gyakorlati térre jutunk, úgyhogy az elvont földtani vizsgálat minden éles határ nélkül a mindennapi élet szükségleteivel közvetlen kapcsolatba jut.

Földtörténeti fontosabb események időrendi áttekintése a szén- és petróleum szempontjából.

Idő-kor-eset csoport	Időszak-korszak-rendszer	Földtani események			Szerves élet		Szénképződés, petróleum-keletkezés
		Hegyképződés	Vulkáni működés	Jégkorszak	Növények	Állatok	
Újkor	Jelenkor (holocen, alluvium)	—	—	—	Erdős területek kipusztítása a kultúra jegyében.	Ősi emlőstípusok és madarak kipusztítása (elefánt, zsiráf, bölény, bálna, pingvinek, moák stb.)	Petróleumhasználat föl ismerése. Széngázalkodás. Szénkényszerítés. Szénbányászat kezdete.
	Középkor	—	—	—	—	Állatvilág pusztítása háttérbe szorítása.	—
	Ókor, történelem előtti kor	—	—	—	—	Emberművelődés első ideje és elterjedés.	Szén és petróleum megismerése és kezdetleges használata. Tűzimádás.
	Pleisztocén negyed-időszak vagy jégkorszak	—	—	Általános eljegesedés az északi és déli félgömbön.	—	Ember föllépte. Óriási ősemelők kihalása.	Nagy tözegesedések a hegységek előterében, Fölszínre került olajmezők pusztulása.
	Új-harmad-időszak	—	—	—	—	—	—
Középkor	Új-harmad-időszak	—	—	—	—	—	—
	Új-harmad-időszak	—	—	—	—	—	—
	Új-harmad-időszak	—	—	—	—	—	—
	Új-harmad-időszak	—	—	—	—	—	—
Ókor	Krétá	Alpi és egyéb helyi gyűrődések.	Lávaömlések Észak- és Dél-Amerika nyugatán.	—	Első virágos növények, egyszikűek és kétszikűek.	Óriási őshüllők, továbbá ammonitesek és belemnitesek kihalása.	Szénképződés jelentéktelen. Gazdag olajterületek különösen Mexikóban.
	Jura	Középeurópai helyi (kimmeri) gyűrődés.	—	—	Gymnospermák tenyésztetének uralma.	Legrégibb ősmadarak és repülőárhányok. Őshüllők uralma. Ammonitesek.	Helyenként kőszénképződés (Pécs vidéke). Petróleumkeletkezés alárendelt.
	Triász	—	—	—	—	Első erszényes emlősök. Hatalmas krokodilok.	Gyér, jelentéktelen kőszénképződés és petróleumkeletkezés.
	Triász	—	—	—	—	—	—
Ókor	Középkor	—	—	—	—	—	—
	Középkor	—	—	—	—	—	—
	Középkor	—	—	—	—	—	—
	Középkor	—	—	—	—	—	—
	Középkor	—	—	—	—	—	—
Ókor	Perm	Utógyűrődés.	Felszíni lávaömlések.	Eljegesedés a déli földtekén.	Szárazföldi növények föllendülése: edényes kryptogámok, fahasztók. Első zárva-termők a permében.	Első szárazföldi csúszómászók. Páncélos ősbékaóriások. Porcos halak.	Kőszénképződés főszakasza. Bőséges olajképződés.
	Karbon	Altáidák gyűrődése.	Erős mélységi vulkánizmus.	—	—	Első kételtűek. Óscápák uralma. Ósrovarok.	—
	Devon	Utógyűrődés.	Helyenként erős.	Fokföldi alódevon jégkorszak.	Első szárazföldi növények (edényes kryptogámok).	Páncélos őshalak, tüdőhalak.	Bőséges olajterületek az Alleghany hegység nyugati oldalán.
	Szilur	Kaledoni gyűrődés.	Helyenként erős.	—	Alsórendű vízi növények, algák. Szárazföldi növények bizonytalan nyomokban (Északamerikai szilurban).	Háromkarélyos ősrákak uralma. Első halak.	Észak-Amerikában gazdag petróleumtartalmú (Trenton) mészkövek.
	Kambrium	—	—	Eljegesedés Norvégiában, Kínában, Délafrikában.	—	Alsórendű állatok ősi típusokkal. Gerincesek nélkül.	Elsődleges gázelfordulás (New-York).
Ókor	Óséleti	Többször ismétlődő	Állandó erős lávaömlések.	Sarkkörüli eljegesedés (Ontario).	Bizonytalan ismeretlen nyomok.	Az első egyszett állatok megjelenése és vándorlásuk.	Szenesedett nyomok és grafit.
	Életnélküli	—	—	—	—	—	—

Földtörténeti fontosabb események időrendi áttekintése a szén és petróleum szempontjából.

A kőzetek, melyek közé a kőszén és petróleumot soroljuk, földünk legkülső részének alkotóanyagai. Jelentéktelen, két kilométernél alig valamivel nagyobb az a mélység, ameddig ebben a külső szilárd közetrétegbe behatoltunk eddig, s mégis milyen változatos anyagok, a kőzeteknek milyen sokfélesége tárult már eddig elénk! Ezt a sokféle kőzetet három nagy csoportba osztjuk, amelyeket vulkáni vagy kristályos, üledékes vagy réteges és átalakult kőzetek csoportjának nevezünk. Az első csoport anyagát a vulkánok lávájának kihűlt, megmerevedett s többnyire kristályos kőzetei adják. A másodikba a különböző helyeken többnyire hosszú időn át lassan leülepedett kőzetek tartoznak, az átalakult kristályos palák pedig földünk legrégebbi kristályos vagy üledékes kőzeteinek utólagosan elváltozott jellegű anyagai. A vulkáni kőzetek keletkezési helye a vulkáni működés területeire szorítkozik, az üledékek a földkerekség minden részén, szárazföldi fölhalmozódásban, folyóvizekben, tavakban vagy

területileg legnagyobb mennyiségben és változatosságban a tengerekben, a kristályos kőzetek pedig a földkéreg nagy nyomású és magas hőfokú helyein keletkeztek.

Valamennyi kőzet külsejében, szövetében, szerkezetében, anyagában és elrendeződési módjában magán viseli keletkezésének bélyegeit, amely fölismerésüket lehetővé teszi. Ez különösen fontos azért, mivel földünk fejlődéstörténetének egymásra-következő különböző időszakaiban a vulkáni övek, tengerek és szárazföldek térbeli eloszlása sokszorosan változott. Egekbe tornyosuló hegyvonulatok közeteibe zárt egykori tengeri állatok, csigák és kagylók igazolják ma az egykori tengerfenéktől a hegyóriásokig megtett út fejlődésmenetét.

A kőzetek sokféleségéből, a kőszén és petróleum szempontjából, csak az üledékes kőzetek érdekelnek bennünket. Ezek általában erőművi (mechanikai), vegyi vagy szerves eredetűek. Az erőművi eredetű törmelékes kőzetek régibb kőzetek anyagából, folyóvizek útján kavics, homok vagy finom iszap gyanánt kerülnek leülepedési helyükre, legtöbbször a legnagyobb földi üledékgyűjtő medencékbe, a tengerekbe, melyeknek szárazföldről származó (terrigen) anyagát adják. A vegyi üledékek többnyire a vízben oldott vegyületeknek kicsapódásai, mint a kősó, gipsz, egyes mészkövek vagy kovasav. A szerves eredetű kőzetek pedig, melyeket *Ehrenberg* biolithoknak nevezett, túlnyomólag növényi vagy állati anyagok fölhalmozódásából keletkeztek. Ezekbe a szerves eredetű kőzetekbe több-kevesebb ásványos anyag is belekeveredik, ezenkívül részben még vegyi eredetű anyag is, úgyhogy *Potonié* szerint megkülönböztethetünk nem égő (akaustobiolith) és égő szerves kőzeteket (kaustobiolith).

Az égő szerves kőzetek két nagy csoportba oszthatók. Az egyik csoportba átváltozott növényi anyagokból származó olyan égő kőzetek tartoznak, amelyek a növényi anyagok vegyi összetételében résztvevő szén, oxigén, hidrogén s néha nitrogén, illetve a megfelelő szénhidrátok bomlási termékei. Ennek a humusz gyanánt ismert anyagnak bomlási folyamata a humuszkőzetektől a kőszénig terjedő égő kőzetek sorozatát szolgáltatja, amelyet szén-sorozatnak mondunk.

A másik csoportba tartozó égő kőzetek az állati anyagokból, illetve azok zsír és szénhidrogénjeinek átalakulásából származó szénhidrogénanyagokat, vagy bitumeneket képviselik. *Potonié* ezeket rothadó iszapból (sapropel) származtatja s sapropelitnek nevezi. A legutóbbi idők vizsgálatai szerint a legtöbb szén is bitumentartalmú, viszont sok bitumenkőzet összetétele a szenekre emlékeztet. Ez a körülmény nemcsak a két csoport genetikus hasonlóságaira mutat, hanem arra utal, hogy e kőzetek égő jellegét éppen a bennük lévő bonyolult szénhidrogének adják. Ezen az alapon a szenek a bitumenes kőzetek gyűjtőfogalmában alcsoportnak tekinthetők s ebben a meghatározásban, bitumenes kőzetek alatt állati vagy növényi anyagokból keletkezett kőzetek értendők. Ezt a keletkezési összefüggést és az átmeneteket legjobban kifejezi *Potonié* beosztása, amely szerint az égő kőzetek keletkezési anyaguk szerint három csoportot alkotnak. A rothadó iszapból (sapropel) származnak a sapropelitek, melyek közé egyes szénfajtákon kívül főként a petróleum (földgáz), földszurok (aszfalt) és földi viasz (ozokerit) tartoznak. A másik nagy csoport a humuszkőzetek csoportja, amely főként növényi anyagokból származik s az összes szénfajtákat magába foglalja. Végül alárendeltebb szerepük van a liptobiolitoknak, melyek egykori növények nehezen bomló gyanta- és viasztermékeiből maradtak ránk, »megkövesedett gyanták« gyanánt. Legismertebb képviselőjük a borostyán.

Mint látjuk, a kőszén és petróleum nemcsak emberi fölhasználásuk fontosságában, hő- és erőforrást teremtő nyersanyag minőségük miatt kerülnek egymás mellé, hanem az emberre nézve megbecsülhetetlen tulajdonságaik hasonló természeti viszonyaikból erednek. Az alábbiakban következő együttes tárgyalásuk tehát minden tekintetben indokolt.

A földkéreg anyagainak kutatási módszereiről.

A kultúra hajnalán a földi anyagok közül csak azokat használta az ember, amelyek a föld felületén, könnyen hozzáférhető helyeken voltak találhatóak. Egyes anyagok növekedő használatával azonban hovatovább arra kényszerült, hogy a felszíni anyagokat tovább nyomozza, folytatásukat keresse. Már az ősember kultúrájában megtaláljuk az ősi bányáskodás nyomait, leginkább sóra vagy az írókréta rétegeibe beágyazott tűzkőgumók és rétegek kitermelése céljából. A bányászat kezdeti szakán a hasznosítható anyagok fölkutatása kizárólag a véletlen »jó szerencse« alapján történt. Később a bányászból nyert hosszú idők tapasztalati megismerései irányították a kutatást. A rendszeres kutatás azonban csak a földkéreg fölépítését tanulmányozó földtan fejlődésével alakult ki és vált tudatossá. Ez a tudatos és rendszeres földtani kutatási módszer a keresett anyagok összes jellegeinek, előfordulási és keletkezési körülményeinek tisztázása alapján végzett helyszíni vizsgálatokkal állapítja meg az anyagok hollétét. A földtani kutatási módszer tehát *közvetlen* megfigyeléseken alapszik. A külszínen hozzáférhető rétegek *látható* tulajdonságaiból, kifejlődéséből és elhelyezkedési módjából következtet a mélységben rejtőző anyagok minőségére és helyzetére. A felszínre nem kerülő telepek mélységét csak megközelítő becsléssel, illetve megfelelő számítással adja meg, de mindenkor pontosan tisztázhatja a kutatás területének földtani szerkezetét, az azt felépítő rétegek minőségét és sorrendjét. A földtani kutatás összehasonlító ismereteken alapuló eszközei tehát a közvetlenül megfigyelhetőkből közvetve mutatnak rá a mélységben levő anyagok ismeretére.

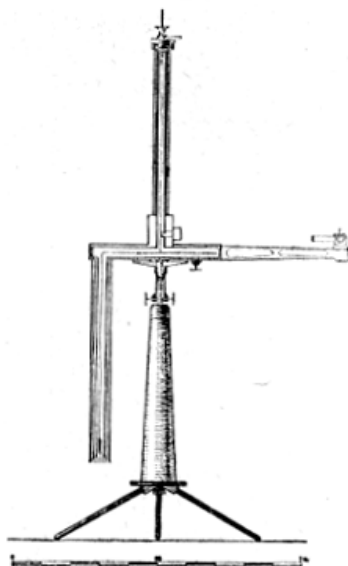
A szén- és petróleumkutatás területein a földtani vizsgálat a rétegösszletek megismerésével mindenekelőtt megállapítja azt, hogy az észlelt rétegek megfelelnek-e a szén-, illetve petróleumkeletkezés földtani előfeltételeinek, vagyis a rétegösszlet mocsári, illetve sekélytengeri jellege megadja-e a szén-, illetve petróleumelőfordulás lehetőségét. A vizsgálat kedvező eredménye esetén a rétegek települési viszonyainak segítségével, a fekvő- és fedőrétegek kijelölésével körülhatárolhatjuk a kutatás területét s azon belül kell kitűzni a fúrások helyét. Ugyanezt tesszük a petróleumterületek kutatásánál is, ahol szerkezeti egységek, a boltozatok kijelölése fontos, mert a fúrások ezek tengelyében kerülhetnek kivitelre.

A föld belsejének kutatása alig több, mint egy évtized előtt még a legelvontabb elméleti tudományos munkaterület volt, amelyet a nagyközönség előtt rejtélyes fátyol fődött. E tudományok megállapításait is csak alig tudták a gyakorlati életben fölhasználni. A földmágnesesség, nehézségerő, tömegvonzás, a föld rádiumos sajátságai, elektromos viselkedése, a földrengek jelenségeinek vizsgálata csupa zárt, elvont kutatási terület, ahonnan a szaktudósok szűkebb körén túl alig jutott ki valami. A háborús évek s az azt megelőző s követő gazdasági eltolódások és szükségletek a tudományos kutatások minél szélesebbkörű gyakorlati kihasználását erőltették. A legtöbb tudomány sokszor még kiforratlan vizsgálati eredményekkel is sietett a mindennapi élet követelményeit kielégíteni. Az elfecsérelt vagy hiányzó anyagok pótlása a föld mélyében rejlő természeti kincsek lázas kutatását tette szükségessé. Ezek a kutatások időt, költséget és fáradságot nem kímélő módon minden eszközt fölhasználnak a cél érdekében. Ilyen körülmények között előtérbe került a föld belsejére vonatkozó elméleti vizsgálatok megállapításainak alkalmazása is, úgyhogy ezek az elvont tudományok soha nem képzelt gyorsasággal tették meg a gyakorlati alkalmazáshoz vezető utat.

A legutóbbi idők fizikai vizsgálatait az anyagoknak több olyan tulajdonságára mutattak rá, amelyek a közvetlen látást igényelő földtani vizsgálat keretein kívül esnek s olyan *távhatásokban* nyilvánulnak, melyek többé-kevésbé lehetővé teszik az egyes felszínre nem kerülő anyagok jelenlétének megítélését is. Ezek a távhatások vagy közvetlenül nyilvánulnak meg, vagy pedig a földben keringő elektromos hullámok útját befolyásolva, közvetve jelentkeznek. Vizsgálatukkal, a föld belsejében észlelhető jelenlétük mikéntjével, a geofizika foglalkozik, amelynek tudományosan megalapozott kísérleti módszerei szerint ezek a távhatások

fölhasználhatók a föld mélyében rejlő anyagok fölismerésére és helyi megjelölésére is az idevonatkozó fizikai megállapítások alapján dolgozó *alkalmazott geofizika* útján.

Közvetlen távhatásokban nyilvánulnak a nehézségerő, a mágneses erő, az elektromos telítettség és bizonyos mértékben a radioaktív kisugárzások. Ezek a hatások megfelelő eszközökkel mérhetők, megállapíthatók s ebből a különböző viselkedésű anyagok jelenlétére következtethetünk. Ezzel szemben a közvetett úton észlelhető jelenségek, hővezetés, elektromos hullámok és áramok lefutása, rádiumos kisugárzások, hang- és földrengési hullámok terjedése csak megfelelő mesterségesen földézett erőhatások útján jutnak tudomásra. Mindkét esetben a megfelelő fizikai mérések rendszere szolgáltatja a vizsgált terület hozzáférhető részén a megfigyelési alapot, amelyből az egyes fizikai sajátságok minőségi és mennyiségi megállapítása pontos számításokkal történik. Egyes esetekben, különösen a közvetlenül nyilvánuló különleges távhatások (mágnesség) esetében egy-egy vizsgálati irány is eredményre vezet, mert ebben az irányban a keresett anyag környezetének tulajdonságaitól annyira eltér, a kérdéses fizikai tulajdonság annyira jellemző reá, hogy annak alapján biztosan fölismerhető. A legtöbb esetben azonban a földtani vizsgálattal kellően alátámasztott többféle fizikai sajátság vizsgálata vezet csak célra.



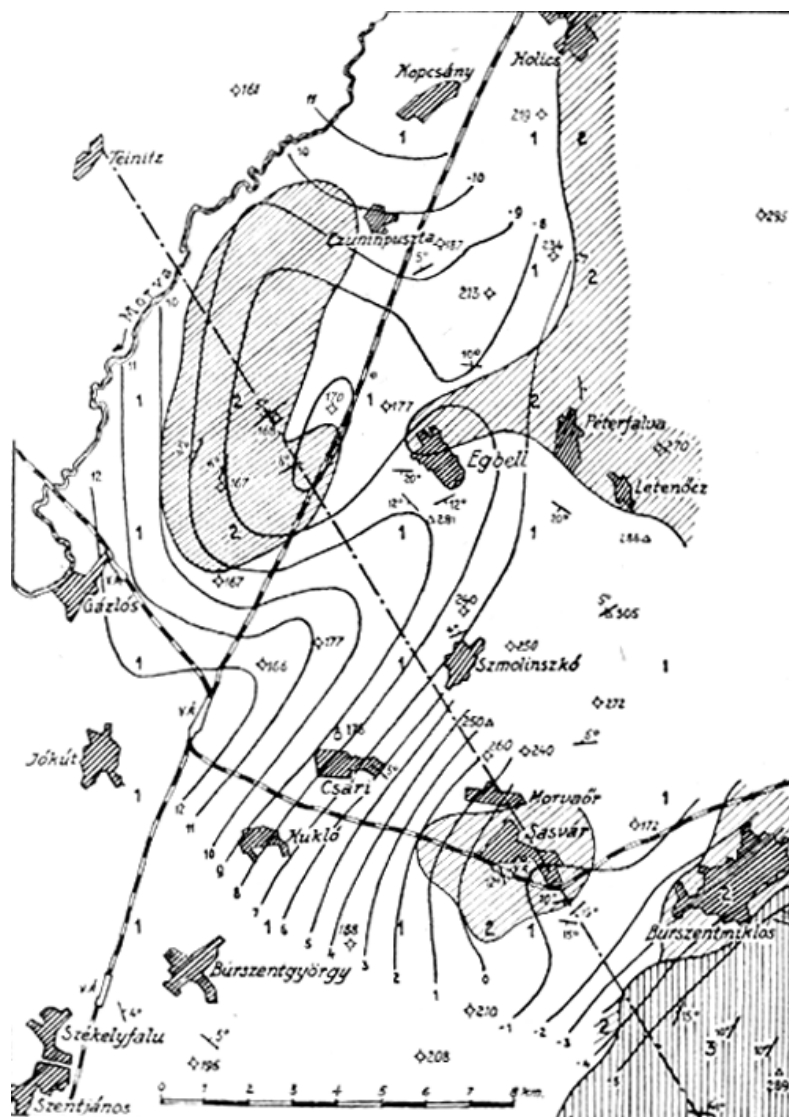
1. kép. Eötvös-féle torziós ingamérleg.

A közvetlen távhatások közül legáltalánosabb s ép ezért gyakorlatilag legértékesebb a *nehézségerő*, amelynek változásai a földkéreg anyagainak különböző sűrűségére és ezen anyagok különböző elrendeződési módjára adnak biztos fölvilágosítást. A mélységben mutatkozó kisebb fajsúlyú anyagok (kőszó, barnaszén) közelében ugyanis a nehézségerő értékében helyi kisebbedés, nagyobb fajsúlyú anyagok (vulkáni vagy földtanilag idősebb kőzetek) jelenlétében pedig helyi nagyobbodás mutatkozik. A nehézségerő változásai az Eötvös-féle torziós ingamérleggel százmilliomodrésznyi pontossággal mérhetők és az egyenlő értékű pontokat összekötő vonalakkal térképezhetők. Ezek a mérések meglehetősen körülményesek, mivel a műszer érzékenységét minden legcsekélyebb rázkódás, hőmérséklet változás vagy légáramlás befolyásolja. A műszer környezetének felszíni formái is kihatással vannak a számításokra, miért is fölállás előtt több méteres körzetben a talajt elegyengetik és szintezik. Az eszközt a külső behatásoktól háromszoros burok védi. (1. kép) Ezért a szükséges mellékeszközökkel együtt az eredeti Eötvös-féle műszer nehezen szállítható, úgyhogy a megfigyelések valósággal expedíciójellegűek. Újabban sikerült a műszer súlyát lényegesen, mindössze 60 kilogrammra csökkenteni s így már könnyebben használható.

Az Eötvös-inga megfelelő sűrűségű észlelőhálózattal földolgozott területen megbecsülhetetlen szolgálatot tesz különösen a fiatalokú rétegekkel teljesen elfödött s a mélyebben fekvő rétegekbe közvetlen betekintést nem nyújtó nagy kiterjedésű síksági területeken. Nagy szerepe van a földgáz-, petróleum- és kőszénkutatásnál, ahol ezeknek az anyagoknak határozott hegyszerkezethez kötött előfordulását a mélységben mutatkozó tömegeloszlások megállapításával tisztázza. Ebben az esetben nem a keresett földgáz vagy petróleum anyagának nehézségi erő nyilvánulásai mérhetők, hanem azok a földtani szerkezeti formák, amelyekhez az említett anyagok előfordulása kötve van. A geofizikai fölvételek térképének a földtani szerkezettel egyező voltát az egbelli petróleumkutatások élénken szemléltetik. (2. és 3. kép)



2. kép. Az egbelli petróleumterület földtani rétegszelvénye.



3. kép. A háború alatt megfűrt egbelli petróleumterület földtani térképe, az Eötvös-ingával kimutatott egyenlő tömegvonzású helyek összekötő vonalaival.

Az Eötvös-inga nemcsak a külszíni vizsgálatokra alkalmas, hanem a föld alatt is. Gyakorlatban *Brillouin* 1908-ban a Simplon-alagútban használta először. Ez a földalatti mérés a bányaművelésekre nagyon előnyös lehet, mivel a bánya különböző szintjein megállapított tömeghiány vagy tömegtöbbletből fontos következtetésekre ad alkalmat. Megfelelő távolságban végzett mérésekkel ugyanis vetődések vagy egyéb zavargásokkal elvesztett telérek, széntelepek folytatása megállapítható. Az erre irányuló mérések annál biztosabb eredményeket adnak, minél nagyobb sűrűségkülönbség van a keresett anyagok (ércek, szén) és kísérő kőzeteik között.

A nehézségerőhöz hasonló gyakorlati értékűek a *földmágnességi* megfigyelések, amelyek a mágneses erőnek a rendestől eltérő lefutású helyein az általaj összetételére engednek következtetni. A különböző kőzetek ugyanis vezetőképességükben eltérők s mágneses tulajdonságukat mágneses anyagok kisebb-nagyobb mennyiségű jelenléte erősen befolyásolja. Az erősebb mágnességű helyeken a mágneses erő rendellenességét mutató görbék (isoanomáliák) sűrűbbek, ellenkező esetben ritkábban állók. A mágnességi vizsgálatokat Svédországban már régóta használják vasércek kutatásánál. Egyes, különösen mágneses vasérc (magnetit) nyomozása már a középkorban is ezen az úton történt, természetesen kezdetleges kivitelben, egyszerűen csak mágneses acélvessző segítségével. Minél mágnesesebb a keresett érc, annál nagyobb mélységben mutatható ki csekélyebb mennyiségben is. A legnagyobb mágnességet a mágnesvaskő (magnetit) mutatja, amelynél a vörös vasérc (hematit) százszor, a barnavasérc (limonit) 300-5000-szer kisebb mágnességet mutat. Mágnességi vizsgálattal a barnavasércet Németországban hetven méter mélységben kimutatták. Sikerrel alkalmazták ezt az eljárást Németországban sőtömzsök nyomozásánál is, amelyek a kísérő gipszrétegekkel együtt nem mágnesesek, míg a távolabbi agyag- és homokkőfedő kisebb-nagyobb vastartalom mellett lényegesen eltérő mágnességi görbét jelez.

Jóval alárendeltebbek a közvetlen távhatások közül bizonyos anyagok *elektromosságára* és *radioaktivitására* alapított kutatások. Az elektromosság a földre helyezett két pont közötti vezetékben mutatkozó feszültségkülönbségben nyilvánul, amelynek segítségével sok pontból végzett mérésekkel a keresett anyag helyzete megállapítható. A radioaktív hatások csak a közvetlenül felszínre bukkanó anyagoknál mérhetők. Mivel a radioaktív anyagok (uran, thorium) általában ritkák, azért ez a módszer kevésbé jöhet tekintetbe.

A gyakorlati geofizikai eljárások tulajdonképeni területe a közvetett hatásokban megnyilvánuló anyagok vizsgálatában mutatkozik. Itt ugyanis nemcsak az anyagok kutatásáról lehet szó, hanem azok helyzetéről, utólagos földtani változásokról, minőségváltozásról, a bányaművelések sokféle műszaki nehézségeinek (víz, gáz, stb.) fölismeréséről és ezzel kapcsolatos elhárításáról is. Ennek a sokféle kutatási lehetőségnek megfelelően a vizsgálati módok és eljárások is sokfélék. Ezek az eljárások lényegileg az anyagok elektromos és radioaktív viselkedésén, a rugalmasság, hővezetés és hangterjedés ismeretén alapulnak. Kivitelük mesterséges hatások előidézése és a földkéreg anyagainak ezekkel szemben tanúsított viselkedéséből folyó következtetések alapján történik.

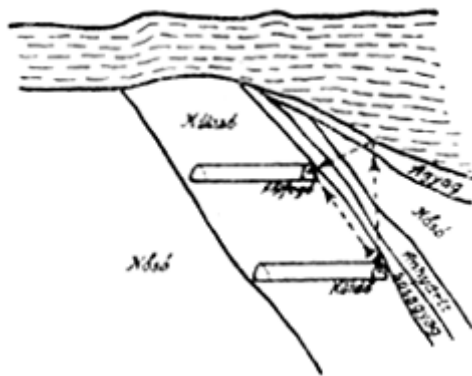
Legrégibb ezek közül az *elektromosság* fölhasználása, amelyet egyszerűbb módon az angol ércbányákban már 1830 óta gyakoroltak a telepek nyomozása céljából. Ez idő szerint ezt a leggyakrabban alkalmazott vizsgálatot elektromos áram, valamint a szikratávíró rendszerének megfelelő elektromos hullámok segítségével végzik. A kőzetek vezetőképessége a minőségen kívül függ azok nedvességétől, szerkezetétől, illetve települési módjától, rétegzett vagy tömeges voltától, egynemű vagy idegen kőzetekkel átjárt (érctelérek) kifejlődésétől. Mindezek a tényezők a kőzetek, illetve a földkéreg földtani jellegét szabják meg, miért is az elektromosság eloszlásából a földtani viszonyokra következtethetünk.

Az elektromos áram alkalmazásánál olyan speciális berendezkedésre van szükség, mely az áram haladását térbeli vezetésre alkalmassá teszi. A megfigyelés az egyenlő feszültségű helyek kijelölésével történik, amelyek a térképek magassági vonalaihoz hasonló görbéket szolgáltatnak. Az egyenlő feszültségű vonalak jól vezető anyagokban egyenletes távolságban haladnak, rossz vezetők fölött rendellenesek. Mérésük általában bizonyos távolságban elhelyezett elektródokba bocsátott váltakozó áram útján történik. Ez a munka elég gyorsan végezhető s 1 km² terület átvizsgálása ilyen módon 10 napot vesz igénybe. Az eljárás ércék kutatásán kívül különösen a bányászat mindennapos kérdéseinek megoldásánál is tekintetbe jöhet. Ezek között elsősorban a vízkérdés említhető, amely egyik legérzékenyebb kérdése a bányászatnak. Az elektromos eljárással a földrétegekben, repedésekben vagy üregek kitöltéseiben mutatkozó víz lefutása megállapítható s így sok esetben bekövetkező vízveszély előre elhárítható. Különös súllyal esik ez latba a német kálisóbányászatnál vagy általában a sóbányászatban, ahol a vízbetörés sokszor a művelés teljes megsemmisítésére vezet, mert a sötömeget kisebb-nagyobb mértékben kilúgozza, illetve föloldja. Az elektromos áram alkalmazása ebben az esetben a beszivárgó édesvíz és a sötömmel érintkező sósvíz vezetésében az utóbbiban mutatkozó kisebb ellenálláson alapszik. Megfelelő különleges vezető-készülékekkel a beszivárgó víz útját és az átitatott részek nagyságát is meg lehet állapítani.

Az elektromos áram felhasználása Svédországban érctelepek kutatásánál régóta bevált. Újabb időben *Gella* nagyon finoman kidolgozott módszerekkel Alsó-Ausztriában s nálunk is széntelepek kutatásával is foglalkozott, és az eddigi eredmények szerint biztos kilátásokat ígér.

Az elektromos áramoknál is jobb eredményeket mutat az elektromos hullámok, a technika e legújabb csodájának fölhasználása a földkéreg anyagainak vizsgálatában. *Herz* német fizikus mutatott rá arra, hogy az elektromosság éppúgy hullámokban terjed, mint a fény. Ha a fénysugár tükörfelületre vagy vízfelületre esik, akkor onnan visszaverődik s ez a jelenség eredményezi, hogy a tükör elé állított tárgy a tükör mögött olyan távolságban látszik, mint előtte áll. A vízbedugott bot a vízfelülettel érintkező részén alul megtörtnek látszik. Ezek az egyszerű tükrözési és fénytörési jelenségek észlelhetők az elektromos hullámoknál is. A drótnélküli távíró és telefontechnika ezen az elven alapszik éppúgy, mint a föld belsejének kutatása is. Az eljárás abból áll, hogy a vizsgált terület megfelelő helyén elektromos hullámokat irányítunk, küldünk a föld belsejébe s ezeket más megfelelő helyen újból fölfogjuk. Minden vezető réteg megváltoztatja, illetve eltéríti, minden nem vezető, azaz izolátor pedig változatlanul átbocsátja az elektromos hullámokat. Eegynemű rétegeken áthaladva tehát a hullámok változatlanul jutnak vissza. Minden változás az anyagban a hullámok hosszának, terjedési irányának eltérésére vezet.

Az elektromos hullámok nagyon jól fölhasználhatók a sótelepek víztelenítésénél. A sótelepek ugyanis egyáltalában nem, a bennük lévő nedvesség vagy víz azonban vezető sajátágú. A száraz sótelepbe bocsátott hullámok tehát változatlan irányban és hullámhosszal érkeznek a felfogó készülékbe vissza. Ha azonban bármilyen nedvesség van köztük, akkor a hullámok vagy egyáltalán nem, vagy megváltozott módon és alakban kerülnek vissza. A változás módja és mértéke a különböző irányban fölállított küldő és fölfogókészülékekkel megadja a vízveszélyes részek helyzetét és nagyságát is. (4. kép)



4. kép. Az elektromos kutatás kivitele sótelepekben.

Különösen eredményes a *Löwy-Leimhold*-féle eljárás fűrólyukak felhasználásával. Mintegy 200 m mélységű fúrások egyikében a kibocsátó állomás van elhelyezve, amelynek elektromos hullámai a fölvevő állomáson csak úgy észlelhetők, ha valamely akadály, vezetőréteg: érctelep vagy hasonló nincs köztük, mert az ilyenek a hullámokat visszaverik, illetve kitérítik. Ezzel a módszerrel nagyobb mélységek is átkutathatók 50 km²-es négyzetekre osztott nagyobb területeken is. Az említett szerzők szerint a magyar Alföld ilyen átkutatására mintegy 80 fúrás volna szükséges. Bányaművelések különböző helyein vizsgált anyagok rezgésképeségének és vezetőképességének összehasonlításából a környező kőzeteket is fölismerhetjük. A vezetőképesség és rezgésrendszer növekedéséből adott esetben egy sótelepen belül levő agyagréteg jelenlétét sikerült megállapítani.

Hasonló kivitelűek az újabban használatos rugalmassági vizsgálatok is, amelyek a földrengésekre vonatkozó évtizedes tanulmányok eredményein alapulnak. Ezek szerint a mozgási hullámok laza, lágy és kemény kőzetekben nagyon különböző módon terjednek. A terjedési nehézség kemény kőzetekben gyorsabb, lágyabb, illetve laza kőzetekben lassúbb. Minthogy a terjedési sebességből a mélység is kiszámítható, azért ez az eljárás bizonyos esetekben értékes eredményeket adhat a földtani szerkezetre, a vetődések, sülyedések jelenlétére vonatkozólag. A vizsgálat kivitele mesterséges rengések előidézésében (robbantás) s azoknak földrengésjelző készülékkel (seismograph) való megfigyelésével történik. A földrengéstjelzők adataiból számításokkal kell a földtani viszonyok minőségét megállapítani.

Alárendeltebb, illetve különlegesebb, kisebb területre szorítkozó vizsgálatok végezhetők a *hang terjedésével* és a *hőmérsékletváltozások* segítségével is.

A legújabb időben a geofizikai gyakorlati kutató eljárások egyik legtevékenyebb művelője, *Ambrohn* a *radioaktív* mérések fölhasználási lehetőségeire is reámutatott. A különböző kőzetek radioaktivitása nagyon különböző és a bennük található eredeti rádiumos anyagok (uránium, thorium) mennyiségétől függ. Gránit és vulkáni kőzetek nagyobb radioaktivitásúak; agyag jelenléte a hatást növeli, homok ellenben csak kevéssé aktív. Ezen az alapon a radioaktivitás hirtelen változásából *Ambrohn* érctelepeket állapított meg, valamint hasadások, vetődések jelenlétére következtetett.

A gyakorlati geofizika említett két csoportjába sorolt fontosabb eljárások vázolásával röviden reámutathatunk még azok speciális alkalmazásának néhány esetére is az egyes bányászati anyagok kutatásában. A sokféle hasznosítható anyag között leggyakrabban a vasérc, nemesfémek, kőszén, só, földgáz és petróleum keresése van napirenden.

A *vasércek* kutatása közvetlen távhatásuk jelenléte esetében, mint láttuk, mágneses mérésekkel eszközölhető, még pedig mágnességükkel egyenes arányban álló mélységek és mennyiségekig. Az erős mágnességű kőzetek, pl. *vasércek*, a mágnesűre hatnak s az így

előálló eltérések megállapítása külön erre a célra szerkesztett készülékkel történik. Ha a keresett vasérc a környező közetnél nagyobb sűrűségűek, úgy bizonyos mértékben sík vidéken Eötvös-ingával is kimutathatók. Elektromosságot vezető ércek: magnetit, hematit, pirit, elektromos váltakozó árammal sok esetben minőségileg is megállapíthatók.

Nemes fémek többnyire vasércekkel együtt fordulnak elő, úgyhogy általában ugyanazokkal az eljárásokkal vizsgálhatók.

Köszénelőfordulások kedvezően fekvő, egyenletes kiterjedésű telepeknél Eötvös-ingával is kutathatók, mivel a köszén a környező közeteknél könnyebb. Ujabban az elektromos eljárás is használható eredményeket adott.

Sótelepek mágneses mérésekkel, Eötvös-ingával és elektromos eljárásokkal egyaránt biztosan kutathatók.

Földgáz és petróleum előfordulások többnyire szerkezeti egységekhez, gyűrődött területekhez vannak kötve. Nehézségi és mágnességi mérésekkel ezek a szerkezeti egységek többé-kevésbé kimutathatók. Különös fontosságot nyer az Eötvös-inga használata sík térszínen, vastag fedőrétegösszlet fölött, ahol a földtani kutatások már betekintést nem nyújtanak. Az Eötvös-inga ilyen fölhasználási lehetőségei nálunk kezdődtek az erdélyi földgázkutatások, az egbelli petróleumkutatás, valamint az alföldi vizsgálatokban és becses eredményekre vezettek. Ezek a *Böckh Hugó* irányításával szélesben megalapozott földtani keretekben *Pekár Dezső* által végzett geofizikai vizsgálatok tették az Eötvös-ingát elsőrendű gyakorlati eszközzé. A jelenleg Csehszlovákia birtokába került nyitramegyei Egbell környékén végzett térképét, a földtani szerkezet és geofizikai fölvételek közti összefüggés szemléltetése céljából 2. és 3. képünkön közöljük. Ma már Németországban szélteben használják az Eötvös-ingát s a magyar tudósok legutóbb Indiában szereztek becsületet a magyar kutató elme úttörő munkájának.

Láttuk, hogy a hasznosítható anyagok közvetlen keresésén kívül az említett fizikai eljárások helyi jellegű földtani jelenségek nyomozására is alkalmasak. Legáltalánosabb ezek közül a víz jelenlétének kimutatása elektromos eljárással, valamint vetődések nyomozása részben Eötvös-inga segítségével és radioaktív eljárással.

E tudományos vizsgálati eszközök tárgyalásánál meg kell emlékeznünk még a »*varázsvesszőről*« is, melyet újabban egyesek hajlandók az itt vázolt eljárások közé sorolni. A varázsvessző tudvalevőleg szintén különböző földalatti anyagok előfordulását jelzi. A varázsvesszős működés, az eddigi vizsgálatok és tapasztalatok szerint, egyes egyének különleges idegállapotából folyó reflektomotorikus izommozgás, mely még eddig ismeretlen külső, fizikai ingerből származó megérzés nyomán keletkezik.¹ Az így keletkezett mozgás a kézben tartott bármilyen alakú és anyagú, legtöbbször hajlékony kétágú vesszőt különböző irányú kilengésbe hozza. Ha a földalatti anyagok egyéni megérzésének lehetőségét elismerjük is, fönnmarad még mindig a varázsvessző gyakorlati alkalmazhatóságának kérdése, amely egyelőre egyes kétségbevonhatatlan eredmények dacára jogosan vitatható. Tény az, hogy a varázsvessző nagyon széleskörű alkalmazást nyert, bár lényegének pontos ismerete, főleg a külső inger lehetőségének és milyenségének tisztázása nélkül, sohasem adhat exakt eredményeket. A varázsvesszős jelzések, a komoly tudományos indokolás és ellenőrzés nélkül, még találó voltuk esetén is csak az egyéni megbízhatóságra s ebbe helyezett hitre lehetnek alapítva. Az említett tudományos vizsgálati eljárásokkal tehát egysorba sohasem helyezhetők, bár a legújabb német gyakorlati földtani folyóiratokban a varázsvesszőről megjelent közleményeket a gyakorlati földtani irodalom rovatában rendszeresen nyilvántartják.

¹ Lásd bővebben: A varázsvessző. A kérdés mai állása. Az Ethika tudományos gyűjteménye. Budapest, 1923. című füzetemet.

Érdeemes fölemlítenünk még azt is, hogy a német »Continental-Erdöl Explorations Ges. m. b. H.« 312956 sz. védjegy alatt egy »regisztráló varázsvesszőt« szabadalmaztatott. A rendes varázsvessző-alakú, fémből készült műszer egyik szárán egy korong van elhelyezve, amelyből egy függőönnel ellátott inga függ alá. Az inga kilengései a korong beosztásain fokokban leolvashatók s az így nyert adatok a varázsvesszős rendes számítások, mélységi, mennyiségi és helyzeti következtetések céljaira szolgálnak. Ezt a különleges műszert részletesebb leírásokból vagy működési eredményeiből még nem ismerjük, azonban mindenesetre föltűnő s a varázsvesszős működés beteges elfajulását jelzi, hogy amikor a komoly vizsgálatok kétségtelenül megállapították a működésnél szereplő közvetítőnek, a vesszőnek, teljesen közömbös, sőt fölösleges voltát is, akkor ilyen pontos regisztráló műszerré fejlesztik ezt az egyébként fölösleges eszközt.

Ebben a rövid áttekintésben nem terjeszkedhetünk ki a varázsvesszős kutatás részleteire, amelynek ma már igen nagy irodalma van a legellentétebb véleményekkel. Míg régebben, különösen a geológusok, mereven elzárkóztak a varázsvesszős működés lehetőségétől, ma már mindinkább növekedik azoknak a száma, akik e sorok írójával együtt ezt a lehetőséget elismerik. A működés igazi okát azonban ma még nem ismerjük, nem tudjuk megállapítani, hogy vajjon valóban bizonyos földalatti anyagok (víz, érc, szén, só, petróleum) hatnak-e, avagy az anyagoknak a földkéregben mutatkozó eloszlása, helyzete, települése, tehát térbeli hatások nyilvánulnak-e meg a varázsvessző kilengésében. Már pedig a varázsvesszős megérzés gyakorlati értéke, a nyers anyagoknak ilyen úton való kutatása csakis ezen a kérdésen fordul meg. A legutóbbi időben ellenőrzött vagy szakemberekkel végzett kísérletek a varázsvesszős kutatások működésének inkább térbelisége mellett bizonyítanak. Vagyis a megérzés nem annyira az anyagokra, mint inkább azok helyi változásaira vonatkozik. Érdekesebb ebben a tekintetben *Ambrohn* göttingai fizikus kísérletei, amelyek a varázsvesszős kilengéseknek földtani szerkezeti vonalakkal, vetődésekkel, valamint más esetben a legerősebb rádiumos hatásokat mutató helyekkel való kétségtelen megegyezését állapították meg.

A helyzet tehát ma az, hogy a varázsvesszős megérzés lehetősége, bizonyos, a rendestől eltérő idegzetű egyének részéről fönnáll, de semmi biztos adatunk nincs arra, hogy a megérzésből bizonyos anyagok jelenléte megállapítható volna. A varázsvesszős kutatások eredményei legtöbbször vízkeresésben mutatkoznak, a víz jelenléte azonban, ennek az anyagnak gyakorisága mellett magától értetődő. Sokkal jelentősebbek azok az esetek, ahol a megjósolt anyag helyett valamely más anyagra bukkant a varázsvessző nyomán indult kutatás. Ezek az esetek ugyanis azt bizonyítják, hogy a megérzés az anyagok megkülönböztetésére nem terjed ki. Még kevésbé fogadhatjuk el a varázsvesszős kilengések alapján különböző egyéni módszerekkel, sokszor a nevetségességgel határos eljárásokkal megállapított mélységi adatokat, amelyek ezidőszert alig értékelhetők többre a tényérjósálsnál.

A varázsvessző gyakorlati alkalmazásáról komoly kutatások céljaira egyelőre még szó sem lehet. Ha a mostanában különösen Németországban megindult tudományos vizsgálatok és kísérletek a varázsvesszős működés lényegét, annak okait és a földkéreg anyagaihoz való viszonyát tisztázni tudják s így az okok megismerésével a működés ésszerű megértését lehetővé teszik, akkor szó lehet az anyagok tudatos kereséséről ezen az úton is. Egyelőre azonban ettől még messze vagyunk s a mai ismeretek mellett a varázsvesszős megérzések legtöbbször komoly alapot nem adhatnak a kutatásra. Ennek igazolására fölemlíthetjük *Waagen*-nek, a bécsi földtani intézet egyik jó nevű geológusának eseteit, aki a varázsvesszős kutatásnak aktív képviselője s jóformán kiváló földtani szakismeretének rovására, illetve annak fölhasználása nélkül kizárólag megérzések alapján dolgozik. Erre a következtetésre kell jutnunk, ha tekintetbe vesszük az Eger környékén lévő Érseki bánya r. t. szenterületén varázsvesszővel végzett vizsgálatait s az annak alapján készült térképpel ellátott szakvéleményt. Az általa megérzések alapján itt ajánlott kutatási pontok legtöbbször semmiféle földtani

észleléssel nem indokolhatók, néhány egyáltalán nem is a szénösszlet területére esik. Az egyik ilyen ajánlott ponton, a mediterrán szénteleg nagyon kis mélységű jelenlétét jelezte a jóval fiatalabb fedőrétegekkel földött területen s az ott mélyített fúrás 187 m mélységig hatolt ugyan, de természetesen szénteleg nem talált, ellenben bővizű fölszálló vízre bukkant. Hasonló eredménnyel működött *Waagen* Tirolban is, ahol az általa kijelölt szénteleg jelző helyen vaskovand nyomok voltak. Ezek az esetek megerősítik azt a föntebbi megállapításunkat, hogy a megérzés lehetősége dacára sem lehet meghatározott anyagok jelenlétét megállapítani, hanem föltéve, hogy a varázsvesszős reakció valóban összefügg a jelzéses hellyel, úgy a ható ok csak helyinek mondható, de minőségileg nem tisztázható. A varázsvessző tehát egyelőre csak a nagyközönség kritikátlanul hívó része előtt lehet képzeletet izgató kutatási eszköz, amelyet ezen a helyen csak mint természettudományos problémát említettünk a tudományos kutatás eszközei között. A gyakorlati élet kívánalmait azonban nem elégítheti ki.

A földtani vizsgálatok gyakorlati értékesítésében a fölsorolt tudományosan igazolt fizikai kutatási eljárások tág lehetőségeket jelentenek. Valósággal messze ismeretlenben rejtőző határokat nyitnak meg a közvetlen láthatókra utalt földtani megfigyelésnek. A további fejlődés útja ezen a téren a beláthatatlan messzeségbe vezet. A fizikai vizsgálatok a gyakorlati földtan megfigyeléseinek kivitelében is új utakat mutatnak, mert az egymásra utalt két vizsgálati irány folytonosan új eszmékkel termékenyíti egymást. A fizikai kutatások gyakorlati használatát némileg hátráltatja egyelőre még azok hosszadalmas, sokszor körülményes, legfőként pedig eléggé költséges volta. Amint ezek a nehézségek csökkenthetők lesznek, akkor előreláthatólag ezek a nagyjövőjű kutatási módok a gyakorlati földtan állandó kiegészítő eszközeivé lesznek. Az efféle kutatásokat a legutóbbi időkig csak szórványosan egyes szakemberek külön megbízatásban végezték. Az újabb időben azonban Németországban már három ilyen kutató részvénytársaság alakult, amely szaktudósok bevonásával az említett összes kutató eljárások kivitelével foglalkozik. Ezek közül az »Erda« Göttingenben *Ambrohn* vezetése alatt,² a »Seismos« *Mintrop* irányításával működik s időközi közleményekben beszámol a végzett kutatások módszereiről és eredményeiről.

² Időközben fölszámolt.

A szén az emberi megismerésben.

A tudományos megállapítás szerint a kőszén kizárólag vagy túlnyomólag szerves, csaknem tisztán növényi eredetű üledékből különböző földtani időszakokban keletkezett szilárd vagy néha lazább anyagú, barna vagy fekete színű égő kőzet. Ez a tömör jellemzés hosszú tudományos vizsgálatok leszűrt eredménye, amely a régebbi fölfogásokban sokáig másként hangzott, de a jövő kutatásokban csak részleteiben változhat, alapjában azonban már kiforrott tudományos igazság. Ma már a kőszén emberi sorsunkat irányító fogalommá lett, amelyhez boldogság, jólét, nyomor, munka és szenvedés, háborúk és országok megsemmisülése, államok nagyranövekedése fűződik. Ez az a hőforrás, mely a nap melegét pótolva, bőséggel árasztja áldását azokra, akik birtokában vannak, sóvárgó vágyakozást keltve azokban, akik nélkülözni kénytelenek. Önző egyéni megvilágításban másként értékeljük télen, mikor személyes testi szükségleteink gyanánt használjuk s ismét másként tekintünk rá a nap örök hőforrásából származó ingyenes nyári verőfény melegében, amikor csak gépeink és technikai berendezkedésünk éltető anyagát látjuk benne.

A kőszén ismerete az emberi történetben jóval messzebbre nyúlik vissza, mint használata és értékelése. Első fölismerése az ismeretlenség homályába vész. Joggal föltételezhetjük, hogy ezt a természetben a külszínen is elég gyakran előforduló kőzetet, illetve annak égő, égethető voltát már a tűz használatának birtokában levő ősember is ismerhette. Tüzelésre azonban nem alkalmazta, mivel nehezebben hozzáférhető s természetszerűleg ritkább, mint az emberi lakóhelyek közelében bizonyára akkoriban könnyen megszerezhető fa.

A kőszén használatáról először *Theophrastos* tesz említést Kr. e. 315-ben. Szerinte a kőszénnek (anthrakes) nevezett kövek meggyulladnak és égnak, mint a faszén s a kovácsok használják. Középkori, csaknem minden országban elterjedt általános monda szerint, a szén hegyi szellemek, hegyi manók mutatták meg az erdőben faszén égetéssel foglalkozó szegény kovácsnak. Ez a monda a belgiumi Liège 1200 körüli régi krónikaiban módosult. Itt ugyanis a szegény kovácsnak angyal adta azt a tanácsot, hogy a szomszédos Publemont nevű hegyen ásson s a szén ott csakugyan meg is találta. A kovács neve Hullos volt s az általa megtalált égő kőzetet róla nevezték el houille-nak, ami a kőszén francia neve.

A rómaiak kiváló természethistorikusa, *Plinius* leírása szerint Germánia északnyugati partvidékének népei »földdel főzték ételeiket és annak tüznél melegedtek.« Ez az égő föld az ottani tőzeg volt. Tovább nyomozva a szén művelődéstörténeti szárait, a keleti kultúra népei között Kínában bukkanunk régi adatokra. A velencei Marco Polo a 13. század végén hosszabb kínai utazásáról hazatérve leírja, hogy Kínában a szén már ősidők óta ismerik és használják. Szerinte ez a »fekete kő« a hegyekből származik, ég, mint a fa, sőt este a tűzre téve, reggelig is parázslík. Bár a lakosoknak elegendő tűzifájuk volna, mégis a szén használják, mivel ez jobb és olcsóbb. A népesség szaporodásával helyenként kipusztított erdők nyomán beállott fáinség fokozatosan hozta magával a szén kezdetleges bányászati föltárását is. A későbbi időkben francia hittérítők is kaptak engedélyt Peking körüli szénbányászásra. A ragyogó kultúrájú Egyiptomban, Föníciában és Palesztinában nincsenek széntelepek s így ezek a népek a szén nem ismerték. A fejlett kohászatot és bányászatot folytató keltákról föl kell tételeznünk, hogy a kőszén felszíni előfordulási helyein ismerték annak égő tulajdonságát. Ennek dacára azonban nem használták, mert szénbányászás nyomait nem találjuk náluk.

A legrégebbi biztosabb adatok a kőszén ismeretére a 12. századból maradtak reánk. A legrégebbi szénbányászatról a 10. században Zwickau vidékén tudunk, biztos történetét azonban ennek is csak 1348-ig lehet visszavezetni. Egy 1183-ban az angliai Boldenbookban kelt irat warmouthi és sheffieldi kovácsok által fizetett kőszénbérrel emlékezik meg. Ezek

szerint az említett régi kelta területeken már a kőszén használatban volt és művelés alatt is állott. A kőszén használatát Angliában már a 853-ban kelt »Saxon Chronicle« is említi. Az első bányászati jogosítványt azonban III. Károly csak 1239-ben adta a newcastlei szénterületre.

Belgiumban a történetírás a kőszén első fölismerését 1049-re teszi. Az említett liègei monda 1200 körüli évekre vezethető vissza. A 13. században már Hainau tartományban is megindult a széntermelés. Aachen vidékén az augusztinus apátság 1113-ban már viruló szénbányászatot folytatott. A szén ismeretére és a szénbányászatra vonatkozó följegyzések Franciaországban csak a 14. századig nyúlnak vissza. Egy 1315-ben kelt irat szerint egy Pontoisból való révész gabonaszállító hajója Newcastleból kőszénrakománnyal tért vissza. Ebben az időben azonban már St.-Étienneben bányászták a szenet. Az Auvergne szénbányái ugyanekkor már régóta művelés alatt állottak, mivel egy 1349-ben végrehajtott bírósági vizsgálat szerint ezen a vidéken már kilencven éves bányák voltak.

A németországi szénbányászat csak később fejlődött. Az említett zwickau előfordulás kétségtelenül a legrégebb bányaművelés az Aachen vidékiekkel együtt. A többi német szénterületeket azonban csak később ismerték meg. 1466-ban a szászországi Wettin szénterületének fölismerésével csak 1583-ban került művelés alá. Kitermelt szenét 1624-ben Halleban sófőzésre használták. A Drezda vidéki területeket 1540 körül ismerték föl, míg a sziléziai erdővel borított gazdag szénterületek kihasználása csak 1784-ben indult meg. A kovácsszenet ugyan 1594-ben itt is ismerték már, de az erdőségek bőven szolgáltatták a tüzelőanyagot.

Magyarország legrégebb bányaművelését 1765-ben Sopron városa nyitotta meg Brennbergben. 1780-ban egy kovács a komárommegyei Zsemle széntelepeit találta meg.

A kőszén korai megismerése dacára a bányászat megindulása után is nehezen vert gyökeret a városokban. Hosszú időn át csak a vidéki kovácsok fogyasztották, már pedig a legrégebb idők óta is csak a városokban tömörült ipari élet bekapcsolása nélkül nagyobb fogyasztásra s ezzel kapcsolatos termelésnövekedésre számítani nem lehetett. Párisban csak a 16. században indult meg némileg a szénfogyasztás, mert általánosabb elterjedésének útjában állott a fakultás szakvéleménye 1520-ból az Angliából behozott szén használatának veszélyeiről és hátrányairól. Az angol parlament hasonlóképpen ismételten állást foglalt a szén londoni használata ellen. A 14. század elején Newcastleból Londonba került első szénszállítmányokat a kovácsok és sörfőzők szívesen vették. Alig szállt föl azonban az első kőszénfüst a kéményekből, máris egész London tiltakozott e szörnyű tüzelési újítás ellen. II. Edward királyhoz fölterjesztett föliratban kéri, hogy amennyiben öfelsége üde kertek ingerében gyönyörködni óhajt, a kilátás és fehérnemű tisztaságát becsüli s hú alattvalói megfulladását nem kívánja, úgy a »kőszén« nevezetű dögleletes tüzelőanyag használatát azonnal tiltsa el. A fölterjesztés jogos és igaz volta alapján a király valóban elrendelte, hogy alattvalói tartózkodjanak ennek a »kellemetlen és egészségtelen« anyagnak használatától. A kőszénhasználat előnyeivel megismerkedett iparosok és gyárosok azonban titokban tovább is tüzeltek. Az áru füst nyomán újabb kesergő föliratok mentek a királyhoz, aki újabb rendeletben súlyos pénzbírsággal és a tüzelőhelyek lerombolásával büntette a kőszén használatát. A büntetéseket szigorúan végre is hajtották, sőt egyeseket még ki is végeztek. A kőszénellenes mozgalomban különösen előljártak a nők, akik még meghívásokat sem fogadtak el olyan házaktól, ahol ezt az anyagot használták vagy megtúrták és szénnel főzött ételekből nem ettek. Még Erzsébet királyné uralkodása alatt (1558-1603) is küldöttségben kérte a községtanács, hogy a jövőben a kőszén használatát Londonban legalább a parlamenti ülészak tartama alatt tiltsa el. Mindhiába, a lerombolt tűzhelyek megsokasodva újraépültek, a kőszénhasználat diadalmas útját megállítani többé nem lehetett. Noha belátták, hogy a kőszénfüsttől senki sem fulladhat

meg, mégis behozatala elé sok akadályt gördítettek. Csak 1830-ban szüntették meg a kőszén forgalombahozatalának középkori akadályait s ettől az időtől kezdve szabadon ontja áldásait a kőszén, amelynek tömeges fölhasználása bizonyára nem kis mértékben teszi ködössé Albion egét. A középkori Londonnak ennyiben valóban igazat kell adnunk.

A kőszén használatának lassú térhódításával fejlődött annak földtani megismerése is, amely a földtan történetével szoros kapcsolatot mutat. A középkori és az újkor elejét uraló általános fölfogás szerint a kőszén szerves eredetű megszilárdult kátrány (bitumen).³ Ebbe az általános fölfogásba azonban a lignitek nem voltak besorolhatók, mivel a legfelületesebb szemlélő is észreveheti fás szerkezetüket, amely a tőzeggel együtt sok fejtöresre adott okot. A föld rétegeiben eltemetett állatok és növények valódi jellegének fölismerése hozta meg ebben a tanácstalan találgatásban a kőszén keletkezésére és mibenlétére vonatkozó ismeretek fejlődését.

A görögöknél ismertetett kőszén első magyarozója *Agricola* (1544) volt, aki bitumennek tartotta s az aszfalttal együtt említi. Így vélekedik *Athanasius Kircher*, a tudós jezsuita is. Több-kevesebb változattal a 18. század végén ez a fölfogás uralkodik. Érdekes kortűnet gyanánt fölemlítést érdemel *Bünting* (1704), aki a kőszén nem bitumenből származtatja, hanem az Úristen által eredetileg is kőszénnek teremtett anyagot lát benne, amely a föld alatt állandóan növekedik. A 16. és 17. században a szenet földalatti növények csírájából származtatták, a 18. század végén és 19. század elején a kőszén szerves eredetének gondolata több ízben fölvetődött. Különböző szerzők a szénfajták keletkezését részben, vagy egészben ösközetek bomlásából, átváltozott vulkáni anyagokból, vagy a levegő szénsavának közvetlen megsűrűsödéséből magyarozták.

A kőszén növényi eredetére vonatkozó fölfogás többé-kevésbé bizonytalan alakban a 16. század közepére vezethető vissza. *Buffon* már egész határozottan kimondja, hogy a kőszén növényi anyagokból áll és a kőszén és lignit között csak fokozati különbség van. A kőszén keletkezésének mai fölfogásunkban megnyilvánuló menetét 1778-ban *Beroldingen* állapította meg a növényi anyagok, tőzeg, barnaszén és kőszén természetes átalakulási sorozatában.

A 19. század végén fölmerült az a fölfogás, hogy a szén főként tengeri növényekből keletkezik. Ezt a sokáig vitatott elméletet *Gümbel* mikroszkópi vizsgálatai döntötték meg, aki szerint a keletkezés helyén élt növények fokozatos szenesedési folyamata szénkeletkezésre vezet.

Azóta ez a fölfogás mindinkább tért hódított s ha imitt-amott még találkozunk elvétve a szerves származás fölemlítésével is, mégis a kőszénképződés megismerése a növényi eredet biztosan fölismert alapján halad tovább. A keletkezésre vonatkozó vizsgálatok föladatai az átalakulás módja, a keletkezés helye és föltételei voltak, amelyek napjainkig főbb vonásaikban az összehasonlító földtani és biológiai kutatásokkal tisztázódtak. A sok előtanulmányt *Potonié* összesítette, akinek mindenre kiterjedő kritikai vizsgálatai a kőszénképződés helyei gyanánt a láp- és tőzegterületeket, az átalakulás módjául a lassú szerves bomlást állapították meg.

A kőszén növényi eredetének fölismerésétől kezdve a keletkezés kérdésének földtani vizsgálatában közelfekvő volt az a gondolat, hogy az élő növények vegyi összetételétől keressük az utat a kőszén vegyi alkataig. A kőszénkeletkezés kérdésének megoldása óriási haladást tett, mióta *Potonié* a földtanban használatos aktualizmus elve alapján, azaz az előttünk ma is végbemenő folyamatokból kiindulva, vizsgálta a kőszénképződés föltételeit. A manapság is keletkező égő szerves közet a mocsarakban és lápokban fölhalmozódó tőzeg. Az

³ Bitumen alatt a régiak petróleumot és aszfaltot értettek. Ebben az értelemben a fentebbiekben megsűrűsödött s megszilárdult petróleumra kell gondolnunk.

itt végbemenő szerves korhadás, bomlás, tözegesedés, vagy rothadás különböző föltételeiben látja Potonié a kőszénképződés lehetőségeit. Ez a folyamat lassú égésnek felel meg. A növényi anyagok levegő és nedvesség behatása alatt maradék nélkül *elkorhadnak*; kevesebb levegő hozzájárulása nagyobb nedvesség mellett *bomlásra* vezet, amelynek víz alatt folytatódó folyamata *tözegesedést* eredményez. Ugyanez a folyamat megy végbe az elhalt mikroszkopikus vízi szervezetek iszappal keveredő maradványain is, amelyet azonban anyagának eltérő volta miatt *rothadásnak* s a létrejövő anyagot rothadó iszapnak, vagy műszóval *sapropel*-nek mondjuk. Mindezeket a folyamatokat a faszénkészítés közben végbemenő *megszenesedéssel* szemben *elszenesedésnek* nevezzük. Lényegileg az elszenesedés is a megszenesedéshez hasonló körülmények között történik. A szénégetőhalmokba összehordott faanyag megszenesítése kevés levegő hozzájárulásával történik, míg az elszenesedés is iszap vagy víz alatt megy végbe a bomló-tözegesedő növényi anyagokban. Az elszenesedés ilyenformán alacsony hőmérsékletű *száraz lepárlási folyamat*, melynél a rendes lepárlás magas hőmérsékletét az időtartam pótolja. Ennél az erjedési folyamatnál a növényi anyagok főalkatrészei: a szén (C), hidrogén (H) és oxigén (O) részben szénsavvá (CO₂), részben vízzé (H₂O) és mocsárgázzá (CH₄) egyesülnek. Ez utóbbiak állandóan kiszabadulva, a folyamat folytatódása mellett a kisebb mértékben fölhasznált szénanyag fokozatos fölhalmozódására vezetnek.

Az így végbemenő elszenesedési folyamat tekintetbe vételével a különböző szénfélések vegyi összetétele alapján szükségszerűleg adódik az a sorozat, melyet Beroldingen már 1778-ban fölállított s amely *tözeg-, lignit-, barnaszén-, kőszén-, antracit-, grafit* tagokat magában foglalva, Potonié szerint, a kőszénképződés földtani fokozatait képviseli.

A növényi anyagokban végbemenő vegyi folyamatok és jelenségek tehát az oxigén és víz jelenlététől függnék. Az így létrejövő különböző bonyolult folyamatokat és végső termékeiket Potonié nyomán az alábbi módon csoportosíthatjuk:

	Folyamat (megjelölése*)	Oxigén	Víz	A jelenség neme	Keletkező közetek		
		viselkedése			jelenben	földt. multban	
Főleg szárazföldi és mocsári növények	Korhadás	kellő mennyi- ségben jelen van	Nedvesség jelenléte mellett	Tökéletes oxidáció	Széntartalmú égő termékek nélkül		
	Bomlás	Kevés oxigén jelen- létével		Szenese- dés(elsze- nesedés, megszene- sülés vagy szénülés)	Fölhalmo- zódó elemi szénben gazdag szil- lárd, szén- hidrogének	Alom Humusz Tőzeg	Barnaszén és kőszén
	Tőzege- sedés	előbb oxigén jelenléte majd hiánya mellett					
Kizárólag vízi szerveze- teknél	Rothadás	oxigén hiánya mellett	álló vizekben	Bitumene- sedés	Elemi szénben viszonylag szegényebb, hidrogéndús szilárd szén- hidrogének	Fénytelen szén, gyertya- szén, leveles szén(dysodil) gagát. Részben petróleum	

*) Természetes, hogy e négyféle folyamat nincs élesen elhatárolva s a fölhalmozódó anyagokban egyik vagy másiknak túlsúlya mellett a többi is észlelhető. Ez is nagyban hozzájárul a keletkező anyagok fölbontásához.

*) Természetes, hogy e négyféle folyamat nincs élesen elhatárolva s a fölhalmozódó anyagokban egyik vagy másiknak túlsúlya mellett a többi is észlelhető. Ez is nagyban hozzájárul a keletkező anyagok különbözőségéhez.

Az elszenesedés fokozatait képviselő sorozat kísérleti alapon is igazolva van. Ez a sorozat a szénképződés kérdésének földtani részét nagy általánosságban tisztázta. Bizonyos mértékig vitás még az a kérdés, vajjon az említett sorozat egyes tagjai valóságos fokozatot képviselnek-e s az idők folyamán az alacsonyabbrendű tagokból magasabbrendűek lehetnek-e? A növényi anyagok tözegesedése szemünk előtt is folyamatban van, tehát a kérdésnek ez a része kétségtelenül igenlő lehet. A földtani tények szintén igazolják az egyes tagok fokozatjellegét,

mert a régibb földtani korokból kőszén és anthracit, a fiatalabb időkben pedig általában csak barnaszén és lignit maradtak reánk. Vegyi összetétel alapján azonban egyesek, különösen *Donath* a kiváló szénvegyész, kétségbe vonja a barnaszén anthracittá alakulásának lehetőségét. Felfogását mindenekelőtt a különböző földtani korok eltérő növényvilágával s az ebből keletkezett széntelepek vegyi alkatának különböző voltával indokolja. Különösen hangsúlyozza a barnaszénben mindig jelenlevő lignin hiányát vagy csekély mennyiségét a kőszének anyagában.

Donath álláspontját geológusok közül *Walther* tette magáévá, aki a kőszénkeletkezés folyamatában lényeges különbséget lát az idősebb kőszének és a földtanilag fiatalabb barnaszének között. Szerinte az előbbieket túlnyomólag vízinövények anyagából, tengerparti tájakon, az utóbbiak szárazföldön, főként fás növényekből keletkeztek. Ezért a tőzeg-kőszén genetikai sorozatot beigazoltak nem tartja s a barnaszén szerinte anyagban és keletkezési folyamatban a kőszéntől annyira eltérő, hogy abból soha kőszén nem keletkezhet.

A *Donath-Walther* által megjelölt különbségek csak látszólagosak, mert nem valószínű, hogy a kőszénkorszak növényzetének fás anyagából a lignin eredetileg hiányzott volna. Sokkal valószínűbb, hogy az elszenesedés folyamata alatt megsemmisült. Némely különbséget mutatnak a barnaszén anyagában résztvevő gyantás növények, amelyek a kőszén flórájából hiányoztak. Mivel a gyanták az elszenesedés folyamata alatt igen nehezen bomlanak, többé-kevésbé változatlanul főlhalmozódnak, azért a barnaszénnek idők folyamán kőszénné változása esetén bizonyos mértékben eltérő vegyi összetételre vezethetnek. Ez azonban nem zárja ki a barnaszén kőszénné alakulásának lehetőségét, annál kevésbé, mert az elszenesedés alatt a növényi anyagok eredeti vegyi alkata teljesen megsemmisül és új vegyi összetételre vezet.

A legújabb időkben *Gothan* és *R. Potonié* vizsgálatai különben is kimutatták a *Donath-Walther*-féle fölfogás helytelen voltát, amennyiben szenesedett karbon növényekben cellulózreakciókkal a faanyag jelenlétét megállapították. A grafit és a kőszén összetételében régebben kimutatott különbségek a legújabb vizsgálatok szerint szintén nem állanak meg. A közelmúltban ugyanis *Winter* az Onega-tó partján előforduló schungitban az anthracit és grafit természetes összekötő tagját ismerte föl, amely vegyi összetételben, kokszolhatóságban, fajsúlyban s egész külsejében kontaktmetamorf hatásokra elváltozott anthracitnak felel meg. Ezek szerint tehát semmi okunk sem lehet a fa, tőzeg, anthracit, grafit földtani sorozat helyességének kétségbevonására.

Míg a növényi anyagok különbözősége lényegesen nem befolyásolja az elszenesedés folyamatának eredményét, a szénképződést, addig a főntebb megkülönböztetett rothadó iszap (sapropel) elszenesedése bizonyos mértékű különbségekre vezet. A rothadó iszap ugyanis nagy protein és zsírtartalmánál fogva nemcsak a szénanyagot, hanem a hidrogént is lekötve tartja, úgyhogy hidrogénben gazdag bitumenes szén keletkezik. Ez a *bitumenesedési* folyamatnál keletkezett szén vegyileg közelebb áll azonban a rendes elszenesedési folyamat szeneihez, mint a rothadó iszap anyagának vegyi összetétele a növényi anyagokéhoz. A szénképződés bonyolult vegyi folyamat, melynek tisztázása a szén vegyi sajátosságainak megismerésétől függ. Mint minden egyéb földtani jelenségnél, úgy itt is az *egykori folyamatok végső terméke áll előttünk*, amelyből földtani vizsgálataink céljának megfelelőleg az egykori jelenségekre, azok lefolyására, helyére, körülményeire és okára kell következtetnünk. Ez már tisztára földtani föladat, amely ezúttal a vegyi vizsgálatok eredményeire épít s a kőszének vegyi összetételéből kutatja azokat a föltételeket, melyek mellett az egykori növényi anyagoknak bomlása és elszenesedése bekövetkezhetett.

Ha a szén növényi anyagok bomlása gyanánt ismertük meg, akkor a reánk nézve annyira fontos széntelepeket bomló növényi anyagok főlhalmozódása gyanánt kell tekintenünk. Ilyen

fölhalmozódások csak mocsaras-lápos területek növényzetéből *helytálló módon* (autochton) vagy pedig idegen helyre *összehordott* (allochton) módon keletkezhetnek. Ennek alapján általában megkülönböztetünk autochton és allochton széntelepeket. Az előbbiek lehetnek szárazföldiek és víziek, az utóbbiak szél vagy víziúton egybehordva mindenütt várhatók. A széntelepek helyben keletkezett vagy összehordott jellegének tisztázása első teendője a földtani vizsgálatnak. Az autochton telepek mai példáját a lápok tőzegei adják. Biztos ismertető jelei a széntelep alatt fekvő rétegekben mutatkozó gyökérrészletek s a széntelepben álló helyzetben megmaradt kövesedett fatörzsek, melyek nem tartoznak a ritkaságok közé. Jól megtartott finomabb növényi részek, levéllenymatok, valamint a széntelepek egyenletes nagy kiterjedése is az autochtoniára jellemzők. Ezzel szemben az allochton telepek kisebb terjedelműek, egyenlőtlen vastagságúak és minőségűek s a közelükben található növényi részek rossz megtartású töredékek, melyek a szállítottság nyomait viselik. Az idegen helyen történő elszenesedés elsődleges, ha az egykori növényi részek összehordásáról van szó, vagy másodlagos, ha már meglevő tőzegekből vagy láprészekből, tehát már az elszenesedés folyamatában lévő anyagokból kiszakított részekkel állunk szemben.

A széntelepek keletkezési módjának megítélésében nagy szerepe van a kísérő kőzeteknek is, amennyiben ezek keletkezési körülményei biztosan utalnak a széntelepek keletkezési módjára is. A tengerekhez közelfekvő egykori mocsarak *paralikus*, a távolabb esőket *limnikus* néven különböztetjük meg. Az előbbieknél a széntelepeket kísérő kőzetek tengeri üledékek, az utóbbiaknál édesvíziek. Az édesvízi széntelepek általában kisebb terjedelműek és vastagságra, kifejlődésre nagyon változók.

Bár az egykori növényi anyagok elszenesedési folyamata ismeretes előttünk, még kevésbé ismerjük azokat a tényezőket, melyek a kőszéné formálódásban résztvesznek. Mindenekelőtt láttuk, hogy a szerves bomlás kevés levegő jelenlétében történik. Ennek a bomlásnak megindításában és lefolyásában valószínűleg nagy szerepük van az erjesztő baktériumoknak is, melyeket ma még eléggé nem ismerünk. Nem lehetetlen, hogy a bomlás lefolyása és tartama e baktériumok különböző működése szerint alakul, ami bizonyos mértékben az elszenesedés további folyamatát is befolyásolhatja. Az elszenesedés további tényezői között kiemelő a hőmérséklet és a klíma. Trópusi tájakon az elmocsarasodás száraz időszak alatt a növényi anyagok elkorhadására vezet, ezért egyenletes meleg és nedvesség előfeltételei az elszenesedésnek. Nincs módunkban még eléggé vizsgálni azt a hatást, melyet a bomló-tőzegesedő anyagok által termelt saját hő okoz. Ez a belső hő a fölhalmozódott anyagok vastagságával és bomlásával egyenes arányban bizonyára befolyásolja az elszenesedést s hatása különösen azokban a különbségekben nyilvánulhat, melyek ugyanazon széntelep minőségében különböző helyeken észlelhetők. A hőhatás különben a száraz lepárlásnak minősített szenesedési folyamatot gyorsítja. Ezt igazolják a vulkánkitörésekkel érintkezésbe jutott széntelepek, amelyek az érintkezésnél jobbminőségű szenet adnak, amennyiben a kőszén anthracittá, a barnaszén kőszéné alakult. Kitérünk, hogy a jelentősebb szénképződés területei hegyszerkezeti tényezőkkel: gyűrődések, tengerelönyomulások, sülyedésekkel stb. kapcsolatosak. A szén-területek utólagos hegymozgásaival, gyűrődésekkel és vetődésekkel kapcsolatban mutatkozó nyomás gyorsítja az elszenesedést s javítja a szénminőséget. Ezt igazolják a svájci fiatal barnaszének, melyek hegynyomás behatása alatt kőszéné alakultak, vagy az észak-amerikai Sziklás Hegység gyűrődési övébe eső barnaszénterületek, amelyek erősebb elszenesedést mutatnak, mint a távolabb esők. Ezzel szemben a moszkvai szénterület karbon időbeli széntelepei csaknem zavartalan vízszintes helyzetben csak barnaszén jellegűek.

Az elszenesedés száraz lepárlásnak megfelelő folyamatánál a magas hőfokot pótló hosszú idő, a földtani kor egymagában még nem elegendő, mert a kőszénképződést még egyéb tényezők is befolyásolják, siettetik, vagy hátráltatják. Míg a hegyképző erők hatásait általánosságban

már ismerjük, még további részletvizsgálatot igényel annak a megállapítása, hogy az egyes telepeken belül mutatkozó minőségi eltérések nem vezethetők-e hasonló okokra vissza.

Nagy szerepet kell tulajdonítanunk a szénképződés folyamatában a fedőkőzeteknek, melyeknek minősége és vastagsága az elszenesedést lényegesen befolyásolhatta. Ezt bizonyítják azok a különbségek, melyek a széntelepek minőségében fekvő- és fedőrészek között mutatkoznak. Kőszeneknél ezek a különbségek abban nyilvánulnak, hogy a telepek alsó részének széntartalma nagyobb, mint a felső részben, ellenben gáztartalma kisebb. Barnaszéntelepeknél is a telepek felső része általában jobb minőségű. Ezek a jelenségek a fedőkőzetekkel borított telepek elszenesedésével függenek össze, amennyiben a telep alsó részéből kiszabaduló gázok a felső részben a fedőkőzet miatt némileg összegyűltek, a telepre gyakorolt nyomás viszont az alsóbb részben érvényesült jobban s az elszenesedést előnyösen befolyásolta. A szenesedési folyamatra, tehát a szén minőségére nem közömbös az sem, hogy a fedőkőzet egyik helyen homok, másutt agyag. Bizonyos vastagságig ugyanis a homok kevésbé légmentesen zárja el a szénréteget s elvezeti a fölszabaduló gázokat, míg az agyag légmentesen szigetel s nem vezeti el, legföljebb csak átveszi a gázokat, amelyek újabb vegyületek keletkezésére vezetnek.

Ezért van az, hogy a széntelepet fedő agyagrétegekben nemcsak utólagos ásványos kiválások, piritet, gipszet találunk, hanem az agyag részben szerves anyagokkal, bitumennel is át van itatva. A fedőkőzet vastagsága is szükségszerűleg hatással van a szénképződésre, mert súlyánál fogva nyomást gyakorol, amely mint láttuk, gyorsítja a folyamatot. Mivel ma már tudjuk, hogy a fedőrétegek kifejlődése minden egyéb üledék közettéformálódását is befolyásolja, tehát számításba veendő tényező, annál inkább tekintettel kell lennünk a széntelepek keletkezésének vizsgálatában erre a tényre, mivel a szenesedés önmagában végbemenő belső közettéformálódási folyamat, melyet a külső tényezők, köztük a fedőrétegek előnyösen, vagy hátrányosan irányítanak. A fiatalabb barnaszéntelepek sokszor érthetetlennek tetsző minőségi változásainak egyik oka a fedőrétegek kifejlődésének gondos vizsgálatával sok tekintetben tisztázható.

Érdekesnek tartjuk még a kőszénre vált egykori tőzegtelepek vastagságára vonatkozó megfigyeléseken alapuló számításokat. Ezek szerint átlag 3 méter vastagságú, száraz tömött tőzegtelep szolgáltatott 1 méter vastag pittsburgi kőszent a nyomás tekintetbevétele nélkül. Ugyanilyen vastagságú barnaszén 2.5 méter vastag tőzegtelepet igényel, ami azt bizonyítja, hogy az ülepedési folyamat a tőzeg és barnaszén között jóval nagyobb, mint annak folytatása gyanánt a barnaszén és kőszén között. Ez a fizikai sajátosság nem áll arányban a szenesedési folyamat során beálló szénanyag (C) fölhalmozódással, amennyiben a tőzeg és barnaszén széntartalma között levő különbség csaknem egyenlő a barnaszén és kőszén széntartalma között mutatkozó különbséggel. Ebből azt következtethetjük, hogy a szenesedési folyamat kezdeti fokán beálló fizikai változások lényegesen nagyobbak a később végbemenő változásoknál.

Ezek a számítások átvezetnek a szénképződés időtartamának jóval ingatagabb alapokon álló kiszámításához. Tudományos szempontból ezek ma még komolyan nem vehetők, mivel a földünkön működő erők létrehozta termékek vastagsága annyi helyi körülménytől függ, hogy semminemű általánosítást meg nem enged. Kiindulásul itt is a tőzegkeletkezés ideje szolgál. *Ashley* számítása szerint *kedvező körülmények* között 30 cm tőzegréteg keletkezéséhez legalább 10 esztendő szükséges. Minthogy a folyton növekedő tőzegréteg alsó része mechanikai és anyagi változásokon megy át, azért 300 év alatt nem 9 m, hanem annál jóval vékonyabb tőzegtelep keletkezik. Mindezeket a veszteségeket tekintetbe véve, *Ashley* 30 cm vastag tömött tőzeg keletkezési idejét 100 évre teszi. Az elszenesedés folyamata alatt további

kétharmad térfogatcsökkenés mutatkozik, úgyhogy 30 cm kőszén ezen az alapon 300 év alatt keletkezhetik.

Láttuk azonban, hogy a kőszéné formálódás folyamatát mennyi tényező befolyásolja. Az ilyen számításoknak tehát csak akkor lehetne létjogosultságuk, ha valamely széntelepre nézve a tényezők mindegyikének hatásait pontosan megállapíthatnánk és tekintetbe vehetnénk. Azonban még így is csak egyetlen helyi értékű adatot nyernénk, amely általánosításra egyáltalán nem jogosíthat.

A szenek anyagáról és tulajdonságairól.

A szenek gyűjtőneve alá sorolt szerves eredetű égő kőzeteket már a legrégebbi időkben is megkülönböztették. A középkori fölfogás csaknem mindig külön emlékezik meg a kőszénről, *carbones lapidei* vagy *lithanthrakes* néven, a fás szövetű barnaszénről, lignitről, vagy a tőzegről. A legújabb időkig mindinkább fejlődő vegyi vizsgálatok ezeket a megkülönböztetéseket teljes mértékben igazolták. A szenek anyagában résztvevő elemekkel, alkatrészekkel tisztában vagyunk, vegyi szerkezetük azonban nincs még teljesen megvilágítva.

A különböző szenek fajsúlya minőség szerint 0.8-1.6 között változik. Legkisebb fajsúlya van a fásjellegű barnaszéneknek (lignit), legnagyobb az anthracitnak. A fajsúlyt erősen befolyásolják a tisztátalanító ásványos anyagok (hamu). A szén fajsúlya általában annál kisebb, minél kevesebb szénanyag (*C*) van benne.

A szén *színe*, barnától a feketéig, szintén minőség szerint változik. Ez a szín *Donath* szerint nem az elemi széntől, hanem annak hidrogén és oxigén kapcsolataitól származik. A barnaszének színe a humuszsavaktól ered. Általában úgy a fekete, mint a barnaszén nagyon sok árnyalatot mutat s minél nagyobb a széntartalom, annál sötétebb a szén színe is. Különösen vonatkozik ez a szenek *karcára*, amely fekete vagy barna. Az elemi szénben szegény paleozoos szenek (sapropel) karca éppoly barna, mint a jóval fiatalabb barnaszéneké. Ritkábban észlelhető acélkék szín az anthracitnál. *Fényük* szintén sokféle: az anthracit fémfénye mellett, selymes zsírfényű, fénylő és egész fénytelen szenek vannak. Törésük földes, egyenetlen, rostos, leveles, kagylós, sokszor szögletes.

Érdekes viselkedést tanúsítanak a szenek fény- és hőhatásokkal szemben. Röntgen-sugarakkal végzett kísérletek szerint a szénben levő ásványos anyagok (pirit) jól láthatók, tehát a szén az X-sugarakat átbocsátja. Még feltűnőbb, hogy sötét kamrában 50°C hőfok mellett a szén határozott képet ad az érzékeny lemezen. Hővezető képessége nagyon csekély.

A szenek növényi származását jól föltüntetik a vegyi elemzések. Ezek szerint a szenek összetételében főként az elemi szén (*C*), oxigén (*O*) és hidrogén (*H*) vesznek részt. Ezeken kívül csaknem minden szénben találunk kén (*S*) és nitrogént (*N*). Ezek az alkatrészek szerves eredetűek s eredetileg a növények anyagának elemeit alkották. Ezeken kívül azonban minden esetben találunk még a szenekben vizet (H_2O) és el nem égő ásványos anyagokat, a hamut.

Az elemi szén, oxigén és hidrogén változó mennyiségben és viszonyban van a különböző szenekben aszerint, amint a szenesedési folyamat előrehaladottabb fokát képviselik, vagy sem. A jobb minőségű, földtanilag idősebb szenekben az elemi szén nagyobb mennyiségben van meg, mint a gyöngébb minőségűekben. Ezeknek a főbb alkatrészeknek alábbi összeállításban közölt mennyisége a különböző szenekben a fokozatos átalakulási folyamatot igazoló módon egyik kiinduló bizonyítéka a szénkeletkezés tőzegelméletének.

					100 rész C-re átszámítva				Hidrogén és oxigén súlyviszonya
	C	H	O	N	C	H	O	N	
Fa	49.65	6.23	43.20	0.92	100	12.5	87.0	1.8	1:7.2
Tőzeg	55.44	6.28	35.56	1.72	100	11.3	64.1	3.1	1:5.3
Barnaszén	72.95	5.24	20.50	1.31	100	7.2	28.1	1.8	1:4.8
Kőszén	82.24	5.55	8.69	1.52	100	6.6	10.3	1.8	1:2.4
Antracit	93.50	2.81	2.72	0.97	100	3.0	2.9	1.3	1:1
Sungit	99.12	0.44	-	0.44	100	0.4	-	0.4	-
Grafit	100-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ezekből a közép számokban kifejezett adatokból látjuk, hogy a szénülési folyamattal járó átalakulása hidrogén és oxigén kevesbedésével jár. A hidrogén elemi szénnel egyesülve, mocsárgázzá (methán, CH_4), oxigénnel egyesülve vízzé (H_2O) alakul. Az oxigén ezenkívül nagyobb mennyiségben távozik széndioxid (CO_2) alakjában is. A nitrogéntartalom alig csökken s a kőszénben bizonyos mértékig nagyobb mennyiségben van, mint a barnaszénben. Származását eddig jórészt állati eredetre vezették vissza. A legújabb angol vizsgálatok szerint azonban a növények sejtjeinek fehérje anyagában elegendő nitrogénmennyiséget mutattak ki, úgyhogy a szenek nitrogénje állati anyagok jelenléte nélkül is magyarázható.

A szenek kéntartalma aránylag csekély, azonban mindig hátrányosan befolyásolja a szén értékét. Leggyakrabban szulfidok, főként vaskovand (pirit) alakjában van jelen, azonban ezenkívül szerves kapcsolatban vagy szulfát (pl. gipsz) gyanánt, nagy ritkán egyes barnaszénekben termés kén alakjában is mutatkozik. A pirit gyakran szabad szemmel nem látható finom szemcsékben, néha repedéseket bevonó vékony kéreg gyanánt, sokszor kristályokban vagy kisebb-nagyobb konkréciókban észlelhető. *Petraschek* megállapítása szerint azok a széntelegek, melyek közvetlenül mészkőre települnek, vagy közelükben mészkő van, nagy kéntartalommal tűnnek ki. Ez a megfigyelés a hazai szenekre is jól vonatkoztatható.

A szenek tökéletes elégéséből visszamaradt anyag a hamu, az egykori növényi anyagok hamutartalmából és a szénképződés közben hozzákeveredett ásványos anyagokból áll. Mennél több a folyóvizek, szél útján vagy utólagos kioldódásból származó ásványos anyag, annál nagyobb a szenek hamutartalma. A legtisztább kőszén 2-3% hamuanyagot tartalmaz. A hamu mennyisége és vegyi összetétele is nagyon változó. Néha ugyanazon szénteleg anyagában is változik, ami részben a növényi anyagok hamujának változásával, részben a különböző helyeken belejutott ásványos anyagok más-más mennyiségével függ össze. A hamu összetételében csaknem mindig megtaláljuk a legnagyobb mennyiségben vesz részt a kavasav, agyag, vasoxid, mész, magnesia, kénsav és foszforsav. Ezenkívül még előfordulnak benne különböző alkáliák, fémek, néha ritka anyagok is. Így az egyik argentinai barnaszénben vanadin 38.22%-ban, a lüttichi kőszén hamujában csekély mennyiségű molybdán. Érdekes az amerikai Wyomingban, Cambriában előforduló aranytartalmú barnaszén, amely tonnánként 0-2 font sterling értékű aranyat tartalmaz. A tisztább szénben kevesebb, a palásabb, hamuban dúsabb szénben több az arany, amelynek származása még nincs teljesen tisztázva. Valószínűleg aranytartalmú piritből származik, vagy még inkább a szénteleg keletkezésekor bemosott másodlagos aranypor. A szén fölött levő homokkő ugyanis aranytartalmú. Másodlagos beszivárgással magyarázzák a budweisi anthracit arany és ezüst tartalmát is.

A szenek hamutartalma hátrányosan befolyásolja a tüzelést, mivel a hamu alkotórészei néha összeolvadnak s főként vasszilikátból álló salakot adnak, amely a tüzelőfelületet bevonja, a légjáratot elzárja s tökéletlen elégést okoz.

Minden szén több-kevesebb nedvességet, vizet (H_2O) tartalmaz, amelynek egy része vegyileg kötött alakban van benne, másik része a légkörből származó úgynevezett bányanedvesség. Az utóbbi frissen termelt szénben 40-60%, tőzegben sokszor 90% is lehet. A kötött vízmennyiség megállapítása céljából ezt a nedvességet el kell távolítani, ami szabad levegőn, szárítás útján történik. A kiszáritott szén erősen higroszkópos, azaz nedves levegőn rövid idő alatt elveszített összes vízmennyiségét újból magába szívja. Ez a fölszívás a szén szövetétől és anyagától függ. Barnaszénél 18-25% lehet, fásszövetű szénnél 10-13%, kőszénél és anthracitnál jóval kisebb. A kötött víztartalom kőszénknél 2-8%, barnaszénél 10-20% is lehet. Általában nagyobb, oxigén és hidrogéntartalmú szenekben nagyobb, úgyhogy, mint fentebbi táblázatainkból kitűnik, a szenesedési folyamat kezdetlegesebb fokán álló szeneknél nagyobb, az előrehaladottabb fokot mutató kőszénél kisebb.

Az illó alkatrészeken kívül a szenekben különböző gázok is vannak, amelyeket levegőtől mentes vízben való hevítés útján szokás meghatározni. A gyakorlati életben legfontosabb ezek közül a metán és a szénsav, amelyeknek jelenléte a bányászatra sok veszélyt okoz. E két gáz előfordulása fordított viszonyt mutat. Nagyobb mennyiségű metán jelenléte csekély szénsavat, a szénsav túlsúlya viszont a metán háttérbe szorulását jelenti. A gázok jelenléte és mennyisége nem a szén vegyi összetételével kapcsolatos, hanem inkább annak szövetétől, a nyomástól, hőmérséklettől, pirittartalomtól függ. Nagy nyomásnál nem túlságosan tömött szénben nagymennyiségű gáz gyűlhet föl, amely a fejtésben hirtelen gázkitöréseket okoz.

Dacára annak, hogy az egyes elemzésekben a szenek összetételében résztvevő alkatrészeket pontos részletességgel kitudjuk mutatni, a tulajdonképeni vegyi alkotásuk még távolról sem ismeretes előttünk. A legutóbbi időben *Fischer*, a mühlheimi szénkutató intézet (Institut für Kohlenforschung) világhírű vezetője, három kérdésben jelölte ki az idevágó kutatások teendőit. Az első a szenes őanyagok fölhalmozódásának megismerésével tisztázva van. A másik, az őanyagokból való származás, illetve átalakulás folyamata csak a szénülés menetének alapelveiben, főként csak a földtani egymásrakövetkezés genetikus rendjében ismeretes s egyes szakemberek ezt ma is vitatják. A harmadik, a szenek jelenlegi állapotának vegyi összetétele, illetve az egyes alkatrészek molekuláris kapcsolódása legkevésbé ismeretes. Ma már ugyanis régen meghaladott álláspont az a régebbi, bár még laikus körökben ma is uralkodó fölfogás, hogy a szén az elemi szénanyaggal (C) többé-kevésbé azonos. Valójában a szén a szénelemnek olyan egyéb elemekkel való kapcsolódásából áll, amelyek szénben gazdag százalékos arányú vegyületekké egyesülnek. Ezt bizonyítja az a tény, hogy a sokféle kivonatolási eljárás egyikével sem sikerült még olyan végső maradékot találni, amely kizárólag tiszta szénelemből állana.

Donath és *Fischer* beható vizsgálataiból megállapítható, hogy a szenek különböző szén-hidrogének és azok kölcsönös kapcsolódásainak keveredéséből állanak. Ezek a vegyi összetételek föltétlenül bizonyos kapcsolatban vannak annak az ősanyagnak vegyi alkatával, amelyből a szenek keletkeztek. Ezidőszert azonban még a növényi anyagok vegyi alkatát sem ismerjük eléggé, érthető tehát, hogy az azokból kiindult vegyi átalakulások végső terméke a szén, annál kevésbé lehet ismeretes előttünk. A legutóbbi időkgig az összes idevágó vegyi vizsgálatok abból a föltevésből indultak ki, hogy a szenek a fölhalmozódott növényi anyagok cellulozéjából keletkeztek. Újabban *Fischer* és munkatársainak kísérletei azt bizonyítják, hogy a szénülési folyamat alatt a celluloze baktériumok behatása alatt már kezdetben elváltozik, eltűnik s metán, szénsav és víz, valamint bizonyos szerves savak (ecetsav, hangyasav, tejsav) alakjában a talajvízbe kerülve, a szomszédos kőzeteket elbontja. A tözege-sedés előrehaladásával a mindinkább csökkenő cellulozemennyiséggel szemben túlsúlyra jutó lignin szolgáltatja megfelelő bonyolult vegyi átalakulások után a barnaszén és kőszén anyagát. *Donath* szerint a kőszén anyagában a faanyag (lignin) egészen hiányzott vagy csak igen alárendelt mértékben lehetett, míg a barnaszén túlnyomólag ebből származik. Ez az anyagkülönbség szerinte kizárja a barnaszén és kőszén genetikus kapcsolatát. Ezt a fölfogást földtani alapon *Walther* is megokolta. A közelmúltban azonban *R. Potonié* gondos részlet-vizsgálatokkal kimutatta a karbon növények szenesedett anyagában egyrészt a cellulozét, másrészt a lignin, illetve azok bomlási termékeinek jelenlétét s reámutatva a karbon és harmadidőszaki szenek növényi anyagainak vegyileg azonos voltára, igazolta a tözeg-anthracit genetikus sorozat jogosultságát. A legújabb időben már nemcsak vegyi reakció útján, hanem mikroszkópiailag jól fölismerhető rostokban is fölismerték egyes németországi barnaszénekben a cellulozét s ezzel a *Fischer*-féle lignin-keletkezés kizárólagos jellege is megdőlt.

Általánosságban azonos százalékos összetételt mutató szenek hasonló sajátosságúak is. Ennek dacára azonban sok esetben az elemi alkatrészek egyenlő mennyisége és viszonya mellett igen

különböző értékű és fizikai jellegű szenek ismeretesek. Ez a tény világosan mutatja, hogy nem annyira az elemi alkatrészek, mint inkább azok vegyi kapcsolatainak módja adja meg a szenek tulajdonképpeni jellegét és értékét. Éppen ezért a legújabb vizsgálatok az utóbbiak tisztázására helyezik a súlyt s ezzel kapcsolatban a gyakorlati értékesítésnek fontos irányítást adnak. A legújabb vizsgálati eredmények szerint a szenekben két főalkatrészt kell megkülönböztetni. Ezek egyike a növényi anyagokból, főként cellulozéból és ligninből származó *humuszanyag*, másik a viaszból, gyantákból és zsírból eredő *bitumen*. A humuszanyagok a szenek összetételében túlsúlyban vannak. Barnaszenekekből alkáliákkal nagyrészen vagy egészen kioldhatók. Kőszenek vizes alkália-oldatokban oxigén hozzájárulás mellett nyomás alatt 200°-ra hevítve szintén oldható humuszanyagokat adnak. E humuszalkatrészek vegyi természete közelebből még nem ismeretes. A szenek bitumentartalma tőzegekből és barnaszenekekből, alkohol vagy benzollal oldható gyanta és viaszkeverékből álló ún. hegyi viaszt szolgáltatja. A kőszenek bitumentartalma nagyon csekély, 0.25-7% között változik, míg a barnaszenekeknél 40%-ot is elér. Ezzel szemben hazai szeneink maximális bitumentartalma 6-7%.

A szenek fizikai és vegyi sajátosságaitól függenek mindazok a tulajdonságok, melyek ezt a közetet reánk nézve annyira fontos nyersanyaggá teszik. Rossz hővezetőképességéből folyik könnyen gyúló, égő volta, amely hőtermelésre képesíti. Ebből ered a szenek károsan ismert öngyulladása is, amelyet a szabad levegőből fölvev oxigénnel kapcsolatos fölmelegedés okoz. Az oxigénfölvétel és oxidáció közelebbi oka szintén a vegyi alkatban rejlik, valószínűleg telítetlen szénvegyületekkel kapcsolatos azonban közelebből még nem ismeretes. Az oxigénfölvétel mennyisége a széndarabok nagyságától függ. Minél apróbb szemű a szén, annál nagyobb az oxigén fölvevő képessége s ezzel kapcsolatos fölmelegedése, ami a gyulladásra vezet. Ezért van az, hogy a szénpornál az öngyulladás mindig gyakoribb. Kevés nedvesség az öngyulladást elősegítheti, amennyiben a szénben lévő pirit bomlását gyorsítja, ami szintén fölmelegedéssel jár. A fölmelegedéssel járó öngyulladás annál inkább bekövetkezik, minél nagyobb a fölhalmozott szénkészlet. Az öngyulladás veszélyének kiküszöbölése céljából újabb időkben nagyobb amerikai üzemekben a szénkészletet nagy betonmedencékben víz alatt tárolják.

Levegőtől elzárt szenekeket hevítve, az illó alkatrészek, különböző gázok eltávoznak s a visszamaradó szén alakban és külsejében változatlan, vagy többé-kevésbé megolvad. A szeneknek ilyen különböző magatartása az összetételükben résztvevő szénvegyületektől függ, de az elemi alkatrészek viszonyával nincs kapcsolatban. A visszamaradó szén a koks, amelynek mennyisége, minősége és alakja a különböző szenek szerint nagyon változó. A mennyiségre különösen nagy befolyással van a szenek elemi alkatrészeinek százalékos összetétele, amennyiben az oxigén szénsav és szénoxid alakjában csaknem egészen eltávozik s így a koks elemi szénanyagát csökkenti. A hidrogén hasonlóképpen illó szénhidrogének alakjában távozik. A koks alakja és színe a szénfajtákon kívül a hőfoktól is függ. Nehezen olvadó szenek a kiszabaduló gázok által fölfuvódnak, könnyen olvadókból viszont a gázok könnyen kiszabadulnak s ezek nem fuvódnak föl. A fölfuvódás mértéke a hőfoktól is függ és annál nagyobb, minél alacsonyabb volt a hevítés. A kellő hőfokon keletkező koks (normalkoks) csillogó ezüstszerű, az alacsonyabb hőfokú többé-kevésbé fekete. Nagy hamutartalma, tisztátalan szenek olvadása (koksolhatósága) lényegesen kisebb a rendesnél.

A szenek magasabb értékű felhasználási lehetőségei a száraz lepárlás termékeiben vannak, amelyek a magas hőfokra hevített szenek összetételének fokozatos teljes szétbontását eredményezik. 330°C hőfokig csak az égetésre alkalmatlan szénsav (CO_2) és kénhidrogén (H_2S) gázok távoznak. 350-500° között a szénanyag mélyreható szétbomlásából kátránypépződés megy végbe, amely a szén első bomlási terméke, tehát elsődleges vagy őskátrány a neve. Az őskátrány szénhidrogénekből és fenolokból áll, előbbi a szén bitumenjéből, utóbbi a humuszanyagokból ered. Minél nagyobb valamely szén bitumentartalma, annál több

szénhidrogént szolgáltat, amely petróleumjellegű s részben paraffinból áll. A fenolok és szénhidrogének a kőszének őskátrányában mintegy egyenlő arányban vannak jelen. Az őskátrány mennyisége jó barnaszénknél 20%-nál is nagyobb lehet. A visszamaradó kokszt félkoksznak hívják s ez rendszeren morzsolódó, rideg, gyakran poralakú. 500°-on túl hevítve metánt, hidrogént és ammóniákat szolgáltat.

Az 1000° hőmérséklet körül dolgozó gáz- és kokszyártásnál az alacsonyabb hőfokú őskátrány említett anyagai további gyökeres vegyi átalakuláson mennek át, úgyhogy a gázgyártásnál nyert kátrány vegyi alkata egészen más. Az őskátrány szénhidrogénjei magasabb hőfokon fokozatosan gázra és koromra bomlanak (elégnek), míg a fenolokból a hidrogén redukció útján a gázgyártás kátrányában lévő aromatikusan szénhidrogének fejlődnek. Míg a legutóbbi időig tudvalevőleg az utóbbi magas hőfokú kihasználás volt általánosan elterjedve, újabb időben különösen a mühlheimi szénkutató intézetben folyó tudományos kísérletek eredményei alapján az őskátrány petróleumjellegű értékes szénhidrogénjeinek előállítására van a technikai érdeklődés középpontjában.

A szén mai fölhasználásában még a melegtermelés áll előtérben, amely a szén égési képessége által válik lehetővé. Egy kg szén elégetéséből nyert hőmennyiség a *fűtőérték*, amelynek meghatározására a *hőegység* (kaloria) szolgál. Az utóbbi alatt azt a melegmennyiséget értjük, amely 1 kg víz hőfokát 1°C-al fölmelegíti. A fűtőérték a vegyi összetételtől függ. Általában minél nagyobb a szén elemi széntartalma, tehát szenesedési folyamata mennél előrehaladottabb, annál nagyobb a fűtőértéke is. Ezért van az, hogy általában a földtanilag idősebb szén, előrehaladottabb szenesedési folyamatokból kifolyólag magasabb fűtőértékűek is. A vegyi összetétel és fűtőérték között azonban általános érvényű viszonytörvény nincs, aminek oka szintén azzal magyarázható, hogy az elemi alkatrészek azonos mennyisége mellett azok vegyi kapcsolódása nagyon különböző lehet.

A szén fűtőértéke annál nagyobb, minél több azokban az égő anyag. A hamu és víz a fűtőértéket lényegesen csökkentik, mivel a melegmennyiségnek egy részét lekötik. Ez a tény azért fontos, mivel a gyakorlati életben a szén értékelése csak az elégetésből származó melegmennyiség alapján történhetik. Újabb időben a hőegységet a szén árának megállapításánál is kezdik tekintetbe venni. A hőmennyiség árát kiszámíthatjuk, ha 1 kg szén árát a hőegységgel elosztjuk.

A fűtőérték nem állandó, mivel tartósan raktározott szén veszítenek értékükből. Ez a szén mállási jelensége, mely úgy a széntelepek felszínre bukkanó s felületi hatásoknak kitett részein, az úgynevezett kibúvásokon, valamint a kitermelt s fölhalmozott szénkészletben egyaránt megfigyelhető. Ez a mállás a szén kolloidjellegéből folyó mohó oxigénfölvételből, s az így végbemenő oxidációból következik. Az oxidáció a fűtőérték, kokszolhatóság, gáztartalom megváltozását eredményezi, külsőleg pedig végső eredményében a darabos szén teljes szétporlását okozza. A jelenség természete és tényezői ugyanazok, mint amit fentebb az öngyulladásra vonatkozólag említettünk. A kérdés fontosságánál fogva sok kísérleti vizsgálattal is megpróbálták megközelíteni. Ezek eredményei közül főlemlíthetjük, hogy az apróbb szemű szén fűtőértékvesztése gyorsabb és nagyobb, mint a darabos széné. Az első öthónapi tárolás alatt veszít fűtőértékben a legtöbbet, míg a hetedik és kilencedik hónapban a szén már nem változik. A fűtőértékvesztés 20%-nál is nagyobb lehet. Barnaszén a szabad levegőn sötétebb színt nyernek, szén és hidrogéntartalmuk csökken, oxigén- és hamutartalmuk növekedik.

A szenek megkülönböztetése és osztályozása.

A szenek gyűjtőfogalmával megjelölt anyagok természettudományi értelemben nem adnak egységes csoportot, hanem legfőljebb csak gazdasági fogalmat jelentenek. E csoporton belül az egyes típusok megkülönböztetése már régi keletű törekvése a tudományos vizsgálatoknak. Az eddigi tárgyalásokból kitűnik, hogy a szenek fizikai és vegyi jellegeinek sokféleségétől függ azok különbözősége, miért is e jellegek alapján különböztetjük is meg.

Már a szenek megismerésének kezdetén is megkülönböztették a kőszenet a barnaszéntől, amely utóbbit a régebbi fölfogások keletkezésben is eltérőnek gondoltak. A kőszenet még megsűrűsödött s megkövesedett petróleumnak tartották, amikor már a barnaszén »fás« származását határozottan fölismerték. Ez a megkülönböztetés tehát eredetileg kizárólag külső bélyegek (keménység, szín) alapján történt. A ma használatos megkülönböztetések különböző szempontokból indulnak ki. A köztudatban leginkább a már elavult s a szénvizsgálat mai állapotának meg nem felelő földtani korok alapján álló merev beosztás él. Legegyszerűbb a külső jellegek alapján, gyakorlati szempontból legmegfelelőbb a fizikai-vegyi sajátságokon alapuló osztályozás. E gyakorlati célokat szolgáló megkülönböztetéseken kívül a tudományos földtörténeti vizsgálatokból folyik a keletkezésen alapuló (genetikus) osztályozás. Ezeken kívül a kereskedelmi célokat különböző más megkülönböztetések szolgálják.

A szenek keletkezési folyamatára vonatkozó mai ismereteinken alapuló, legtagabb értelemben vett szenek csoportjába a tőzeg is beletartozik. A tőzeg a legfiatalabb földtani időszakok (postpliocén, pleisztocén és holocén) szerves égő kőzete, mely túlnyomólag növényi anyagok fölhalmozódásából és bomlásából keletkezik. Színe barna vagy fekete, frissen termelve puha, nagy víztartalmú, körülbelül 40% szervesetlen alkatrészeket tartalmazó anyag. A tőzegeket vegyi összetételük, növényi anyagaik vagy termelési módjuk szerint osztályozzuk. A tulajdonképpeni tőzeg száraz állapotban 40%-nál kevesebb hamutartalmat mutat. 40-95% hamutartalomig humusz és lápföldek, 95%-on fölül fekete földeknek nevezhetők. Tekintettel arra, hogy a tőzegek egyes rétegei más-más szenesedési folyamatot mutatnak, minőségükben is különböznek.

A vegyi és fizikai sajátságokat, valamint az előfordulás körülményeit tekintetbe vevő tőzegosztályozást *Hans* az alábbi táblázat szerint állította össze:

Tőzgefajta	Előfordulás	Bomlási folyamat	Szín	Súly
1. Moha és rostos tőzeg	felsőbb rétegek	ceskély	világos	Könnyű
2. Mocsár és alomtőzeg	mélyebb réteg	jelentékeny	barna	Nehéz
3. Szuroktőzeg	még alsóbb réteg	előrehaladott	sötét	nagyon nehéz
4. Májtőzeg	legalsóbb réteg	igen előrehaladott	szurokfényű	legnehezebb

A gyakorlati életben a tőzegeket termelésük módja szerint is megkülönböztetik. Víz alatti vagy víztelenített területen történő termelésnél, az egyes darabok formálási és szárítási módja szerint különböző kereskedelmi megjelölések vannak használatban.

A legáltalánosabban ismert s legrégebbi osztályozás a szeneket kőszenekre és barnaszénekre osztja, amelyeknek típusai könnyen megkülönböztethetők. A barnaszének általában barna-színűek s karcuk barna. A kőszének feketeszínűek s karcuk is fekete. A szenek keletkezésének mai ismerete szerint a kőszének barnaszénből lettek, amiből következik, hogy a két típus között átmeneteknek is kell lenni, amelyeket egyik vagy másik csoportba sorolhatunk sokszor csak önkényesen. Régebbi időben az elhatárolás földtani kor alapján történt s általában az idősebb, harmadidőszaknál régebbi szeneket kőszénnek, a harmadkorúakat pedig barnaszénnek vették. Az idők folyamán azonban ez a földtani elhatárolás használhatatlanná vált,

mert bár általánosságban megállja helyét, kitűnt, hogy nagyon sok kivétel van alóla. A szenesedési folyamatot ugyanis az időtartamon kívül más tényezők is befolyásolják, gyorsítják vagy hátráltatják, úgyhogy földtanilag idősebb szenek szénülési állapota kisebb mértékű lehet, mint esetleg fiatalabb szeneké. Így a moszkvai medencében karbonkorú szeneket ismerünk határozott barnaszén jelleggel, viszont Japánban fiatal harmadkorú szenek kőszén sajátosságúak. Észak-Amerika felső-kréta szenei (Laramie-rétegek) egyes helyeken barnaszén típusúak, másutt hegynyomás következtében anthracitok. Vulkáni kitörések hőhatásai szintén lényegesen fokozzák a szenek minőségét. Ilyen és ehhez hasonló számos példa indokolttá teszi, hogy ma már a földtani kor alapján történő megkülönböztetés perdöntő nem lehet. Hozzájárul ehhez még az a tény is, hogy a barnaszének közé sorolt szénfajták a szenesedésnek nagyon különböző mértékét mutatják a fanemű lignitek és a kőszénjellegű fekete szurokszén között. Az utóbbiak a kőszén felé élesen el nem határolhatók.

A kőszén és barnaszén megkülönböztetése ilyenformán csak a fizikai-vegyi sajátságok vizsgálata alapján történhetik. A színben és karcban mutatkozó említett különbségeken kívül főlemlíthetjük, hogy a barnaszén kálilúgban sötétbarna oldatot ad, míg a kőszén nagyon gyenge vagy semmi színezést nem ad. A kőszén többnyire, a barnaszén csak kivételesen kokszolható. A barnaszén nedvességfölszívó képessége (higroszkóposága) 10%-nál sohasem kisebb, jóval nagyobb, mint a kőszéné, amely 7%-nál sohasem nagyobb. Higított salétromsavval kezelve, a barnaszén vöröses oldatot ad, a kőszén színezést nem mutat.

A szénanyag (C) mennyisége kőszénekben többnyire 70 százalék fölött van, míg barnaszénben mindig ez alatt marad. A vegyi reakciók egyike vagy másika alapján mindig biztosan megkülönböztethető a kőszén a barnaszéntől. Az anthracit elkülönítése a kőszéntől szintén csak vegyi összetétel alapján és ezzel kapcsolatos fűtőérték szerint történhetik. Mint a fentebbi elemzési adatokból láttuk, az anthracit magasabb széntartalommal s kisebb oxigén és hidrogénmennyiséggel tűnik ki.

Külső sajátságok alapján úgy a kőszének, mint a barnaszének között megkülönböztetünk *fényes* és *fénytelen* (matt) szénfajtákat. A fényes szenek általában sötétebb színűek, ridegek, könnyen törők. Széntartalmuk mindig nagyobb, mint a fénytelen széné, kőszénknél 80%-nál ritkán kevesebb s 90%-ra, sőt az anthracitnál 98%-ra is fölmegy. Hamutartalma kisebb, mint a fénytelen szeneké. Az anthracit szürkésfekete, acélszürke, fémfényű, igen kemény (2-2.5) és nehéz (1.4-1.7). A fényes barnaszén egészen fekete, tükörfényes vagy szurokfényű, csekély víztartalommal.

A fénytelen szenek szürkésfekete vagy szürkésbarna, bársonyfekete színűek, többnyire homályosak, egyenetlenül vagy kagylósan törők, szívósak. Szénben szegényebbek, hidrogénben és hamutartalomban dúsabbak, mint a fényes szenek, azért gázdúsabbak. Egyik legismertebb fajtájuk a gyertyaszén (cannel), mely igen szívós, nehezen törik, és esztergályozható. Nagy hidrogéntartalma miatt keresett gázszén.

A fényes és fénytelen szén úgy kőszének, mint barnaszénekben gyakran vékony rétegekben váltakozik, ú. n. *szalagos* szenet szolgáltat. A fényes és fénytelen szenek keletkezését az összetételükben résztvevő növényi anyagok különbözőségére és a keletkezési viszonyok eltérő voltára vezetik vissza. A fényes szenek ezek szerint tiszta növényi anyagokból, fa, szár, levél stb. részekből, a fénytelen szenek ellenben túlnyomólag finom növényi törmelékből és főleg spórákból állanak. A szalagos szenek keletkezését az egykori mocsarak száraz és nedves időszakainak váltakozásával magyarázzák. A száraz időszakban a növényi anyagok szenesedése megakadt s a faanyag szerkezete többé-kevésbé fölismerhetőleg maradt meg a fényes szénsávokban, míg a fénytelen sávok nedves időszakban tökéletesebb szenesedést mutatnak.

A kőszén külső megjelenés alapján kevésbé különböztethetők meg, mint a barnaszén, amelyeknek külső sajátságai lényeges minőségi különbségekre is utalnak. A már említett fényes és fénytelen barnaszénen kívül vannak *földes barnaszén*, melyek a szenesedési folyamatnak kezdetlegesebb állapotában maradtak. A *lignitek* fás szövetű barnaszén, melyek világosabb vagy sötétebb barna színűek, fás törésűek s kiszáradva, pikkelyes-levelesen szétesők. Gyakran ez a fás szövetű szén földes barnaszénbe van beágyazva, vagy azzal rétegesen váltakozik. Ez a külső megjelenésre alapított megkülönböztetés csak Németországban, Ausztriában és nálunk használatos, mivel az angol-amerikai irodalomban a barnaszén (brown coal), lignit (lignite) és »subbituminous coal« megjelölések egyenértékűek. A *pyropissit* sárgásszínű, bitumenben gazdag barnaszén, amely többnyire fészkekben vagy vékony rétegekben mutatkozik. A *leveles* vagy *papírszén* (dysodil = rossz szagú) nyomás következtében papírvékonyágú levelekben palásan elváló barnaszínű, amorf kőzet, nagy gáztartalommal és nagy gyúlékonysággal. Sok szerves állati és növényi maradványt tartalmaz.

A fizikai és vegyi tulajdonságok alapján történő osztályozás a kokszolhatóságra és az illó alkatrészek mennyiségére van alapítva. Kokszolhatóság alapján vannak sülő szén, amelyek hevítve megolvadnak és kokszt adnak, zsugorodó szén, amelyek nem olvadnak, és homokos szén, amelyek szétmorzsolódó laza földes maradékot hagynak vissza és nem kokszolhatók, azonban gáztartalmúak. Sovány szénnek nevezzük a gázban szegény s nem kokszolható homokszénket. A kokszolásnál kiszabaduló gáznemű alkatrészek mennyisége szerint *Hilt* a kőszénket a következő csoportba osztja:

	Illó alkatrészek százalékokban
Antracit és sovány szén	5 - 10
Félig zsíros szén	10 - 15.5
Jól sülő koks szén	15 - 33.3
Sülő gázzsén	33.3 - 40
Gázdús zsugorodó szén	40 - 44.4
Hosszúlángú sovány szén	44.4 - 48

Ez az osztályozás elégíti ki a gyakorlati fölhasználás céljait a legjobban. A gázgyártásra leginkább alkalmas a sülő gázzsén. A két utolsó szénfajta különösen lángtüzelésre alkalmas, erősen kormozva ég.

A barnaszén ugyaneken az alapon száraz lepárlásra alkalmas gyanta és viasztartalmú szénkre és csak egyszerű tüzelésre való, lepárlásra alkalmatlan szénkre oszthatók.

A különböző szén égési módja, hosszú vagy rövid lánggal égő, kormozó vagy koromtalan volta a vegyi összetételtől és az illó alkatrészek mennyiségétől függ. A vegyi összetétel alapján történő megkülönböztetések különböző beosztásokra vezetnek, aszerint, amint egyik vagy másik alkatrészt, vagy az alkatrészek viszonyát vesszük alapul. Így a hidrogén és elemi szén (*C*) viszonya, a szén (*C*) égő hidrogén és kén mennyiségéből számított viszonylagos fűtőérték s más efféle kiindulásból levont osztályozások vehetők alapul.

Csoport ¹	Hevítési és elégetési viselkedés	Törés, szöveti szerkezet	Az illó és nem illó alkatrészek viszonya	Kötött szén és az illó anyagok fémennyiségének viszonya a higroszkópos nedvességhez + 1/4 illó anyag- mennyiség	Fűtőérték, hőegység	T a r t a l o m		
						C	H	O + N
A ₁	Hosszú, kékcs lánggal ég, 3–5% illó alkatrészrel	—	12 és nagyobb	—	8000–8330	93–95	2–4	3–5
A ₂	Gyengén világító, rövid lánggal ég, kevés korommal. Nem koksizható. 7–12% illó alkatrészrel	—	7–12	—	8300–8600	90–93	4–4.5	3–5.5
B ₁	Rövid, világító lánggal ég, 12–15% illó alkatrészrel, nem koksizódik rendszeren	—	4–7	—	8400–8900	80–90	4.5–5	5.5–12
B ₂	Világító lánggal ég, 12–15% illó anyagot tartalmaz, koksizható...	—	1.2–7	—	7700–8800	75–90	4.5–5.5	6–12
B ₃	Szabadon, hosszú lánggal ég, 35% illó anyaggal, likacsos kokszt ad 6% nedvességgel...	—	—	2.5–5.3	6600–7800	70–80	4.5–6	18–20
C	Hosszú, kormozó lánggal ég, 30–40% illó anyaga van, koksizható, igen likacsos kokszt ad	Gyantás törésű ...	—	—	6600–8800	—	—	—
D ₁	20% nedvességgel...	Fekete színű, barna karccal, kagylós töréssel	—	1.8–2.5	5500–7200	60–75	6–6.5	20–30
D ₂	20%-on felüli nedvességgel	Földes törésű, fénytelen, gyakran fasszövetű Barna v. fekete	—	—	4000–6000	45–65	6–6.8	30–45

¹ Az amerikai használat szerint: A₁ = Anthracite, A₂ = Semi-anthracite, B₁ = Anthracitic coal and high carbon bituminous coal, B₂ = bituminous coal, B₃ = low carbon bituminous coal, C = cannel coal, D₁ = lignitic or sub bituminous coal, D₂ = lignite.

Az 1913-ban Kanadában tartott nemzetközi földtani kongresszus ezeket az osztályozási szempontokat összesítve, a szeneket a megelőző oldalon közölt táblázatban felsorolt csoportokba osztotta.

A jelenlegi magyarországi szenek közül a pécsvidékiek a D₁ csoportba, a dunántúli eocén szenek (Tatabánya, Dorog, Tokod), valamint a salgótarjáni alsó-mediterrán szenek a D₂ csoportba tartoznak. A többi gyöngye minőségű alsó-mediterrán borsodi barnaszenek és pannoniai lignitek a fentebbi csoportok egyikébe sem oszthatók, miért is Papp Károly ezeket külön E csoportba sorolta. Az idetartozó szenek 45%-on aluli széntartalom mellett 2500-4000 hőegységűek, barnaszínűek, többnyire fénytelenek, fás szövetűek, néha levelesen elválók.

A szénképződés földtani föltételei és eredménye.

Megelőző fejtegetéseink során megemlékeztünk azokról a nagyjelentőségű kutatási eredményekről, melyek a szén keletkezésének tisztázásában *Potonié* nevéhez fűződnek. Vázoltuk a szénképződés folyamatának menetét és főbb tényezőit, amelyekből kitűnik, hogy ennek az anyagnak, éppúgy, mint minden egyéb, a földkéreg összetételében résztvevő kőzetnek keletkezése meghatározott földtani jelenségekhez fűződik, s így a szén is ilyenek végső terméke gyanánt tekintendő. E földtani jelenségek vizsgálatában csak a szén, mint végső termék áll rendelkezésünkre s ebből kell kiindulnia a keletkezési folyamat és körülményeinek megállapításánál. A szén pontos kőzettani, illetve mikroszkópiai és vegyi vizsgálatának nehézségei meglassították és még ma is nehezítik a keletkezés földtani vizsgálatát, amelyben az anyag, a hely és idő viszonyainak tisztázása fontos.

A szén anyagát, a főntebb vázolt legújabb vizsgálati eredmények szerint, növények főlhalmozódásából eredőnek ismerjük. A szén tehát olyan helyeken és időszakokban keletkezhetett, ahol és amidőn a növények nagymennyiségű tartós főlhalmozódása és bomlása lehetővé vált. Ezek a helyek, *Potonié* szerint, egykori lápok nagykiterjedésű területei voltak. Ezeken a területeken azonban a főntebb vázolt folyamattal végbement szénképződés csak különleges földtani előfeltételek jelenléte mellett történhetett. A mai rétláp és mohalápok közül túlnyomólag csak a rétlápok ismerhetők föl a szénképződés területei gyanánt, amelyek a legújabb vizsgálatok szerint túlnyomólag erdei lápok voltak. Ilyen erdei lápok ma csak a trópusi és szubtrópusi övben tenyésznek. Fölvetődött az a kérdés is, vajjon az egykori lápok növényi anyagában szárazföldi vagy vízi növények vesznek-e részt. *Walther* a régebbi, karbonbeli széntelepekben található s a mai mocsári tányércsigára emlékeztető héjjakból (*Spirorbis*), valamint a növényi élet általa föltételezett fejlődéséből s a szén kísérő közeteiből arra következtetett, hogy a régebbi szénképződés tengeri növényekre vezetendő vissza, s csak a fiatalabb barnaszén anyagában érvényesültek a szárazföldi növények. Ezt a fölfogást szerinte megerősítik a kőszén és barnaszén lényeges vegyi különbségei, valamint a faanyag (lignin) hiánya, amely a kőszénben, *Donath* szerint, nem mutatható ki. A legújabb vizsgálatok azonban megállapították ennek a fölfogásnak helytelenségét s így kétségtelenné vált, hogy egyes alárendeltebb különleges esetektől eltekintve, a kőszén és barnaszén anyagában túlnyomólag lápjellegű erdei növényzet van képviselve.

Az egykori lápok földrajzi helyzete, illetve a tengerhez való viszonya alapján megkülönböztetünk tengermenti (paralikus) és édesvízi széntelepeket. Az előbbiek tengeri rétegekkel váltakoznak, amiből arra kell következtetnünk, hogy az egykori lápterületet a tenger hullámai időnként elöntötték. Mivel a karbonbeli szénelőfordulások nagyjából ilyen partközeli keletkezésűek, ez indította *Walther*-t főntebb következtetéseire. A tengermenti szénelőfordulások túlnyomólag helytállóak, azaz az egykori lápokban tenyészett növényzetből keletkeztek. Ezt bizonyítják a széntelepekben és kísérő közeteikben mutatkozó ép növényi részek, melyeken a koptatottság semmi nyoma sem látszik, valamint az eredeti függélyes helyzetű nagy fatörzsek, amelyek gyökérrészeikkel lefelé álló helyzetben elég gyakoriak úgy a kőszén-, mint a barnaszén rétegekben.

Az édesvízi keletkezésű szénelőfordulások alárendeltebb szerepűek, kiterjedésük jóval kisebb. Ezenkívül a széntelepek száma és kifejlődése aránylag kisebb távolságokon belül is nagyon változó. Főismertetőjük a tengerektől való távolság, amelyek éghajlati különbségekben és ezektől függő növényi tenyészetben észlelhető eltérésekben nyilvánul. Ilyen édesvízi jellegűek a karbonbeli alsósziléziai, csehországi, szászországi s a franciaországi Centralplató kőszénelőfordulásai. Az édesvízi szénképződés a fiatalabb időszakokban gyakoribb. *Walther*

szerint ezek kizárólagosan édesvízi keletkezésűek, a karbonbeliek túlnyomó tengeri eredetével szemben. Ez a beállítás azonban szintén nem állja meg helyét, mivel a barnaszének között is sokat találunk, amelyek tengermenti láposodásnak köszönik létüket. Ilyen nálunk a borsodi szénterület, amelynek partközeli jellegét a közbetelepült tengeri rétegek, illetve kagylók és csigák bizonyítják.

Az édesvízi keletkezésű szének között aránylag gyakoribb a másodlagos helyzetű növényi fölhalmozódás, azaz az ilyeneknél az egykori növények nem azon a helyen éltek, ahol megszenesedtek, hanem a víz, szél szállító ereje útján kerültek oda. Ez az utólagos fölhalmozódás lehet elsődleges, amidőn a növényi anyagok egybesodródásából keletkezik a szén, vagy lehet másodlagos, amikor részben már tözegesedésnek indult helytálló anyag vagy a már szenesedett anyag kerül idegen helyre. Az ilyen utólagos fölhalmozódásból eredő széntelepek kiterjedése kisebb, minősége gyöngébb, legtöbbször nagy hamutartalmúak s igen változó vastagságúak. Kísérő növényi maradványaik koptatottak, töredékek, sokszor egészen fölaprózott növényi részek.

A szénelőfordulások legtöbbször sok egymásra következő széntelepet tartalmaznak, tehát olyan területekre utalnak, ahol az állandó növényi anyagfölhalmozódás ismétlődött. Ezek a területek lassú, állandó sülyedésben levő medencék, amelyeknek mélységi viszonyai a sülyedéssel lépést tartó állandó anyagfölhalmozódás, üledékképződés folytán hosszú időn át változatlanul biztosították a láposodás föltételeit. A földkéregnek ilyen helyei a hegyképződéssel vannak összefüggésben, miért is a szénképződés helyei és a hegyképződés szoros kapcsolatban vannak. Erre a szoros viszonyra legelőször *Frech* mutatott rá, aki a karbonbeli kőszénterületeket a karbon gyűrődés helyeivel kapcsolatban állóknak találta. *Frech* szerint, a karbonbeli nagy középeurópai hegyképződés által létrejött akkori magas hegységekben megindult eróziós folyamatból származó nagymennyiségű törmelékanyag, a mélyedések feltöltődésére és beiszapolódására vezetett. Egyidejűleg a növényi tápanyagokban gazdag törmelék buja növényi tenyészetet is létesített, amely viszont a széntelepek anyagát szolgáltatta. *Frech* szerint tehát a hegyképződés és szénképződés között nemcsak térbeli és időbeli összefüggés, hanem okozati kapcsolat is van. Általánosságban a szénelőfordulások, egykori medencék helye és a megfelelő korban keletkezett hegyvonulatok iránya föltűnő megegyezést mutat, úgyhogy nemcsak a karbonban, hanem a harmadidőszakban észlelhető hatalmas hegyképződés is kapcsolatba hozható a nagyobb barnaszénterületekkel. Ez a kapcsolat úgy értelmezhető, hogy a kiemelkedett területek (hegyképződés) előterében sülyedésben levő területek vannak, amelyek a környező magaslatok törmelékanyagainak gyűjtőhelyei (geoszinklinálisok).

Sok egymásra következő széntelep csak ott keletkezik, ahol a terület lassú, állandó sülyedésben van. A tartós, fokozatos sülyedés tehát egyik legfontosabb előfeltétele a szénképződésnek. Ezt a jelenséget a mai tözeglápokon is észlelhetjük. A lassú sülyedéssel a tözegréteg vastagodik, ami a későbbi szénréteg vastagodására vezet. A széntelepek vastagsága tehát a sülyedés tartamától és mértékétől függ. *Lyell* említi, hogy Észak-Amerika atlanti partjain, Charleston és Délcarolina között, 1.8-4.8 m mélységre a tenger színe alá került erdőlapok vannak, amelyeknek agyag- és homokrétegekbe zárt tözegeiben cédrusok és ciprusok törzsei maradtak fenn. Az Északi-tenger partvidékén, sőt a tenger alatt Helgoland körül is ismerünk elsülyedt tözeglápokat.

A széntelepek vastagságában gyakran mutatkozó föltűnő különbségek egyenlőtlen sülyedésre vezethetők vissza. Ez a jelenség csaknem minden jelentősebb szénterületen észlelhető s helyenként nagyon szembeötlő. A Saar-medence nyugati részében a széntelepek száma és kifejlődése egészen más, mint a keleti részben, ahol a sülyedés kisebb mértékű volt. Köln vidékén az ottani barnaszéntelep 30-40 m vastagságról hirtelen 50-100 m-re vastagodik, ami

az itteni vidék egykori szerkezeti mozgásában, egyes részeinek tartósabb süllyedésében leli magyarázatát. Hasonló viszonyokat találunk nálunk is a Cserhát-Mátra-Bükkhegység északi oldalán húzódó egységes miocén medencében, amelynek azonoskorú széntelepei Salgótarján körül egész más kifejlődésűek, mint a Sajó völgyében.

Ha a süllyedés irama változik, gyorsabbá lesz, a lápnövényi tenyészet, illetve tőzegréteg egészen víz alá kerül s iszap- és homokrétegek földik be. A süllyedés mértékének újabb változásával vagy a törmelékanyagok fölhalmozódásával járó beiszapolódással újabb növényi tenyészet indul meg, mely hasonló föltételek között újabb széntelep keletkezésének anyagául szolgál. Ennek a változásnak sokszori megismétlődése útján jöttek létre a homok-, agyag-, homokkőrétegek különböző vastagságú rétegösszletében előforduló megismétlődő széntelepek. Az egyes széntelepek között lévő ú. n. meddő kőzetrétegek vastagsága a süllyedés mértékétől, a törmelékanyagok mennyiségétől s a leülepedés lehetőségeitől függ. Ugyanezek a tényezők okozzák az egyes széntelepekben gyakran észlelhető meddő kőzetbeágyazásokat is.

Az elsüllyedt tőzegrétegek természetesen eredeti vastagságukból nagyon sokat vesztenek a szénülési folyamat alatt s így az eredetileg kisebb fajsúlyú növényi anyagok nagyobb fajsúlyú szénréteggé tömörülnek. Ezt a térfogatkisebbedést ülepedésnek mondjuk s okát egyrészt a fölhalmozódott anyag és elborító kőzetrétegek (iszap) súlyában, másrészt a végbemenő vegyi bomlásban, víztelenítésben kell látnunk. Az ülepedés mértékének megállapítását célzó különböző vizsgálatok többé-kevésbé megbízható alaplól kiindulva, arra az eredményre jutottak, hogy az ülepedési hányados 2-2.5:1, illetve 3:1 lehet, azaz 2-3 méter tömött tőzeg szolgáltat 1 méter vastag széntelep. A magasabb viszonyszám *Ashley* vizsgálatai szerint az amerikai kőszénre vonatkozik, míg a kisebb értéket *Glöckner* és újabban *Schulz* a németországi barnaszénre vonatkozó vizsgálatokból nyerte.

Már fentebb reámutattunk, hogy ezek a vizsgálatok a széntelepek keletkezési időtartamának megállapítására vezetnek s hangsúlyoztuk ezeknek a számításoknak ingatag alapjait. Érdekesség szempontjából megemlíthetjük, hogy nálunk a pécsi szénösszlet keletkezési idejét *Kleidorfer* 387.200 évben számította ki, alapul véve 800 m rétegvastagság mellett 50 m öszsvastagságú széntelepeket. A legújabb időben érdekes számításokat végzett *Lang* a németországi Senftenberg mellett (Niederlausitz) művelés alatt álló két barnaszéntelep keletkezési idejére nézve. Mintegy 10-12 szintben vannak itt helytálló kövesedett hatalmas fatörzscsonkok, melyek átlag 1 m. távolságban állanak. Alapátmérőjük néha 2-3 m, egyeseknél 4 m, hosszúságuk 60 métert is elér. Évgyűrűik alapján 1300-1500 évesek. Az egyes fatörzsek a lassú süllyedés következtében haltak el s két fatörzs-szint közti újabb vegetáció csak a térszín megfelelő föltöltődése, illetve megfelelő új talaj létesülése után vált lehetővé. Ez az időtartam az évgyűrűk számát tetemesen meghaladta. Egy méter barnaszén ezek alapján 3000 év alatt keletkezhetett s a két itteni telep keletkezési időtartama 30-40.000 évet vett igénybe. Ha a közbetelepült 40 m vastag meddő rétegösszletet is tekintetbe vesszük, úgy az itteni széntartalmú rétegek keletkezési időtartama 100.000 évnél nem kevesebb. Ha ezt a számítást összehasonlítjuk a fentebb említett pécsi szénösszletre vonatkozó adattal, akkor az utóbbinak keletkezési időtartamát aránytalanul rövidre szabottnak kell tartanunk. Ebből az összehasonlításból egyszersmind kitűnik az efféle számítások bizonytalansága is.

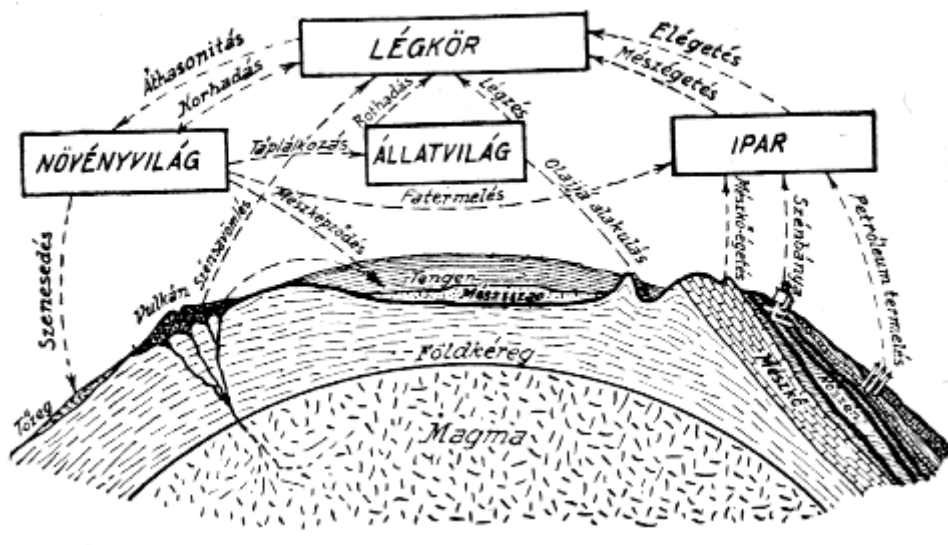
A szénképződést lehetővé tevő süllyedés a nagy szénterületekre kiterjedő jelentékeny úgynevezett epirogenetikus földkéregmozgást képvisel. Eddigi földtani tudásunk szerint ezek a mozgások magukban hordják a későbbi időben bekövetkező hegyképző (orogenetikus) mozgásokat, amelyek a keletkezett széntelepeket eredeti helyzetükből sokszorosán kimozdítják, ráncokba gyűrnek és földarabolják. Ez az oka, hogy a szénterületek legtöbbször meglehetősen bonyolult szerkezetűek s csak ritkább esetben mutatnak nagyobb területre kiterjedő zavartalan települést.

A szénképződés és hegyképződés szoros kapcsolatából kitűnik, hogy a szénképződés nem elszigetelt, önmagában álló független földtani folyamat, hanem egyéb földtani jelenségekkel is kapcsolatos. Bizonyos, hogy a nagymennyiségű növényi anyagföjlhalmozódást lehetővé tevő buja tenyészet csak megfelelő éghajlati viszonyok között létesülhetett. A karbon szén-telepek növényvilágának vizsgálata a karbonidőszakban egyenletes, nedves, meleg éghajlatra utal éppúgy, mint a jura- és krétakori szénelőfordulások növényzete is. A harmadkorban már a mai meleg, mérsékelt és hideg éghajlati elkülönülések mindinkább kifejezetten mutatkoznak, de azért a gazdagabb szénképződés területein nedves meleg éghajlat, a fiatalabb harmadkorban is szubtrópusi éghajlat erdős lápjait kell látnunk. Ennek analógiájára legújabbban *Lang* mutatott rá, aki Szumatra, Celebes, Jáva, Molukka, Borneo szigeteken a barnaszénképződéssel analog trópusi és szubtrópusi erdőslápok, sőt a legfiatalabb időben keletkezett barnaszeneket ismertetett. *Potonié* a karbon telepeket trópusi meleg éghajlat alatt keletkezetteknek tartotta. Az újabb vizsgálatok azonban megállapították, hogy az ilyen nagyterjedésű láposodás trópusi száraz éghajlat alatt nem lehetséges főként azért, mivel az esetleg föjlhalmozódó növényi anyagok a száraz melegben elkorhadnak anélkül, hogy szenesedés vagy tözegesedés lehetséges volna. A nedves klímájú részeken azonban a típusos erdőslápok kimutathatók.

A levegő széndioxidját áthasonító növények buja tenyészete fölvetette azt a gondolatot, hogy a szénképződés ideje alatt a levegő széndioxidtartalma a mainál jóval nagyobb volt s ez okozta az akkori éghajlat melegebb voltát. *Arrhenius* szerint a levegő szénsavtartalmának növekedése a napsugarak erősebb légköri elnyelését eredményezi s egyszersmind a föld hőkisugárzását csökkenti. Ez az együttes hatás a klíma fölmelegedését okozza, míg a szénsavmennyiség csökkenése ennek ellentéte gyanánt légköri lehűlést s ezzel kapcsolatos jégkorszakot vonna maga után. *Frech* földtani alapon továbbfejlesztette ezt az *Arrheniustól* származó elméletet s a szénképződés két legfőbb időszakában, a karbonban és harmadidőszakban mutatkozó erőteljes vulkáni tevékenységből származtatta a levegő szénsavmennyiségét növelő szénsavat. Ez a bőséges szénsavkészlet tette lehetővé a szénképződés anyagául szolgáló buja tenyészetet, amely a levegő szénsavát fölhasználva, a reákövetkező időszakban (perm, pleisztocén) egyszersmind a beállott jégkorszakok szülőoka volt. (Lásd a földtörténeti események táblázatát).

Az *Arrhenius-Frech*-féle szénsavelmélet alapjai a növények élénk széndioxidfölvétele, valamint a levegő szénsavának vulkáni úton való pótlása, valóban jelentős állomásai a szén földtörténeti körforgásának. Ez a körforgás azonban, mely egyfelől a szénsav elvonásában, másrészt annak légkörbejutásában nyilvánul meg s amely a szerves élet és az ember ipari tevékenységével vált teljessé, eddigi ismereteink szerint meglehetősen egyensúlyban halad. Az eddigi vizsgálatok nem erősítik meg azt a föltevést, hogy ez a körforgás, amelyet alábbi rajzunk (5. kép) külön magyarázat nélkül világosan szemléltet, az *Arrhenius-Frech*-féle föltevés szerint föltűnőbb változást szenvedett volna. Ettől függetlenül azonban a fizikai kísérletek szerint a levegő jelenlegi szénsavtartalma a fölvehető maximális melegmennyiséget biztosítja, úgyhogy a szénsavmennyiség növekedése teljesen hatástalan s nem vonja maga után a melegmennyiség nagyobbodását. A kevesebb szénsav is csak akkor jelentene klimatikus változást, ha a jelenleginek több mint ötödére csökkenne. Földtani tekintetben pedig rá kell mutatnunk arra, hogy a szénképződésnél jóval tetemesebb mennyiségű szénsavföjlhasználás megy végbe a tengeri mészkövek keletkezésénél, amelyek földünk középkorának uralkodó üledékei. Ezeknek leülepedése, a nagy szénsavelvonás miatt, hasonlóképpen klimatikus lehűlést okozhatna. A jégkorszakok alatt viszont a szénsavat szolgáltató vulkáni működés nem szünetelt, sőt a perm-időszakban a karbont meghaladó módon tevékenykedett, ami a megcsökkent szénsavmennyiséget elegendően pótolhatta. A vulkanizmus, széndioxid-exhaláció, szénképződés és jégkorszakok genetikus kapcsolata tehát egyelőre csak szellemes s

épen ezért a népszerűsítő irodalomban nagyon tetszetősen beállítható elgondolás, azonban tudományosan beigazolva nincs.



5. kép. A szén életének körforgása. (Fulda nyomán.)

Az egykori szénképződés területeit általában szénmedencének mondjuk, noha ez a kifejezés legtöbbször egyáltalán nem felel meg az illető terület mai földtani szerkezetének. Ez a kifejezés tehát csak a szénképződés idején végbement tőzeg- és egyéb üledékföhalmozódást illeti. Mint láttuk, ezek az egykori medencék fokozatos sülyedéssel kapcsolatban tetemes üledékmennyiséget gyűjtöttek, amelyben különböző számban mutatkoznak az egykori növényi föhalmozódásból származó széntelepek. Azokat a területeket, amelyeken a széntelepeket tartalmazó rétegösszlet nyomozható, szénterületnek kell minősítenünk. A széntartalmú rétegösszlet vastagsága, valamint az abban foglalt széntelepek száma, vastagsága, minősége az egykori medence sülyedésével kapcsolatos s a szénképződés föltételeitől függ. Nagyobb kiterjedésű szénterületek legtöbbször több széntelep tartalmaznak, amelyek, mint láttuk, megismétlődő láposodásra vezethetők vissza.

A széntartalmú rétegösszlet vastagsága sokszor nagyon tetemes. A felsősziléziai karbon-rétegek 6500-7000 m vastag összletében 477 széntelep ismerünk, összesen 270.6 m vastagságban. A rajna-wesztfáliai szénterületen 3000 m vastag összletben csak 69 m vastagságú széntelep van. A Saar-vidéken 400 széntelep közül 150-160 fejtésre érdemes, megjegyezvén, hogy 0.3-0.6 m vastag széntelep még fejtésre kerül. Belgiumban az egész rétegösszlet 2000 m s 0.3 m vastagságig fejtésre kerülő telepek száma 40. Walesben 1000 m vastag rétegösszletben 45 telepet találunk 25 m vastagságban. A francia Loire-medencében 1400 m vastag rétegösszletben 28-30 telep 57-58 m vastagságban, a Grand Combe-medencében 750 m közetrétegben 25 m szénvastagság mutatkozik. Pennsylvániában 1200 m vastag szénösszletben 30 széntelep 33 m összvastagságban észlelhető. Nálunk a pécsvideki szénterület 800-900 m vastag rétegösszlete mintegy 50 széntelep tartalmaz s ezek közül 22-26 művelhető.

A barnaszénösszletek jóval kevesebb széntelep tartalmaznak, mint a kőszénképződmények. Sokszor csak egyetlen, legtöbbször néhány széntelep észlelhető bennük s rétegösszleteik egész vastagsága is jóval kisebb a kőszénösszletben észlelhetőknél. Tatabányán 10-22 m átlagos telepvastagságot látunk. A salgótarjáni szénösszlet 40-50 m vastagság mellett 3 telepet tartalmaz 3-5 m vastagságban. A Sajó-völgy keleti részében 200-220 m vastag rétegösszletben összesen 5-10 széntelep közül legföljebb 5 művelhető, összesen 4-6 m vastagságban.

A szénmedencék egyes széntelepeit különböző vastagságú közbetelepült meddő közetrétegek választják el. Ezek a kőzetek általában szürke vagy zöldesszürke és vörös színűek. Néha a vörös és szürke kőzetek váltakozva észlelhetők. A sötétszürke szín többnyire szerves anyagoktól, bitumentartalomtól ered, a vörös szín vasoxidtól származik. A kísérőkőzetek színéből klimatikus viszonyokra is szoktak következtetni. Így a vörös kőzetek keletkezését meleg nedves időszakra vezetik vissza, míg a szürke szín mérsékelt, száraz övre utal. A karbonbeli szénösszlet alján és fölötté Közép-Európában észlelhető vörös homokkővet sivatagi eredésűnek tartják. A kísérő kőzetek színére föltétlen hatással van a szenesedési folyamat is, amelynek kiszabaduló gázai megbontják a kísérő kőzeteket is. Különösen vonatkozik ez az egykori tőzegláp fenekén levő kőzetanyagra, amelynek földpátos részei a humuszsavak behatására különleges mállási folyamatnak vannak alávetve, ami végeredményben kaolinosodásra, tűzálló agyagok keletkezésére vezet. Ilyen eredésű kaolint ismerünk Sziléziában, továbbá Karlsbad környékén és Meissenben, ahol barnaszéntelepekkel kapcsolatos. A kőszéntelepek kíséretében inkább tűzálló agyagrétegek mutatkoznak.

A keletkezésben levő széntelepeken (tőzeg) kívül a már kialakult széntelepek is befolyásolják a közvetlen kíséretükben lévő kőzeteket. Általános tapasztalati tény, hogy vörös kőzetek közelében széntelepek sohasem várhatók, mivel ezeket mindig szürke kőzetek kísérik. Ennek a jelenségnek egyik okát főntebb klimatikus hatásokra vezettük vissza. Újabb vizsgálatok szerint azonban a széntelep redukáló hatásának tudható be a vörös kőzetek hiánya, amennyiben a már említett tőzegesedési folyamaton kívül a széntelep is redukálja a vasoxidot vasoxidullá, amely oldható lévén, eltávozik. Azokon a helyeken, ahol a széntelep vörös kőzetek közelébe kerül, az utóbbiaknak színe lokálisan is megváltozik, míg a szénteleptől távol eredeti színüket megtartják. Hasonló redukációs folyamatra vezethető vissza a barnaszéntelepek kíséretében nagyon gyakran észlelhető világosszürke vagy hófehér homok és agyag is.

A széntelepek vastagsága néhány milliméteres szénzsinóroktól kezdve több méterig változó. Említettük, hogy a barnaszéntelepek száma egy-egy összletben jóval kisebb, mint a kőszéntelepeké. Ezzel szemben vastagságuk legtöbbször sokkal tetemesebb. Ismerünk Csehországban 10-30 m, Szászországban átlagban 12-14 m, az Alsó-Rajna vidékén helyenként, a főntebb említett különleges sülyedésre visszavezethető medencerészben 50-100 m vastag barnaszénket. Nálunk az ismert legvastagabb széntelep Tatabányán 10-22 m, míg a többi barnaszénünk a 2 métert többnyire alig haladja fölül. A kőszéntelepek vastagsága többnyire 2 méteren aluli. Kivételes esetekben azonban itt is találunk rendellenesen nagy vastagságú telepeket. Így Décazeville környékén, Franciaországban az ottani főntelep 21, 30, sőt helyenként 60-70 m vastag. Felső-Sziléziában 6-8 méter vastag telepek ismeretesek. Észak-Amerikában az egyik mammut-telepnek nevezett anthracittelep 34 m maximális vastagságot mutat.

Gyakorlati szempontból a bányászatra nézve a nagy telepvastagság inkább káros, mint előnyös. Nemcsak a termelés műszaki nehézségei miatt, hanem a fejtési veszteség növekedése, valamint a vastag telepekben gyakoribb gáz és tűzveszély miatt. A normális vastagságú telepek előnyösebbek, annyira, hogy egyes esetekben, pl. Felső-Sziléziában, ha vékonyabb telepek vannak, úgy csak ezek kerülnek lefejtésre, míg a vastagabbak (2-3 m) nem.

A széntelepek vastagsága bizonyos mértékben összefügg azok minőségével is, amennyiben a vastag telepek általában minőségben gyöngébbek. Sok esetben a széntelep egészen egyféle szénből áll, anthracitból, fényes kőszénből, vagy földes barnaszénből. A legtöbb esetben azonban egy-egy telepben is különböző szénfajtákat találunk szabályos vagy rendetlen eloszlásban. Szabályos váltakozásban mutatkozik a fényes és fénytelen szén a már említett szalagos szén alakjában. Ha ez a váltakozás vastagabb szalagokban mutatkozik, úgy a fénytelen szén többnyire nem egyenletes, hanem többé-kevésbé lencsealakban észlelhető, sokszor egészen szabálytalanul elágazó módon is a fényes szénben. A széntelepek különböző

minőségű szenei, főként vegyi összetételük, sokszor föltűnő ingadozásban nyilvánulnak. Különösen szembeötlő ez a gáz és illóalkatrészek mennyiségében.

A széntelepek azonban nem mindig állanak tiszta szénből, legtöbbször vannak benne olyan tisztátalanító anyagok, amelyek részben keletkezés közben kerültek bele, részben keletkezésével egyidejűleg vagy utólag keletkeztek benne. A keletkezés közben az erdei láppal borított medencébe torkolló folyóvizek vagy szél útján ásványos üledékanyag (agyag, homok) kerülhet a széntelepbe, amelyben meddő közetbeágyazásokat alkot. Ritkábban egyes kisebb-nagyobb s többnyire a közeli hegyek idősebb közetanyagából származó kavics is található a széntelepekben. Az ilyen kavicsok, az eddigi leginkább elfogadható vélemény szerint, növények gyökerein kerülhettek a széntelepbe, illetve az egykori tőzegbe.

A széntelepekben előforduló szerves maradványok közül növények, különösen egyes fatörzsek gyakoriak, s mint említettük, a széntelep helytálló volta mellett bizonyítanak. Ettől eltekintve azonban a szerves maradványok magában a széntelepben meglehetősen ritkák s inkább csak a kísérő kőzetekre szorítkoznak, mivel a széntelepben teljesen elbomlottak. Ritkább esetben azonban a széntelepből nemcsak egyes fölismerhető növények, hanem állati maradványok is találhatók. Az utóbbiak közül édesvízi kagylók és csigák, nagy ritkaság gyanánt tengeri kagylók is előfordulnak. Az állatok túlnyomó része azonban szárazföldi vagy mocsárvízi rovarok és gerincesek közül kerül ki. Különösen híres ősszállati leletek kerültek ki a pilseni medencéből az ottani permkorú kőszénből: rovarok, skorpiók, százlábúak, rákok, halak és páncélos kétlábúak. A pécsi széntelepben ősgyíkcsontokat találtak, míg a sajóvölgyi barnaszéntelepekben édesvízi kagylókön kívül Sajókazán masztodon fogak kerültek elő.

Némely széntelepben mészkő, dolomit, vagy vaspát anyagú többé-kevésbé gömbölyű vagy szabálytalan konkréciók észlelhetők. Leggyakoribb ezek közül a dolomit, amelynek előfordulása tengeri rétegekkel földött széntelepekhez van kötve. Összetételében finomabb növényi részek is fölismerhetők, úgyhogy keletkezése utólagosan elváltozott növényi anyagokra vezethető vissza.

A széntelepekben éppúgy, mint minden más kőzetben, repedések mentén a kísérő kőzetekből kilúgozott különböző ásványos anyagok rakódhatnak le. Ezek között néha ritka ásványok is vannak, mint a walesi és veszfáliei széntelepekben millerit, a bajor Pfalzban malachit, cinóber. Rézszulfid, tarkarézérc, cink- és ólomérc gyakrabban észlelhetők. Csaknem minden széntelepben megtaláljuk azonban kisebb-nagyobb mennyiségben a piritet, mely repedések mentén vékony kérget alkot, vagy elszórt kristályokban mutatkozik. A nem fémes ásványok közül a kovasav, glaukó, barit, keserűs, foszforit és gipsz említhetők. Ezek közül mennyiségi és minőségi káros befolyása miatt legfontosabb a pirit, amelynek bomlása további ásványok keletkezésére (vasszulfát, gipsz, kén) vezet. Elégetés alkalmával mindezeknek az ásványoknak legnagyobb része a hamuban marad vissza.

Már rámutattunk arra, hogy a széntelepek minőségét az itt említett idegen anyagokon kívül különböző földtani hatások is befolyásolják, javítják vagy rontják. Ilyenek a hegyképződéssel járó nyomás, vulkáni hőhatások, vegyi reakciók, szenesedési időtartam, leszívargó vagy külszíni vizek kioldása és levegőn való oxidáció. A széntelepek vizsgálatánál tekintettel kell lenni ezek esetleges szerepére is.

A széntelepek kiterjedésének nyomonkövetése a réteges kőzetek települési vizsgálata szerint történik. A telep kiterjedése az alatta levő, fekvő- s a fölötte levő fedőrétegek jellegeinek megállapításával, a széntelep minőségének, szerkezetének megismerésével s a kísérő kőzetekben előforduló állati és növényi maradványok segítségével nyomonkövethető. Ezek teszik lehetővé a szénösszletben levő sok széntelepnek nagy kiterjedésű szénmedencék különböző helyein való fölismerését, illetve azonosítását. Egy-egy telep jellemző kísérő kőzete akár fedőben, akár fekvőben azonosításra alkalmas vezetőréteg lehet éppúgy, mint a telepek

kíséretében levő kövületek. Az azonosnak talált telepek azonos megjelölést nyernek, amely vagy származással vagy különböző tulajdon- és keresztnévvel történik. Minthogy az egyes szénmedencék különböző részein föltárt telepek azonosítása többnyire későbbi időkben, a megismerés előrehaladottabb szakában lehetséges, azért a legtöbb helyen ugyanaz a telep más-más elnevezés alatt ismeretes. A kísérő kőzetek és állati vagy növényi maradványok vizsgálata annál inkább fontos, mivel a telepek sem minőségben, sem vastagságban nem állandók, hanem rövidebb-hosszabb távolságban változhatnak. Vannak telepek, melyek egyik irányban vastagodnak, más irányban vékonyodnak, sőt egészen eltűnnek s a meddő kísérő kőzetben végződnek. Az utóbbi esetben a telepet kiékelődőnek mondjuk. Gyakori az az eset, amidőn több kisebb-nagyobb vastagságú meddő kőzettel elválasztott széntelep a közbeeső meddő rétegek valamilyen irányú kimaradásával egyesül s ilyen módon sokszor a fentebbi példákban említett tetemes vastagságot mutat. Ennek ellentéte gyanánt máskor egységes széntelepek meddő közbeágyazások kivastagodásával több padra, vagy sokszor egészen széttolódva, külön telepekre oszlanak.

Mint minden üledéknek, úgy a széntelepeknek is eredeti települési formája a közel vízszintes réteg. Nagyon sok esetben azonban, már az egykori térszíni egyenetlenségeket követve, a széntelep az egykori tőzegréteg zsugorodásából és ülepedéséből kifolyólag is egyenetlen, hullámos települést mutat. A későbbi hegyképződést létesítő földkéregmozgások során azonban csaknem minden egykori szénmedence különböző alakban s kisebb-nagyobb mértékben megnyilvánult települési zavarokat szenvedett, gyűrődött vagy földarabolódva egyes részeiben lesüllyedt, másutt emelkedett. Ezért mai szerkezeti alakjukban a különböző szénterületek nem nevezhetők medencéknek, ami alatt szerkezetileg a rétegeknek többé-kevésbé összehajló települési formáját vagy morfológiailag magaslatokkal szegélyezett mélyedést értünk. A használatban lévő szénmedence megjelölés legtöbbször a keletkezésében összefüggő, egykori morfológiai üledékgyűjtő területre vonatkozik, tehát kizárólag ösföldrajzi (palaeoorografiai, illetve palaeektipológiai) fogalom. A hegyképződési folyamatok során a szénmedence üledékei újjáformálódott térszínt nyertek és egyenetlenségeiken a földtani erők: víz, fagy, szél végezték térszínformáló, pusztító munkáikat. Mélyen bevágódó folyóvizek föltárták a fiatalabb rétegekkel elfödött széntelepeket s ezeken a természetes telepkibúváson indult az ember, hogy birtokába vegye évmilliók fölhalmozott melegét és kemény, verejtékes, könyörtelen munkával fölszínre hozva, emberi jólétet, boldogulást, fényt, meleget, kultúrát teremtsen abból. A szén első kitermelése a telepek természet nyújtotta kibúvásain indult.

A szénterületek gazdasági kihasználása és értékelése az itt vázolt földtani szempontok vizsgálati eredményeitől függ. Minden egyes esetben foglalkoznunk kell a szénterület kiterjedésével, rétegeinek kifejlődésével és egymásutánjával, majd a széntartalmú rétegek kifejlődési módjával, közettani sajátágaival, a benne lévő széntelepek számával, azok közvetlen kísérőkőzeteivel (fedő-fekvőrétegek), a telepek minőségével, vastagságával, kiterjedésbeli viselkedésével. Mindezek a kérdések genetikus alapon tisztázandók, azaz valamennyi üledék és széntelep visszavezetendő eredeti keletkezési anyagára és formájára. Ezen az alapon megállapítandók mindazok a változások, melyek a szénterület rétegösszetét, beleértve a széntelepeket is, idők során különböző tényezők és behatások során érték. Minél részletesebb és gondosabb valamely szénterület tudományos tanulmányozása, annál biztosabban halad annak megállapításain a gazdaságos kihasználás. A széntelepek fölkutatása az illető terület képződményeinek, a széntelepeket tartalmazó rétegek alatt és fölött következő rétegek fölismérésétől, valamint a telepek települési módjától függ. A széntelepek föltárása, bányászati műveletek megindítása elsősorban a település módja és a kísérő kőzetek minősége szerint alakul. A bányászat, illetve kitermelés lehetőségét azonban nagy mértékben befolyásolja az általános gazdasági helyzet. Ezért a szénterület értékelése viszonylagos és sok külső

tényezőtől függ. Ha a széntelep nagy mélységben van, vagy csekély vastagságú, akkor bányászása nem gazdaságos. Máskor barnaszéntelepek nagyon kis mélységben mutatkoznak, amikor nem nagyon értékes külterületen az egész fedőréteg letakarításával, külfejtéssel művelhetek. Nagyon jelentékenyen befolyásolja a bányászat lehetőségeit a közvetlen kísérő kőzetek kifejlődése. A fekvő- és fedőrétegek keménysége és szilárdsága fontos előfeltétel, míg laza, omló vagy víztartalmú kőzetek között a telepek fejtése nagy nehézséggel, veszéllyel és főként sok költséggel jár. A laza kőzetek, homok, kavics nagyon kellemetlen omlást okoznak. Nem kívánatos az erősen képlékeny kőzetek (agyag) jelenléte sem, mivel nedvesség fölvtétel mellett duzzadnak s térfogatnövekedésük nagy nyomást okoz. Különös nyomatékkal esik latba még a kőzetek vízvezetőképessége is, mert a víz a bányaművelés nehézségeit növeli. A kőzetek lyukacsossága a levegőtartalom, illetve légvezetés (szellőztetés), valamint az esetleges gázok jelenléte szempontjából jön számításba. Ezeket a főbb szempontokat tekintetbe véve, még a terület megközelíthetősége, illetve földrajzi fekvése is irányadó. Ilyen módon érthetővé válik a bevezetésünkben említett gazdasági értékelés időszakonként és helyenként erősen változó jellege is.

Minden létesítendő bányaművelésnek egyik legfontosabb alapja a szénterületen belül várható szénmennyiség megismerése. A szénmennyiség vagy szénkincs a terület nagyságától, a széntelepek számától, vastagságától, kifejlődésétől és a települési viszonyoktól függ. Ennek megállapítása részletes földtani vizsgálattal és kutató föltárásokkal, legtöbbször fúrásokkal történik. A földtani vizsgálat kijelölheti a szénösszlet várható kiterjedését s amennyiben az abban mutatkozó széntelepek analógiákból ismeretesek, úgy hozzávetőleges szénkincsbecslést is adhat. Az utóbbit úgy számítjuk ki, hogy a terület négyzetméterét a széntelepek vastagságával és fajsúlyával megszorozzuk. A számítás egyszerűsítése céljából az utóbbi legtöbbször egynek számítható, úgyhogy például 100 m² területen 3.5 m telepvastagság mellett, 350 m³ szén várható, ami ugyanannyi tonnát, azaz 350.000 kg-ot képvisel. Ha a széntelepek vízszintes helyzetükből erősen kimozdultak, úgy ugyanilyen nagyságú terület szénmennyisége a dűlésszög megfelelő függvényével növekedik.

A földtani vizsgálat alapján számított szénkincs-mennyiség nem minden esetben jelent egyszersmind kitermelhető mennyiséget is, mert az utóbbi sokszor az előbbinél jóval kisebb. A számított szénmennyiség még teljesen átkutatott területeken sem egyezhet a kitermelt mennyiséggel, mert a bányászás rendszerint a berendezkedésektől függő 10-30 % veszteséggel jár.

A szénképződés időbeli és térbeli eloszlása.

A szénképződés idejét a széntelepek földtani kora állapítja meg, utóbbi pedig a kísérő kőzetekben található állati és növényi maradványok alapján határozható meg. A szénképződés föltételei szerint földünkön a szénképződés akkor vált lehetővé, amikor elegendő növényi tenyészet s megfelelő éghajlati viszonyok voltak. A szénképződés történetileg összefügg a növények fejlődéstörténetével. Földünk legrégebbi őskorából határozott növényi nyomok nem maradtak reánk, de a legősibb kőzetekben található grafiterek, fészkek és telepek valószínű növényi életre utalnak. Még a cambriumban is csak bizonytalan tengeri moszatoknak minősített elágazó maradványok vannak, amelyeknek növényi eredete kétséges. A legelső kétségszítványos növények a szilurból maradtak reánk s ezek között már szárazföldi növényeket is találunk. A következő devon-időszakban már a növényvilág elemeit számban is megszorozva látjuk s moszatokon kívül a karbonbeli páfrányok, harasztok elődjait is megtaláljuk. Az egyik moszatszerű alga olyan tömegesen halmozódott föl, hogy az Eifel hegységben, Neunkirchen mellett vékony széntelepeket is szolgáltatott.

A karbon időszakban gigantikus méreteken és bámulatos bujaságban a szénképződés összes föltételeivel jelentkező növényi élet hatalmas szénterületeket szolgáltatott. A későbbi időszakokban mindmáig tökéletesedő s a föld újkorában megjelenő, kétszikűekkel változatosan gazdagodó flóra szenesedésre elegendő anyagot szolgáltatathatott. Valóban a karbon óta minden földtani időszakban találunk szénképződést, méreteiben azonban csak két időszakban volt ez különösen szembeötlő: a *karbonban* és a *harmadidőszakban*. Ennek a szénképződésben mutatkozó különbségnek oka a növényföhalmozódás méreteiben rejlik. A karbon nagykiterjedésű lápmenedencéit az éghajlati viszonyokon kívül a kedvező térszíni viszonyok tették lehetővé. A karbon előtti gyűrődések egyrészt megnövelték a szárazföldet, másrészt hegyrendszereket formáltak, amelyek az éghajlatot és térszínt kedvezően alakították. A harmadkorban szintén a nagymértékben működött hegyképződési folyamat befolyásolta a szénképződés méreteit. A közbeeső időszakokban tehát a szénképződés kisebb méretei inkább a kedvezőtlenebb térszíni viszonyokkal magyarázhatók, amelyek a tengerek uralmát biztosították, míg a szárazföldön többnyire száraz, sivatagi éghajlat állotta útját a láposodásnak. Az egész földre kiterjedő jelentékeny szénképződést a karbonban és harmadidőszakban látunk, amikor az egész földre kiható hegyképződés is folyamatban volt. Ez a körülmény is a szénképződésnek a hegyképződéssel összefüggő voltát bizonyítja.

A szénképződés a leghatalmasabban a karbon időszakban nyilvánult meg, amely nevét is ettől a legjellemzőbb földtani jelenségről nyerte. A kőszénképződés időszaka ez, amely időben sokkal távolabb esik a barnaszénképződés főidőszakától, a harmadkortól, mint az utóbbi a jelentől. Földtörténeti szempontból nagyon jelentős időszak ez, mert a szerves élet tartósan vette birtokába a szárazföldet s mindjárt változatos és gazdag állati és növényi alakokkal népesítette be azt. A legmagasabbrendű állatokat ugyan csak a kétéltűeknek előttünk idegenszerű alakjai, a páncélos gőté, majd az időszak végén az első nehézkes őshüllők, köztük a pofacsontos hüllő s néhány páncélos ősgyík képviselte. A gerinctelenek annál változatosabb formákban népesítették be a kőszénkorszak tengereit, mocsarait és levegőegét. Egyetlen más időszak sem mérhető össze növényi életének gazdagságával és reánk maradt növényi maradványainak mennyiségével és sokféleségével. E növények kedvező megtartása, sokszor a legfinomabb mikroszkópi, anatómiai vizsgálatokat is lehetővé teszi, úgyhogy a karbon az egyetlen földtörténeti időszak, amelyet a növényi társaságok egymásrakövetkezése alapján oszthatunk be. A tengeri növények szerepe alárendelt s csak mészalgák alakjában ismeretesek, amelyek néha kőzetalkotó mennyiségben mutatkoznak nálunk is a borsodi Bükkhegység fekete tengeri mészköveiben. Annál gazdagabb a szárazföldi növényi élet, a maga edényes

zárvatermőivel és egyszikűivel. Óriási zsurlók, faharasztkok, erdős, páratelt mocsarak tenyésztében végzik szénsavat munkáló anyagcseréjüket, széntelepekben hagyva vissza fölraktározódott szénmennyiségüket, amelyből az ember ma évmilliók napmelegét varázsolhatja vissza.

A földtörténetben ez a méreteiben egyedül álló szénképződés a karbon- és perm-időszakra terjed, amelyek egyéb földtani eseményeik (hegyképződés, vulkáni működés, jégkorszak, stb.) közössége alapján egy nagy időszakká egyesíthetők s anthrakolithikum névvel illethetők. Ez a megjelölés is mutatja, hogy a szénképződés mindkét időszak kimagasló eseménye. Ezen az időszakon belül a föld kerekesség különböző részein különböző szintekben jelentkezik a szénképződés. Európa keleti részén, a moszkvai medencében, az Uralban, Észak-Amerika nyugati részén, továbbá Skóciában a kőszén időszak alsó részében vannak széntelepek. Európa nyugati területein, valamint Észak-Amerika középső részein, a felső-karbonban, azaz a főntebbi, tágabb értelemben vett szénképződési időszak (anthrakolithikum) középső részében, a perm-időszak határáig. Közép-Európa egyes helyein, Drezda vidékén, Csehországban (Nürschan), továbbá a déli féltekén, Dél-Amerika, Dél-Afrika, Madagaszkarban, az Indiai-Óceán szigetein, Ceylonban, Arábiában, Szíriában és Ausztráliában a perm-ben, illetve a felső-anthrakolithikumban vannak széntelepek.

A kőszénkorszak szénképződése a széntelepek kifejlődése és képződési módja szerint három főbb típust mutat, amelyek legjellemzőbb előforduláshelyeiről nevezhetők. A *Donc-típusban* nagyterjedésű területeken szárazföldi és tengeri rétegek szabályos váltakozását látjuk. Ez tengermenti keletkezésre utal, ahol a szárazulatot, illetve erdős lápvidéket időszakonként az előrenyomuló tenger árja borította el. A telepek nem vastagok, számuk nem nagy, de nagy területre kiterjednek. Ezek a területek a Donec-vidékén, Dél-Kínában, Észak-Amerika középső részén (Illinois) és Texasban felső-karbonban, Shantungban és Skóciában az alsó-karbon felső részében voltak szénképződés helyei, valamennyi régebbi gyűrődési övek közelében. A *weszfáliai típus* túlnyomórészt olyan helyben élt mocsári növényzetből keletkezett, amely az egykori tengerpartvidéken nem rendszeresen váltakozva, hanem csak időszakonként került rövid tartamú tengerelöntés alá. Telepek számában, vastagságában és kiterjedésben leggazdagabb szénterületek: Európa északi részei, Észak-Kína, Pennsylvánia tartoznak ide. A *saar-brücki típus* részben összemosott, részben helybenélt növényzetből, a tengertől távol, szárazföld belsejében, egyes kisebb területekre szorítkozó s a karbonhegység egykori völgyeinek, tómedencéinek megfelelő részeken keletkezett. A németországi Középhegység, Csehország, a francia Centrál-Plató, Toszkana, az Ibériai-félsziget és a Fekete-tenger mentén lévő előfordulások tartoznak ide. Ezek a keletkezésben eltérő főbb típusok természetesen több átmeneti típust is mutatnak. Megkülönböztetésük nemcsak földtani értékű, hanem épen mivel keletkezésén alapul, az egyes típusok széntelepei minőségben, gyakorlati értékben is különböznek.

Európa északnyugati részén többé-kevésbé összefüggő övben vonul földtani egység gyanánt az a gazdag kőszénterület, melynek egyes részeit Felső-Sziléziában, Weszfáliaiában, Hollandiában, Aachen körül, Belgiumban, Franciaország északi szegélyén keresztül nyomozhatjuk. Tengeralatti összefüggése a Calais-csatornában mutatkozik Anglia felé, majd innen tovább, az Atlanti-Óceánon túl Új-Foundland és Új-Skócia, továbbá az északamerikai Appalachi heggyvonulathoz símuló szénterületek vehetők természetes folytatása gyanánt. Ez a hatalmas vonulat Európa legnagyobb szénterületeit tartalmazza, amelyek genetikai összefüggésük dacára nagyon különböző földtani szerkezetűek. Egyszerűbb, viszonylag zavartalanabb településű részekről kezdve a legbonyolultabban gyűrődött részekig, minden szerkezeti típus képviselve van benne.

Ennek a vonulatnak legkeletibb nyulványai Felső-Szilézia, Lengyelország, Nyugat-Galicia és Morvaország kőszénterületei. A széntartalmú rétegösszlet 6-7000 m összvastagság mellett, mintegy 5700 km² területen, 124 fejtésre érdemes telepet tartalmaz, 172 m vastagságban. Többnyire fiatalabb rétegekkel van fődve s nem nagyon gyűrt szerkezetet mutat több kisebb-nagyobb medencére különülve. A rajna-wesztfáliai kőszénterület Európa leggazdagabb bányavidékeit foglalja magában. A széntartalmú rétegek eddig föltárt vastagsága 3000 méternél nagyobb. Kilencvenkét széntelepének összes szénvastagsága 79 m. Rétegeik csak kevés helyen bukkannak felszínre, legtöbb helyen törésekkel átjárt gyűrődésekben krétaidőszakbeli rétegek települnek rajtuk.

Jóval alárendeltebb jelentőségűek a hollandiai területek, melyeknek egész kiterjedése még nem ismeretes. A részben jelenkori mocsarakkal fődött területeken megindult fűrészek nagyon kedvező eredményűek, 700-1000 m mélységben megállapították a kőszénformáció jelenlétét, a németországi kifejlődés keleti folytatása gyanánt. Az északfrancia-belgiumi vonulatrész Calais-tól kiindulva, keskeny vonulatban egyenletesen húzódik s mintegy 10 km szélességben az Ardennek és Vogezei hegyvonulatához simulva halad át Belgiumba a német határig. Erősen gyűrt s hosszanti törésvonalak mentén pikkelyesen áttolódott rétegösszlete mintegy 1000 m vastag s 60-70, részben művelhető telepet tartalmaz. Nyugat felé az európai vonulat Angliában végződik, ahol az északi, középső és walesi medence, valamint az írlandi és kenti területek tartoznak ide. A kőszéntartalmú rétegek 4000 m vastagság mellett 75, csak felerészben művelhető, 30 m összvastagságú telepeket tartalmaznak.

Ezen az északeurópai vonulaton kívül Németországban a waldenburgi medence gyanánt ismert kőszénterület 50 km hosszú és 35 km széles, délkelet felé nyitott északkelet-délkeleti irányú tekno. Ez a részben Csehországba áthúzódó medence édesvízi eredetű szénképződést mutat, telepeinek nagyon változó kifejlődésével. A Saar-medence kőszéntartalmú rétegösszlete 2500 m, 55 művelhető, 60 m összvastagságú szénteleppel hosszan elnyúló, keskeny beszakadásos területet formál. Még néhány kisebb kőszénelőforduláson kívül jelentősebb területek vannak Szászországban, ahol három főbb területet ismerünk. Ezek közül csak a Szász-Érchegységben levő medence karbonbeli, a dőhleni medence jobbára már lefejtett telepei pedig a felsőbb anthrakolithikumba, azaz az alsó-perm időszakba tartoznak.

Franciaország kőszénkincsének mintegy fele esik az említett északi vonulatba. Ezenkívül az ország középső és déli részében több kisebb elszigetelt édesvízi keletkezésű medence nagyon sokféle és változó minőségű széntelepeket tartalmaz. Hasonló jellegűek a spanyolországi és portugáliai kisebb medencéket formáló kőszénelőfordulások is a Pyrenaeusok keleti oldalán, Spanyolország déli részén. Nagyon szerény anthracitjellegű kőszénelőfordulás van Szardíniában és az Alpokban (Arnovölgy).

A jelenlegi Csehszlovákiához tartozó ostrau-karwini terület a felsősziléziai medence délnyugati peremére esik. Rétegeinek földtani fölépítésében az orlaui zavargás lényeges változást okozott s az ostrau-peterswaldi területet a dombrau-karwini résztől elkülöníti. Az előbbi anthracitjellegű sovány szeneket, az utóbbi valamivel fiatalabbkorú gázdús szeneket tartalmaz. Szénösszletében harmadkori elmosások jelentős pusztítást végeztek. Ugyancsak a felsősziléziai terület szerkezeti egységébe tartozik a schatzlar-schwadowitzi terület, amelynek legnagyobb része nagy vastagságú, fiatal fedőrétegekkel van borítva s így mélysége miatt nem sok kilátással kecsegtet. A Csehország belsejében levő kisebb medencék a franciaországi idősebb alaphegység kisebb-nagyobb mélyedéseit kitöltő édesvízi típusal egyeznek. A prágai (Kladno, Rakonitz) és pilseni medencék tartoznak ide, ahol a szénképződés a perm időszak alsó részébe is átnyúlik.

Ugyanilyen édesvízi keletkezésű kisebb medencének minősíthetők a délmagyarországi, krassó-szörény megyei tiszafa-újbányai, bigéri és kemenceszéki karbon-köszénterületek. Az utóbbiban négy 0.5-2 m vastagságú, többnyire palás vagy szénvaskő betelepülésekkel tisztátalanított telepet ismerünk. Kiterjedésük nagyon korlátozott, miért is nagyobb jelentőségük nincs. Ezt a típust képviseli még az eddig ismert bulgáriai anthracitjellegű előfordulás az Isker-völgyben, Szófiától északra, amelynek pontosabb földtani kora nincs tisztázva. Hasonlóképpen kevéssé van még föltárva az egyetlen szerbiai karbon köszénelőfordulás a Pek- és Ulava folyók vízválasztójától északra.

E jelentéktlenebb európai köszénelőfordulásokon kívül jelentősen esnek latba Európa köszénkészletében az oroszországi területek. Négy nagyobb területet ismerünk itt, amelyek egyike, a jelenlegi Lengyelországhoz tartozó Dombrava-medence, a felsősziléziai kifejlődésnek közvetlen folytatása s ahhoz hasonló viszonyokat mutat. A többi tulajdonképpen oroszországi terület kifejlődése a nyugateurópaiaktól lényegesen eltér. A moszkvai medence mintegy 2500 km² kiterjedésű, gyengén gyűrődött területén tengeri rétegekkel váltakozó alsó-karbonbeli széntelepek 1 m vastagságot nem haladják túl, gyöngye minőségűek, határozottan barnaszén jellegűek, miért is csak néhány helyen állanak művelés alatt. Valamivel nagyobb jelentőségűek az Ural mindkét oldalán mutatkozó, szintén alsó-karbonbeli szénelőfordulások, melyeknek fontosságát az ottani ércbányászat kohói adják meg. A legjelentékenyebb azonban a Donec-medence 30.000 km² nagyságú felső-karbon területe, amely tengeri rétegekkel váltakozó, több mint 30, 0.35-1.75 m vastagságú széntelepet tartalmaz. A széntelepek azonban túlnyomórészt vékonyak s az 1.5 métert ritkán haladják túl; 0.5 m aluli telepek nem művelhetők. Az egész széntartalmú összlet 2400-2600 m. A telepek vastagsága nagyon változik, bár a telepek kiterjedése meglehetősen állandó.

Különlegesség számba megy a Spitzbergák köszénelőfordulása, amely nemcsak földrajzi fekvése, hanem földtani kora miatt is érdekes. Itt ugyanis a karbonkorú köszéneken kívül, idősebb, devonkorúnak bizonyult rövidlángú, gázban szegény kokszszenet bányásznak a Medvék szigetén. A széntelep vastagsága 0.7-1.7 m, kiterjedése a tartós jégtaaró területén még teljesen kinyomozva nincsen.

Mint említettük, az északeurópai köszénvonulat Angliából az Atlanti-Óceánon keresztül átvezet bennünket az északamerikai köszénterületekre. Ezt a természetes összeköttetést az Atlanti-Óceán kanadai partvidékén, Új-Skóciában és Brit-Kolumbiában föltárt széntelepek szolgáltatják. A kis mélységben elérhető széntelepek összvastagsága 10 méter. A kanadai karbon előfordulások nagyobb része egyébként még közelebről nincs tanulmányozva. A köszénelőfordulások igazi »amerikai« méreteit azonban az Egyesült-Államokban látjuk, amelynek szénterületeit összesen közel félmillió négyzetmérföld kiterjedésűnek becsülték. Ez a széngazdagság az Egyesült-Államok vezető szerepét annál inkább biztosítja, mivel a telepek nagyobb része könnyen művelhető. Az Egyesült-Államok szénterületei földrajzilag hat csoportba oszthatók: 1. A keleti területek, Pennsylvánia anthracittelepeivel, melyek mintegy 1250 km²-re terjednek. Idetartoznak ezenkívül Nyugati-Pennsylvánia, Ohio, Virginia, West-Virginia, Kentucky, Tennessee, Georgia, Alabama szénelőfordulásai. 2. A belső fekvésű területek: Michigan, Illinois, Indiana, West-Kentucky, Iowa, Kansas, Missouri, Oklahoma, Arkansas és Texas. Ez a két csoport képviseli a tulajdonképpen köszéneket, mert a továbbiak már többnyire európai értelemben véve barnaszének, amit az amerikaiak subbituminous néven említenek. 3. A Golf-terület barnaszénterületei: Alabama, Mississippi, Louisiana, Arkansas és Texas. 4. Az északi területek: Dakota, Keleti Montana és Északnyugat-Wyomingban. 5. A Sziklás-hegység részben köszén-, részben barnaszénterületei: Nyugat-Montana és Wyoming, Kolorado, Utah és Új-Mexikó. 6. A Csendes-Óceán partvidéke: Washington, Oregon és California.

A pennsylvániai anthracittelepek az Alleghany-hegység keleti oldalán, erősen gyűrt, keskeny medencékben fordulnak elő. Összesen 10-15 telep, közöttük a már említett 3-15 m vastag mammut-telep. Az Alleghany-hegység nyugati oldalán ezzel szemben zavartalanabb, lankás településben mintegy 40 fejtésre érdemes telep mutatkozik, egyes nyergekkel elkülönített tíz medencében. A szénképződés a perm-időszakra is áttért és általában a nyugateurópai típusnak megfelel. Lényegesen eltérnek ettől a belső területek szénterületei, amelyek inkább a Donec-típusú tengeri rétegekkel váltakozó kifejlődést mutatják. A mintegy 420.000 km² területen négy elkülönült medencét találunk, amelyek mindegyikében más-más, egymással nem azonosítható telepösszlet van. Általánosságban a 750 m vastag rétegösszletben 15, átlag 0.8-1.5 m középvastagságú telep akad.

A kőszén előfordulására vonatkozólag a többi világrészekből csak többé-kevésbé hiányos ismereteink, egyes elszórt adataink vannak. Még leginkább Ázsiát ismerjük ebből a szempontból, bár a szénelőfordulások földtani viszonyai s ezek alapján a gazdasági értékelés ott még nagyon hézagos. Törökország s a Földközi-tenger körüli területek legjelentékenyebb kőszénelőfordulása a kisázsiai Heraclea pontica 150 km hosszú, édesvízi kifejlődésű felső-karbon rétegeiben mutatkozik. Itt 22 kitűnő minőségű, könnyen bányászható 0.9-9.4 m, összesen 44 m összvastagságú telep van föltárva.

Ázsiai Oroszország kőszénben nem nagyon gazdag. Az Ural már említett keleti oldalán idősebb karbonbeli kőszénnek változó minőségűek. Legjelentékenyebb karbon-kőszénterület a Kusnetz és Sudjensk az Altai hegységben. Itt helyenként 17, átlag 10 telep, 25 m vastagságú kokszolható szenet és anthracitot tartalmaz.

Kínában a kőszén legelőször ismerték. Kőszénelőfordulásai azonban többnyire szétszórtan néhány vékonyabb telepet tartalmazó kisebb medencék, amelyeknek értékét túlbecsülni nem szabad. Legnagyobb kiterjedésben a permbe tartozó szénképződés területei észlelhetők Liau-Fung és Shantungban északon, Kansu és Shensiben nyugaton, továbbá délen Peking körül és különösen Shansiban. A számos kisebb előfordulás közös jellege a telepek kis száma. Valamennyit fölülmúlja azonban s talán még a világ összes szénterületeinél is gazdagabb Shansi tartomány, ahol 34.870 km² területen csaknem vízszintes helyzetben 3-6 anthracittelep nyomozható, köztük egy egyenletes kiterjedésű, 6-9 m vastag főtelep. Ez az egész előfordulás permkorú. A kínai többi érdemleges szénelőfordulások Mandzsuriában, Tsiliben és egyéb kisebb helyeken, mind a permbe tartoznak. A kőszénkorszak alsó részébe sorolhatók a shantungi előfordulások, amelyeknek kifejlődését és kiterjedését ma még nem ismerjük. A nyugateurópaiakkal egykorú, felsőkarbonbeli előfordulások eddigi ismereteink szerint egészen jelentéktelenek. (Nanshan.)

A tágabb értelemben vett kőszénkorszakban (anthrakolithikum) Dél-Afrika, Kelet-India és Ausztrália kőszenei azon az akkor még egységes összefüggő szárazulaton képződtek, mely földünk középkorának végén tűnt el. Ez a szénképződés az európainál fiatalabb, a felső-anthrakolithikumban, a perm időszakban volt a saarbrücki típusnak megfelelő egyes kisebb medencékben. Lefolyásában a perm jégkorszakkal időben kapcsolatos. Méreteiben a közép-franciaországi és csehországi előfordulásokat meghaladta. A keletindiai jelentős kiterjedésű kőszéntelepek már földünk középkorának elején a triászban keletkeztek, magas hegységekkel szegélyezett síksági szárazföldek belsejében. Hasonló körülményeket találunk Ausztráliában Új-Zélandban és Új-Délwalesban, ahol a kőszénkeletkezés kora még tisztázatlan, valamint az indiaival azonos délafrikai táblás településű, mintegy 10-15 méter összvastagságban mutatkozó kőszéntelepeknél. Az utóbbiak kiterjedését mintegy 5000 négyzetmérföldre becsülik. Ugyanezek a széntelepek ismeretesek Kongó-államban is. Az indiai, ausztráliai és délafrikai kőszénnek közös tulajdonsága, hogy gyöngébb minőségűek, többnyire nem kokszolhatók és nagy hamutartalmuk van.

Dél-Amerikában szintén az említett »karbon-utáni« rétegösszletben mutatkoznak széntelepek, különösen Braziliában. A telepek szabálytalan előfordulása s a szén nagy hamutartalma miatt azonban nagyobb jelentőségük egyelőre nincs.

Míg a karbon-időszak szénképződése földünk egész területén általánosan megnyilvánult s ha különböző szintekben és mértékben is, de mindenütt képviselve van, addig földünk középkorában csak egyes területekre szorítkozó s méreteiben is jóval kisebb szórványos szénképződés ment végbe. Földünk középkorának hajnalán az ausztrál-indiai összefüggő szárazulaton keletkeztek a főntebb említett szárazföldi jellegű, édesvízi szénmedencék, közvetlenül a perm-i jégkorszak után, sőt helyenként annak üledékförlhalmozódása közben. Ezek a területek, mint láttuk, kiterjedésük miatt számottevők. A *triász*-időszak azonban általában csak néhány, inkább tudományos érdekességű szénterületet szolgáltatott. Az Egyesült-Államokban, Virginiában ismerünk egy 190 négyzetmértföld kiterjedésű területet, 3-12 m vastagság között változó, két-három jó minőségű szénteleppel. Ezenkívül Tonkingban, Hunanban és Jünnanban alsó-triászbeli elég jelentős szénelőfordulások vannak, míg Mongoliában és a kínai Hupében, valamint Argentínában kisebb felső-triászbeli medencék ismeretesek. Svédország szénben szegény volta mellett nagyobb jelentőségű a két fejthető telepet tartalmazó felső-triászbeli (rhät) előfordulás az ország déli részén. Értéktelenebb nyomok vannak az Alpokban és Boszniában is.

Valamivel jelentékenyebbek a *juraidőszaki* szénelőfordulások, bár szintén csak egyes elszigetelt, kisebb-nagyobb medencékre szorítkoznak. Eddigi ismereteink szerint túlnyomólag az eurázsiai szárazulaton ismeretesek. Ausztráliában a viktóriai és újkaledóniai mezozoós, illetve jurakorú, közelebbről még nem ismert területek tartoznak ide. Amerikában nincsenek juraidőbeli szénelőfordulások. Európa nyugati részén csak nagyon alárendelt jelentőségű kisebb területeket ismerünk Angliában. Az Alpokban, Gresten körül találunk kisebb kiterjedésű, liász széntelepeket, amelyeknek legnagyobb és leggazdagabb területe a pécsvidéki előfordulás. Az itteni, mintegy 15 km hosszú vonulatban 700-900 m összvastagságú szénösszletben, sok vékony szénzsinóron kívül 30 telepet ismerünk, 50-60 m összvastagsággal, amelynek mintegy fele művelésre érdemes. Keletkezési ideje a jura kezdetére, a liász aljára esik, s a Pécsről délre eső s keletre az Alföld felé folytatódó, egykori kristályos alaphegységbe nyúló öböl partközeli erdős lágjainak köszöni létét. Túlnyomólag édesvízi jellegű üledékei között csak elvétve találunk egy-egy tengeri réteget. Ugyanígy keletkezésű a krassószörényi Anina környéki liász-előfordulás és a valamivel fiatalabb brassóvidéki kisebb területek. Ebbe a típusba tartoznak hasonló kisebb liász-szénelőfordulások Szerbiában is.

Ázsiában a Kaspi-tó körül vannak jelentéktelenebb liász-szénelőfordulások. Ezenkívül valószínűleg szintén liászkorúak a Syr Darja melletti, közelebből még nem ismert kisebb előfordulások is. Sokkal jelentékenyebbek azonban a Kaukázusban, a Kuban-folyó mentén levő föltárt területek, ahol egy 15 m vastag lankás településű széntelep hét mértföld terjedelemben van kinyomozva. Ismeretlen liász-előfordulások vannak Perzsiában, az Elbrus-hegységben. Szibériában a Jenissei folyótól keletre és az Amur mentén dogger rétegekben mutatkoznak széntelepek. Kínában szintén, több jurakorú szénmedencét ismerünk, amelyeknek értékéről eltérők a vélemények. Dél-Kínában közel 5000 mértföldnyi területen tartalmaznak a középső jura-rétegek jó minőségű széntelepeket, amelyek tetemes szénkincset biztosítanak. Kisebb medence van Peking körül is. Ezeken kívül még a jurába tartoznak a Spitzbergák egyes szénelőfordulásai s az Andő-szigeteken lévő is.

Földünk középkorának harmadik szakában, a *kréta* időszakban a szénképződés viszonyai a jurához hasonló méreteket mutattak. Európában csak viszonylag kisebb, többnyire édesvízi medencét ismerünk. Mindjárt a jura-kréta határon találunk Észak-Németországban,

Hannoverban jó minőségű három széntelepet tartalmazó előfordulást. Nálunk a veszprém megyei Ajka község határában édesvízi jellegű s az afrikai beltavak és ausztráliai szigetvilág mocsári életére emlékeztető csigákat tartalmazó felsőkrétakori széntelepek tartoznak ide. Többnyire egy széntelep 1-2 m vastagságban, néha vékonyabb kísérelőtelepekkel. Kiterjedése nem nagy s bár a vele egyenlőkorú rétegek hasonló kifejlődésben a Bakony északi részében is megvannak, a széntelepek itt már csak nyomokban mutatkoznak. Nincs kizárva az a lehetőség, hogy a széntelepek anyagának egy része másodlagosan halmozódott föl. Hasonló, kisebb felsőkrétakori szénelőfordulásokat találunk a Bihar-hegységben, Nagyvárad körül, Krassó-Szörényben Ruszkabánya vidékén és Szeben megyében, Sebeshely vidékén. Szerbiában a kréta-széntelepek nagyobb elterjedésűek, bár részletesen még nincsenek felkutatva. Egyes területek Kelet-Szerbiában 3-5 szénteleppel már föl vannak tárva. Bulgáriában, az úgynevezett Balkán-medencében, felső-krétakori széntelepek vagy lencsék nagyobb területen mutatkoznak. Két-három, helyenként tíz széntelepet tartalmaznak, 0,2-6 m nagyon változó vastagságban. Jelentéktelen kréta-szénnyomok vannak Boszniában is.

Észak-Amerika említett szénterületei közül jelentős szerepet visznek minőségben és mennyiségben a krétakori szénelőfordulások. A felső-krétarétegek négy szintben tartalmaznak itt telepeket, melyeknek termelési központja Colorado. A Szikláshegység vonulatában itt nemcsak jó minőségű, hanem anthracitjellegű szenek vannak, különösen az erősen gyűrt területeken, míg a síksági részek felé barnaszén-jellegűek. A coloradói telepek jó minőségét is felülmúlják a hasonlókorú mexikói előfordulások, míg Kanadában a felső-krétarétegekben főként barnaszén-, sőt lignitjellegű telepek vannak.

Fölemlíthetjük még, hogy Japánban triász- és krétakori kisebb anthracitelőfordulásokra bukkantak.

A krétaidőszak végével lezáródik földünk középkora, de általánosságban kimaradnak a kőszéntelepek is. Az újkor kezdetétől létesült szénképződés túlnyomólag mostani barnaszeneinket szolgáltatta. Ez az egész harmadidőszakra kiterjedő szénképződés földünk középkorával szemben nagy lendületet mutat, ami a kétszikű növények és a lombos fák fejlődésével és a lépten-nyomon megújult, megfelelő térszíni viszonyokkal magyarázható. A harmadkori szénképződés azonban sem általános elterjedésben, sem méreteiben nem érte el a kőszénképződés karbon mértékeit. A harmadidőszaki széntelepek túlnyomólag szárazföldek belsejében levő kisebb-nagyobb egykori édesvízi medencékben keletkeztek. Legtöbbször rövid tartamú tőzegesedésre utalnak, néha azonban nagy vastagságú, fokozatos sülyedés útján keletkezett rétegösszletben több egymásra következő széntelepet tartalmaznak. *Walther* a harmadidőszaki szénmedencéket kizárólag édesvízieknek minősíti, ezzel szemben azonban azt látjuk, hogy egyes esetekben határozott tengermenti láposodást mutató s tengeri rétegek közbetelepülésével jellemezett medencék is találhatók. Ilyen gyanánt említhetjük a Sajó völgyi alsó-mediterrán (miocén) szénösszletet is.

Európa nyugatán, Angliában a harmadidőszaki széntelepek nagyon jelentéktelenek s csak egyes kisebb oligocén-előfordulások ismeretesek. Franciaországban számos kisebb előforduláson kívül Auvergneben és Provenceben vannak jelentősebb barnaszénterületek. Németország barnaszénelőfordulásokban szintén gazdag. Első helyen állanak a szászországi, thüringiai és braunschweigi oligocén-telepek, melyek több kisebb-nagyobb medencében, helyenként külfejtésben, másutt, mint Szászországban, fiatalabb fedőrétegek alatt mélyművelésben termelhetők. Brandenburgban miocénkorú széntelepek vannak, éppúgy mint Frankfurt környékén, valamint Niederlausitz hatalmas 20 m átlagos vastagságot mutató széntelepében is. Ugyancsak miocénbeliek a sziléziai szétszórtan található előfordulások, a poseni, pommerni, kelet- és nyugat-poroszországi kiterjedt területek is. Az oligocén és miocénben mutatkoznak a hesseni barnaszéntelepek, melyeknek minősége, helyenként bazaltáttöréssel

lényeges javulást mutat. Igen jelentékeny a Rajnavidéki barnaszénelőfordulás, amelynek miocén széntelepe zavartalan településben nyomozható 18-100 méter közt változó vastagságban s külfejtéssel művelhető. A bajorországi felső-oligocén-telepek ezzel szemben erősen gyűrt, keskeny medencében az Inn és Lech folyók között húzódnak s jó minőségű szurokszenet szolgáltatnak.

Számos kisebb-nagyobb teknőben mutatkoznak a csehországi középső- és felső-oligocén, valamint alsó-miocén barnaszénelőfordulások, melyek közül a komotauai, brüxi, orsegi, duxi és teplici említhetők, az utóbbi 10-25 m vastag teleppel. Egyes helyeken a barnaszén földtani behatásokra kőszénjellegűvé javult. Stájerország szintén gazdag oligocén-miocén széntelepekben. Egyes előfordulásokat ismerünk Karinthiában, Krajnában, Morvaországban, Alsó- és Felső-Ausztriában is. Galiciában nagyobb kiterjedésű, gyöngye minőségű telepek nyomozhatók.

Magyarországon széntermelésünk nagyobbik részét a harmadkori telepekből nyerjük. A harmadidőszak egész tartama alatt keletkeztek itt kisebb-nagyobb szénelőfordulások. Az eocénba tartoznak a tatabányai, dorog-tokodi főbb előfordulások. Az oligocén felső részében gyakorlatilag kevésbé értékes, szórványos előfordulások vannak, kivéve a Zsil-völgyét, ahol nagy vastagságú s kőszénjellegű, kokszolható széntelepek vannak föltárva. A miocén elején jelentékeny szénképződési területek szolgáltatták a salgótarjánvidéki és borsodi széntelepeket. A felsőmediterránban egyes kisebb lokális fölhalmozódásokat, valószínűleg nem helytálló módon létesült telepet képvisel a hidasdi előfordulás. A legfiatalabb, pliocén-időszakban széltében-hosszában mutatkozó, mennyiségben és minőségben jelentéktlenebb szénnyomokon kívül, érdemleges szénterületeket találunk Várpalotán, amely *Taeger* szerint, deltaképződményben összemosott növényi anyagokból létesült. Ugyanide tartoznak a mátraalji (gyöngyösvidéki) s a Boldva völgyében újabban föltárt gyöngébb minőségű barnaszének is. Ezeknél is fiatalabbak a székelyföldi előfordulások. E különböző korú telepek általában minőségben is különbözők, többnyire gyöngébb minőségűek s a németországi vagy csehországi barnaszéneknél lényegesen rosszabbak.

A Balkán-félszigeten, Szerbia és Bulgária területén, gyakoriak a különböző, többnyire még föltáratlan barnaszénterületek. Boszniában viszont eocén-, oligocén-, miocén- s pliocén-telepek meglehetősen nagy elterjedésben ismeretesek. Olaszország barnaszénben is szegény s csak Toscanában vannak értékesíthető telepek. Spanyolországban Barcelona krétakorú barnaszenei valószínűleg nagyobb kiterjedésben lesznek kimutathatók. Svájcban több helyen vannak kisebb, helyileg értékesíthető miocén előfordulások. Ezeknél sokkal nevezetesebbek a Spitzbergák harmadkori széntelepei, melyek korukhoz képest föltűnő jó minőségűek, valósággal kőszénjellegűek. Kisebb helyi jellegű, fiatalkorú barnaszénelőfordulások vannak Izland szigetén is.

Amerika és különösen Észak-Amerika nagy kiterjedésű barnaszénterületek hazája. A főntebbi csoportosításban a Golf- és északi területek, a Szikláshegység és a Csendes-Óceán partvidéke jórésztben idetartoznak. Mint főntebb láttuk, a Szikláshegység krétabeli széntelepei is részben, a kevésbé gyűrt területrészek barnaszénjellegűek. A többi területek harmadidőszakiak, főként eocén szárazföldi rétegsorozatban találhatók. Igen kiterjedt, jó minőségű eocén-szénterületek vannak Alaskában is. Dél-Amerika harmadkori barnaszenei kevésbé ismertek, többnyire lignitjellegűek. Csaknem valamennyi délamerikai államban megtalálhatók. Ausztráliában sok nagy kiterjedésű területről tudunk, amelyek között legismertebb Viktóriában 80 m vastag jó minőségű telepet tartalmaz. Új-Zélandban eocén barnaszénket ismerünk. Afrikában nagyon szórványos adataink vannak algiri és abesszíniai barnaszénekéről.

Ázsia északi részén, a Jenissei vidékén, a Baikal-tó környékén, az Amur mentén nagy-kiterjedésű, ismeretlen értékű harmadkori szénelőfordulások vannak. A keletindiai szigeteken Jávában, Szumatrában, Borneóban élénk bányászat folyik az ottani eocén-széntelepekben, míg a Filippinák hasonló előfordulásai még föltárássra várnak. Különös figyelmet érdemelnek a Japán tulajdonában levő Sachalin-sziget kőszénjellegű miocén telepei, melyek éppúgy, mint a hasonló japáni előfordulások, kitűnő gázszén szolgáltatók s Japán széntermelésének zömét adják.

Egy pillantást vetve a jelenkori szénképződés területeire, a tőzegképződés helyeire, azt látjuk, hogy az északi félgömbön tetemesen nagyobb a tőzegterületek száma, mint a délin. A legnagyobb mértékű a tőzegképződés Európában. Ázsiában a fiatal gyűrődések hegyvonulatától északra eső területek kisebb-nagyobb mértékű tőzegesedést mutatnak. Figyelemre méltó, hogy a hegyvonulatok lábánál a tőzegképződés legnagyobb. Észak-Amerika, a legészakibb részek kivételével, szintén többé-kevésbé tőzegképződési terület. Egyes partvidékek és a nagyobb beltavak mélyedései erőteljesebb tőzegesedést mutatnak. A meleg égövön túlterjedő, vagy általában tőzegmentes területtől délre, a déli félgömb tőzegterületei sokkal kisebb s körülírtabb részekre szorítkoznak. Dél-Amerika déli partvidéke, Kerguelen, Ausztrália délkeleti széle, Tasmania és Uj-Zéland a legintenzívebb tőzegterületek.

A legújabb vizsgálatok szerint azonban a trópusi tájak sem egészen mentesek a tőzegképződéstől, mert a páratelt trópusi erdők az erdős lápok típusos jellegeit mutatják.

Ha végigtekintünk a szénképződés időszakain, azt látjuk, hogy a földtörténet minden szakában megtaláljuk a széntelepeket, illetve az ezeket létesítő szénképződési folyamatot. Ez a folyamat azonban egyes időszakokban erőteljesebb, másokban gyengébb mértékben észlelhető, tehát ez a földtani jelenség is erőteljesebb megnyilvánulásában időszakosnak, időnként visszatérőnek mondható. Még nincs tisztázva az a körülmény, hogy a szénképződés szükségszerű láncszeme valamely földtörténeti ciklusnak, mint ahogyan azt *Arrhenius-Frech* magyarázata föltételezi. A hegyképződéssel való szoros kapcsolat bizonyítja, hogy a szénképződés szervesen beletartozik valamilyen földtörténeti fejlődési ciklusba, annak menetében szükségszerűen következik be, azonban a ciklus összetartozó elemei még tisztázatlanok. A hegyképződéssel való kapcsolatból folyik egy-egy korban keletkezett szénterületek földrajzi helyzete is, még pedig nemcsak általánosságban, hanem kisebb területeket illetőleg részleteiben is. Ugyanezzel függ össze az a tapasztalati tény, hogy *nagyobbszabású, jellegzetesen sülyedő medencében történt szénképződés ugyanazon a helyen két egymásra következő földtani időszakban nem lehetséges*. A tartós, fokozatos sülyedés ugyanis előbb-utóbb tiszta tengerelőntésre vezet s tiszta tengeri üledékek keletkezésével a lápképződésnek véget vet.

A föld szénterületeinek földrajzi eloszlását vizsgálva föltűnik, hogy azok túlnyomórészt az északi félgömb mérsékelt éghajlatú övében terülnek el. Az északi félgömb területi túlsúlya a délivel szemben fönnálló méretbeli különbségéből önként következik. A szénterületek alárendeltebb szerepét a meleg égöv alatt a tőzegképződés mai elterjedése magyarázza. A száraz trópusi tájakon érdemlegesebb tőzegképződés, illetve a növényi anyagok szenesedési folyamata nem lehetséges. Újabb időben sikerült ugyan az Indiai-Óceán szigetein, Braziliában s néhány más ponton valószínű erdős lápokot találni, amelyek elég tekintélyes kiterjedésűek, sőt mint említettük, *Lang* egészen fiatalkorú barnaszéneket is ismertetett, azonban ezek a trópusi tőzeglápok nem lehetnek az óriási területeket borító kőszén-korabeli lápok hasonmásai. Ezek inkább kisebb kiterjedésű harmadkori medencékkel azonosíthatók, amint azt *Lang* is kimutatta, a németországi barnaszén keletkezési viszonyait látva bennük. A föntebbi földrajzi eloszlás valóban csak a kőszénkorszak széntelepeire vonatkozik, míg a fiatalabb barnaszén, mint láttuk, többé-kevésbé átlépik ezt a határt.

A barnaszének keletkezési időtartama, mely mint láttuk, már a krétaidőszakra nyúlik vissza, jóval nagyobb, mint a méreteiben sokkal jelentékenyebb karbon kőszénkeletkezés. Ennek oka a harmadkorban meg-megújult ismételt gyűrődésekben s a középhegységeket kialakító törésekben rejlik. Az ilyen módon ismételt megújított térszín megfelelő klímaváltozásokkal adta meg a harmadkori szénképződés alapját. *Frech* az európai idősebb harmadkori barnaszéntelepeknek Észak-Európában észlelt hiányát a klíma lehűlésére vezeti vissza, amelynek következménye gyanánt a szénképződés délebbre vonult. A klíma fölmelegedése és a kőszénhegységek kiemelkedése adta meg a szénképződés föltételeit a felső-oligocénben, vagy Észak-Németországban az alsó-miocénben. A barnaszénképződés klímája úgy Németországban, mint nálunk, páratelt szubtrópusi volt. Az eocénben klíma eltérés nem igazolható, miért is az eocén szénképződés hiánya inkább térszíni és az őstengerek eloszlási viszonyaira vezethető vissza.

A harmadidőszaki barnaszénképződés három főbb szakaszát kell megkülönböztetnünk. Az első az eocén, amely főként az időszak elején s közepén, a lezárt krétakorú hegyképződés után megindult üledékképződési szakaszra esik. A másik az oligocén-miocén, mely a felső-oligocén és alsó-miocén sok helyen el sem különülő, folytonos szénképződést foglalja magában. A harmadik végül a pliocén szénképződés, amely az előbbiekkal szemben lényegesen kisebb mértékű s sokkal helyibb jellegű, úgyhogy mintegy a mai tőzegképződéshez vezető átmenetet mutat. A három időszak közé eső időben a szénképződés csaknem teljesen szünetel. A hegyvonulatok, dombvidékek s egyéb térszíni kialakulás minden esetben már a szénképződést közvetlen megelőző időben megtörtént. Végül megemlíthetjük még, hogy a pliocén szénképződés nagyobb méreteiben mindig csak a hegységek lábainál mutatkozik, attól távolabb mindinkább jelentéktelenebbé válik. Ennek okát az egykori medencék partvidékén másodlagosan fölhalmozódó növényi anyagokban látom.

A földkéreg szénhidrogénjei.

A természet egyik legelterjedtebb eleme a szén két olyan tulajdonsággal tűnik ki, amelyek többnyire csak külön-külön mutatkoznak. A szénelem ugyanis magas vegyértéke mellett önmagával is korlátlanul egyesülhet. Ez a két sajátság képesíti a szénelemet a szénvegyületek beláthatatlan sorának létesítésére. Tiszta alakban a szén csak a gyémántban és a grafitban mutatkozik, vegyületeinek végtelen sora azonban a szerves élet alkotó elemeit adja, de ezenkívül a különböző szervesetlen közetekben is képviselve van (karbonátok). A szén a hidrogénnel általában csak erős elektromos áram mellett egyesül, mégis a természetben több mint száz szénhidrogént ismerünk, amelyek minden szerves vegyület alapjai. A szén és hidrogén elemeinek száma és kölcsönös viszonya szerint osztályozhatók a különböző szénhidrogének sokféle csoportjai.

Valamennyi szénhidrogén meggyújtva elég, s elégetéskor szénsavvá és vízzé lesz. A színkép-elemzésekkel kitűnt, hogy az üstökösök részben szénhidrogénekből állanak. Alárendelt mértékben kimutathatók a földi vulkánok működésében is. A növényi anyagok között a szénhidrogéneket képviselik a kaucsuk, gyanták és az ätherikus olajok főrése. Kísérletileg a legegyszerűbb szénhidrogén a metán, mely szén és hidrogénelemekből 1200° mellett előállítható. Előállíthatók száraz lepárlással a fából és a különböző ásványi szenekből is. Természetes keletkezési módja azonban a szénhidrogéneknek a szerves anyagok bomlása, amelynek legismertebb terméke a mocsárgáz. Az utóbbi keletkezésnek termékei a földkéreg szénhidrogénjei, a petróleum, földgáz, földszurok és földi viasz, amelyek ilyenformán földünkön különböző ösidőkben végbement bomlási folyamatok fölhalmozódott termékeinek tekintendők. Ez a négy nyersanyag sok különböző szénhidrogén változó keveredéséből áll s alárendelten még kisebb mennyiségű ként, nitrogént és oxigént tartalmaz. Előfordulásuk mennyiségében a petróleum és földgáz állnak első helyen, utánuk következik a földszurok vagy aszfalt s alárendeltebb elterjedésű a földi viasz.

A földolaj (kőolaj) vagy petróleum zsíros, ragadós, szerves folyadék, amely vízben nem oldódik s a víznél könnyebb. Nevét olajos jellegéről nyerte, mivel már a legrégebbi időkben sok helyen a földből látták kiszivárogni. Ez a »valódi« olaj már Nagy Sándort is meglepte, amikor Bocharában az Amu-Darja körül petróleumforrásokat látott, holott »az országban olajfák nincsenek«. A petróleum a szénhidrogének nagyon változó sorából áll s azonkívül csekély mennyiségben oxigénvegyületeket, nitrogént, ként, vizet s némi szervesetlen anyagot is tartalmaz. Változó vegyi jellege szerint ingadozók a fizikai tulajdonságai is. Néha híg, máskor nehezen folyós vagy nyúlós. Színe víztiszta vagy sárga, gyakrabban vörösbarna és fekete. Szúrós szagú. Általában a víznél könnyebb, sűrűsége 0.7-1 között ingadozik, ritkábban nehezebb (1.2). Minél könnyebb, annál világosabb is. Erősen fénytörő. Szabad levegőn a könnyebb olajalkatrészek elpárolognak s a nehezebbek visszamaradva, megsűrűsödnek, vegyileg átalakulnak, aszfalttá lesznek.

A petróleum változó vegyi összetétele s ebből folyó különböző fizikai jellege megnehezíti minden tekintetben elfogadható osztályozását. Ezért általában csak gyakorlati alapon, részben a sűrűség, részben a lepárlás termékei alapján szokás megkülönböztetni. Sűrűség alapján megkülönböztetünk nagyon könnyű (0.7-0.8), könnyű vagy közép (0.8-0.9) és nehéz (0.9-1) olajokat. Lepárlás közben mutatott viselkedése szerint szintén három csoportba osztható. Az elsőbe tartoznak a $0-150^{\circ}$ között elszálló olajok, különösen a benzin, melyek a földgázhoz legközelebb állanak. A másodikba tartoznak a $150-300^{\circ}$ közt kiváló könnyű olajok (kerozin), míg a harmadikba a 300° -on fölül kiszabaduló, az aszfalthoz közelálló nehéz olajok. A desztilláció közben mutatkozó eltérések az egyes olajok hidrogén, illetve széntartalmával

kapcsolatosak. A hidrogénben dúsabb olajok könnyebbek, a szénben dúsabbak, nehezebbek. A könnyű olajok földgázhoz közelálló szénhidrogén-összetételt mutatnak, az egyszerűbb metháncsoportokhoz tartoznak s így paraffinolajoknak mondhatók. A nehéz olajok viszont sok szénelemhez kötött viszonylag kevesebb hidrogénnel, aszfalt-bázisú csoportnak nevezhetők. E különböző vegyi és fizikai viselkedés szerint a petróleum folyékony szénhidrogénekben oldott gáznemű és szilárd szénhidrogénnek nevezhető. Ha a gáznemű szénhidrogének önállóan lépnek föl, akkor földgáz, ha pedig a szilárdak lépnek föl külön, akkor a nehéz olajok aszfalt-, a könnyű olajok földi viasz-előfordulásairól beszélhetünk.

A földkerekség sok helyén vannak gázömlések, amelyek vagy vulkáni működésekkel összefüggő kénhidrogén, vízgőz, nitrogén és szénsavgázokat, vagy pedig vulkáni területektől távol eső, nagy üledékfömlalmozódással jellemezett területeken, túlnyomólag szénhidrogént, kisebb mértékben kénhidrogént és szénsavat szolgáltatnak. Az utóbbiak gáznemű szénhidrogénjeit nevezzük földgáznak. Mint már említettük, a földgáz a petróleummal előfordulásban és keletkezésben szoros kapcsolatban van, annak gázalakú megjelenési formája. Összetételében ezek szerint szintén különböző szénhidrogének vesznek részt, mégis azonban túlnyomólag a metán (mocsárgáz) az uralkodó. Ehhez járulhatnak még a hidrogénben gazdagabb szénhidrogén-sorozatok, továbbá szénsav, nitrogén, kénhidrogén és kevés oxigén is. A közönséges hőfokon és légnyomásnál gázállapotú, csaknem tiszta metánt tartalmazó száraz földgázzal szemben a rendesen petróleummal együtt előforduló nedves földgáz rendes légnyomásnál folyékony, egyéb szénhidrogéneket is tartalmaz s csak bizonyos hőfok mellett válik gázalakúvá. Az utóbbiak bizonyos mértékben a petróleum és földgáz átmeneti típusait képviselik.

A földszurok vagy aszfalt éppúgy, mint a földgáz, a petróleummal átmenetekkel függ össze. Mint láttuk, a szénhidrogén sorozat nehezebb féleségeinek, az aszfaltolajoknak szilárd képviselője, amelyet amazoktól élesen elhatárolni nem is lehet. Részletesebb vegyi alkata még nincs teljesen földerítve. Rendes hőmérséklet mellett szilárd, 70-110° között megolvad. Barnásfekete vagy fekete, fényes, homályos szurok- vagy zsírfényű, többnyire kagylós törésű. Vízben, savakban, alkáliákban nem oldódik, kloroformban, benzinben vagy többnyire nehéz olajokban igen.

A földi viasz vagy ozokerit ugyanolyan viszonyban van a petróleummal, mint az aszfalt, azzal a különbséggel, hogy a könnyű szénhidrogén-sorozat (paraffinolajok) szilárd alakját képviseli. Külső sajátságai az összetételében résztvevő szénhidrogének minőségétől függ. Néha lágy, kenőcsszerű, máskor kemény, sőt rideg. Világossárga, barna vagy fekete. Többnyire szagtalan, néha kellemes illatú, máskor petróleumszagú. 50-100°-nál olvad, petróleumban, benzinben, benzolban, könnyen oldódik. Általában jóval ritkább, mint az előbb említett szénhidrogének. Legrégibb, legismertebb és legfontosabb előfordulása Galiciában Boryslaw-Truskawiec, valamint az ennél jóval kisebb Dzwiniac-Starunia, mely utóbbi a belőle kikerült sokféle ösgerincesről, köztük egy világhírű szőröstől-bőröstől konzervált ösorrszarvú-leletről nevezetes.

A földkéreg szénhidrogénjeinek típusai között lévő szoros kapcsolat, mely nemcsak genetikailag, hanem vegyi- fizikai tulajdonságokban, sőt térbeli föllépésükben, illetve előfordulásaikban is megnyilvánul, indokoltá teszi, hogy alábbi tárgyalásainkban általában csak a petróleumot tartjuk szem előtt, amely egyébként a földgázzal együtt mennyiségileg is túlsúlyban van.

A petróleum az emberi történetben.

Különöseket a természeti kincsek, nyersanyagok történetének útjai. A köszönet például régóta ismerte s bizonyára használta is az ember, mégis az erre vonatkozó történeti adatok nagyon gyérek. Annál gazdagabbak ezek a petróleumra vonatkozólag. Ugyilátszik, hogy a petróleum és földi szurok előfordulások, valamint főleg az ezekkel kapcsolatos földgáz gyakori meggyulásából származó »öröktüzek« sokkal jobban magukra vonták az ember figyelmét. Különösen az öröktüzek megmagyarázhatatlan rejtélyei foglalkoztatták képzeletét s ezért imádták annak kiapadhatatlan tüzet. A történeti adatok szerint a petróleum egyszerű fölhasználása régebb keletű, mint a széné, s mégis a XIX. század közepéig fölhasználása alig multa fölül legelső alkalmazásának primitív kereteit. Ezzel szemben a szén későbbben észlelhető kezdetleges fölhasználása gyorsabb méreteket öltött és hamarabb fejlődésnek indult a gyakorlati alkalmazás lehetőségeinek terén.

A petróleum ismerete azokon az előfordulási helyeken, amelyek a legrégebb emberi kultúra székhelyei voltak, a messze ókorba vezet bennünket vissza. A biblia szerint már Noé bárkája kívül-belül szurokkal volt bekenve. Ezzel egyezik a babiloniak mondája is. Mindenesetre valószínű, hogy az özönvíz monda eredete olyan országban végbement természeti jelenségre vezetendő vissza, amelyben petróleum, illetve földi viasz előfordulások voltak. Ezek pedig, amennyiben az emberiség bölcsőjét sok joggal Ázsiában keressük, valahol Indiában vagy Elő-Ázsiában lehettek. A Mózes-legenda őse Mezopotámiából származik, ahol Sardanapol király könyvtárának egyik téglatöredékén olvasható, hogy I. Sargon királyt születésekor édesanyja földszurokkal vízhatlanná tett fűzfavessző kosárban az Eufrát folyóba tette, s innen Akki, a jó víziszellem húzta ki.

A szurok használata már nagyon korán szélteben elterjedt. Herodotus szerint a régi Babylónia kőfalait melegített szurokkal cementezték össze. Ugyanezt említi Mózes a Bábel-torony építkezéséről is. Babylóniában hatalmas mozaikokat és föliratos köveket találtak aszfaltból s Bagdad mellett, Kassau egykori régi asszír romok között, aszfaltpadozatot találtak. Az első leírásokat Strabo adta, aki a mezopotámiai és perzsiái előfordulásokat megemlíti. Szerinte Perzsiában régen termelik is. Diodorus szerint Mezopotámiában annyi az aszfalt, hogy nemcsak építkezéseknél használják, hanem fa helyett tüzelnek vele. Sok monda szól az indiai előfordulásáról is.

Algírban szintén már az ókorban ismerték a petróleumot, amint azt Strabo és Vitruvius említik. Egyes arab törzsek nevükben is viselik ezeket a vonatkozásokat. Az egyik Beni-Zenthis nevű törzsről maradt fenn az a monda, hogy ősük termékeny, gazdag vidék birtokosa gyanánt ült egyik napon egy kristálytisza forrás mellett, amely földjeit táplálva, egész birtokát termékennyé tette. Egyszerre egy szegény pásztor négy juhával jött oda, hogy tikkasztó szomjúságukat enyhítsék, de a kegyetlen birtokos csak úgy akarta ezt megengedni, ha a pásztor egyik juhot neki adja. Mikor erre nem volt hajlandó, fiait hívatta elő, akik a pásztort elkergették s juhait elvéve, atyjuknak vitték, aki igen örült, hogy telhetetlen kapzsisága kielégülést nyert. Ekkor azonban észrevette, hogy a kristálytisza forrás mindinkább zavarossá vált, kellemetlen szagot árasztott s végül állandóan fekete lett. Kétségbeesve kiáltott fiainak s rögtön látták, hogy kegyetlenségük büntetése ez, siettek a pásztor után, hogy juhait visszaadják neki. A pásztort azonban nem találták többé s a bűzös forrás termékeny földjeiket egészen elárasztva, minden tenyészetet megsemmisített, úgyhogy kénytelenek voltak birtokukat otthagyni, új hazát keresni.

A petróleum történetében fogalommá lettek a kaukázusi előfordulások, köztük elsősorban Baku, amelynek messze ismeretlen múltba vesző története szerint már a VI. században gyakorolták a tűzimádást. Az ezen a vidéken táborozó Heraclius császár 624-ben a tűzimádók templomait megsemmisítette. A tűzimádás kultuszát azonban felújították az arabok perzsiai hódításai nyomán elmenekült perzsák, s még a múlt század 70-es éveiben is állandó zarándoklőhelyek voltak a bakui szent tüzek. A XIII. század második felében Marco Polo említi Baku gazdag olajforrásait, köztük egy szökőforrást is. Főlemlíti, hogy messzeföldek népei, még Bagdad vidékéről is járnak ide világítóolajért. A középkorban a perzsa sah monopóliuma volt, aki a forrásokat bérbe adta, amint egy 1600 körüli föliratos kőből kitűnik. 1723-ban Nagy Péter elfoglalta a perzsáktól s a petróleum nagy jelentőségét fölismerve, szabályozta a kihasználást, azonban rendszabályai nem érvényesülhettek, mert a perzsák újból visszahódították a területet. 1806-ban került végleg orosz kézre s azóta fokozatosan indult meg kihasználása is. Az első petróleumfinomító-kísérletek az ötvenes években történtek, s a nagynevű Liebig német vegyész egyik asszisztense vezette a munkálatokat. Az első fűrást 1869-ben, tíz évvel az első amerikai fűrás után végezték.

Galiciából 1721-ben emlitenek gáznyomokat, majd 1791-96 között egymásután ismerték föl a petróleumforrásokat is. Ezzel egyszersmind a kihasználás primitív módja is megindult.

A világ leggazdagabb petróleumterületeiről, Észak-Amerikából francia hittérítők 1627-ben adtak először hírt. A kihasználás és értékelés azonban csak a XIX. század elején indult meg. 1857-ig világító- és kenőanyag gyanánt csak halzsírt használtak, ekkor azonban a megritkult bálnák mindinkább körülményessé vált vadászata nagyon megdrágította ezt az anyagot. Növényi olajok voltak ugyan, de mennyiségük és áruk szintén nem volt kielégítő. Az akkor még gyéren használt nyers petróleum erős, bűzös füsttel égett és még drága is volt. Ezért bizonyos fajta kátrány dús kőszének lepárlási termékéből nyert olajat használták sokáig. Ennek a szénolaj-iparnak fejlődése nagy lendületet vett, amidőn 1859-ben *Drake* az első pennsylvániai 61.5 m mélységű fűrásban petróleumban gazdag rétegeket tárt föl, s az így nyert petróleumot »rock oil« néven hozta forgalomba a szénből nyert »coal oil«-al szemben. Az utóbbi csakhamar a forgalomból egészen kiszorult és a kőszénolaj lepárlására berendezett üzemek lassanként áttértek a petróleum földolgozására.

A petróleum nyersanyagának értékelése csak a múlt század közepétől megismert és fokozatosan fejlődött finomítással valósult meg. Ezzel egyidőben fejlődött termelési és fölkutatási módja is. Az ókori használat csak a természetes forrásokra, kiszivárgásokra szorítkozott s legfőljebb néhány méteres gödröket ásva gyűjtötték össze a petróleumot, amelyet azután időnként kimerítettek. Indiában a bennszülöttek rongyokat mártogattak a petróleumos forrásokba s azokat kifacsarva, »termelték« a petróleumot. Észak-Amerikában ez a »termelési mód« még a XVIII. század végéig is divatban volt s Galiciában petróleumos vidékek patakjaiból hosszú fűvek bemártogatásával ma is szedik a petróleumot. Évszázadokig ezeket az ősi petróleumgyűjtési módokat alkalmazták míg a kereslet növekedése a termelés fokozását szükségessé tette, mert ezekkel a termelési módokkal nagyobb mennyiségek nem voltak termelhetők. Ekkor indult meg a kisebb-nagyobb, többé-kevésbé bányászatilag megfelelően formált kutatógödrök, illetve aknácskák létesítése, amelyekből különböző alakú és szerkezetű merítőkkel szedték a petróleumot. Az aknák mélysége azonban mindinkább nehezítette a merítő edények fölhúzását, ami Burmában a legutóbbi időkig úgy történt, hogy a merítő edénnyel leszállt embert kötélén néha 10-11 ember húzta ki a teli edénnyel.

A petróleumtermelő-aknák létesítésének nehézségei, amelyek a mélységgel még növekedtek, a fokozódó szükséglet hatása alatt olyan eljárás keresésére vezettek, amelynek segítségével könnyebben, kevesebb kockázattal, nagyobb mennyiségben lehessen a petróleumot felszínre hozni. Az előfordulások földtani viszonyainak és a petróleum természeti sajátságainak

fölismerésével ez a törekvés a fúrások alkalmazására vezetett. Artézi-kutak fúrása Kínában már ősidők óta ismert eljárás volt, amelyet több mint 2000 év előtt gyakoroltak, holott Európában a francia Artois grófságban csak 1126-ban fúrták az ottani karthauzi kolostorban az első kutat. Ezt az eljárást, kezdetben kézfúrásokkal a múlt század második felében általánosan alkalmazták, s ezzel kapcsolatban lendült a petróleumtermelés azokba a soha nem képzelt magasságokba, melyekkel a széntermelés egyeduralmát megtörte.

A petróleum keletkezése.

„Sok iskolát kell még addig kijárnod,
Sokat csalódnod, míg mindent megértesz.”

A keletkezés kérdése a petróleum megismerése óta, a legrégebbi időktől kezdve éppúgy foglalkoztatja az emberi elmét, mint a köszéné. A megismerés útja itt is ugyanazokon a csapásokon halad, mint ott s a keletkezés magyarázata itt is spekulatív alapon indult, majd egy-egy előfordulás vagy a petróleum egyik-másik sajátságából kiindulva, helytelen irányba tévedt s csak a legújabb idők gondos részletmegfigyeléseinek összesítésével jutott helyes megállapodásra. A magyarázatok zöme a XIX. századra esik s együtt fejlődött a petróleum használatával, a különböző petróleumterületek fokozatos feltárásával és megismerésével. A kérdés éppúgy, mint a széné, az őszanyagra, a keletkezés helyére, s a keletkezés módjára, illetőleg az átváltozás folyamatára vonatkozó vizsgálatok egyesített eredményeivel tisztázható. A legrégebbi magyarázatok főleg csak a petróleum származási helyével foglalkoztak s részben vulkánokban, a föld belsejében, vagy a földünket övező világűrben keresték azt. Az újabb magyarázatok azonban a petróleumot valamely más anyag átváltozási terméke gyanánt tekintik s egyrészt eredeti anyagának, másrészt az átváltozásnak kutatását, illetve tisztázását célozzák. A régi spekulatív természetű, sokféle átváltozási elméletek közül legrégebbi *Kluk* varsói kanonoké, aki szerint az első emberpár tartózkodási helye a buja tenyészetű paradicsom földjének nagy termékenysége, bizonyos mélységben levő zsíryananyagokból származott. A bűnbeesés után ez a zsír részben elpárolgott, részben a föld mélyébe süllyedt, miáltal a föld terméketlenebb lett. A mélységbe került zsír idegen anyagokkal keverődve, petróleummá változott, amit az özőnvíz is lényegesen elősegített.

A petroleumkeletkezés vizsgálata ugyanúgy, mint a széné is, a kérdés főntebb tagolódásának értelmében részben a földtan, részben a vegytan körébe tartozik. E tudományágak vizsgálati eredményei sokkal nagyobb összhangban vannak a petróleum kérdésében, amint a szénében. Az idevonatkozó vizsgálatok két körzetben mozognak. Egyik, kisebbik részük a petróleumot a világürről származottnak, *kozmos* eredetűnek vallja, míg a túlnyomó többség a *földi eredet* mellett marad. A kozmos származás szerint a petróleum földünk keletkezésének ősi állapotában, az őslégkör elemeiből szénhidrogénekké alakult s kellő lehűlés után petróleum-ész gyanánt hullott a földre. Ennek a fölfogásnak még századunk elején is vannak képviselői. A petróleumban egyesült sokféle szénhidrogének eltérő cseppfolyósodási hőfoka, valamint a petróleummal együttesen előforduló földgáz jelenléte ezekkel a magyarázatokkal egészen kiderítetlen marad. A legtöbb bűvár épen ezért a petróleumot kizárólag a földön, még pedig annak *mélyében*, vagy pedig annak egykori *felszínén* keletkezettnek tartja.

A mélységi magyarázatok szerint a petróleum a föld tüzesen izzó állapotú belsejében végbe-menő ásványos átalakulások során keletkezik, amikor fémkarbidok és víz egymáshatásából szénhidrogének létesülnek, melyek a földkéreg repedésein át kerülnek felszínre. Ezek szerint minden petróleum-előfordulás másodlagos helyzetű volna, mert nem ott keletkezett, ahol jelenleg található, hanem a föld belsejéből került oda. Ezek a magyarázatok, melyek különösen orosz vegyészek között akadtak követőkre, minden földtani megfigyeléssel ellentétben állnak. De ellentétben állanak vegytani tényekkel is, úgyhogy a szervesen keletkezést feltételező mélységi magyarázat teljes egészében elvetendő. A mélységi magyarázatok másik csoportja a petróleumot szintén a föld belsejéből származtatja, anélkül azonban, hogy a származás helyén kívül a származás anyagát, illetve módját is megjelölne. Végül idetartoznak azok a magyarázatok is, melyek bár nem a föld belsejében, de a földkéreg mélyében levő köszének vagy bitumenes közetek természetes lepárlásából származtatják a petróleumot.

Az idők folyamán fölszaporodott alapos földtani vizsgálatok, valamint a petróleum vegyi összetételének részletesebb megismerése nyilvánvalóvá tették nemcsak a mélységi keletkezés összes magyarázatainak, hanem a szervetlen, ásványos eredet lehetőségének kizárt voltát is. Így került előtérbe az őszanyag szerves jellege s ezzel kapcsolatban a szerves életet hordó föld felülete, mint a petróleumkeletkezés kiinduló anyaga és helye. Az erre alapított magyarázatok részleteikben sok eltérést mutatnak, amely főként abban nyilvánul, hogy egyesek a növényeket vagy ásványszénét, mások az állatokat, vagy az állatokat és a növényeket tekintik őszanyag gyanánt. A tisztán növényi származás alapján álló magyarázatok tengeri, mocsári és szárazföldi növények gyantás, fás anyagait tekintik a petróleum őszanyagául. Tengeri növények fölhalmozódására különösen egyes amerikai kutatók utaltak azonban behatóbb vizsgálatok szerint, a tengeri növények sem mennyiségben, sem átváltozási, bomlási folyamatban petróleumkeletkezésre nem nyújtanak alapot. Azok a rétegek ugyanis, melyekben tengeri növények előfordulása észlelhető, csak szenesedett alakban mutatkoznak. Mocsári növények, főként tőzegesedés során, egyesek szerint szintén petróleumot szolgáltathatnak, ami azonban téves megfigyeléseken alapszik. Épp így nem állhat meg a kovavázas egysejtű algáknak, a nagymennyiségben előforduló Diatomaceáknak petróleumképző szerepe sem, mivel az átalakulás során a kovásv teljes eltűnése sehogy sem magyarázható. Még leginkább tartotta magát a szárazföldi növények faanyagának és gyantájának átváltozásán alapuló elmélet, amelyet azonban sem földtani megfigyelésekkel, még kevésbé vegytani kísérletekkel igazolni nem lehetett.

Beroldingen, aki a kőszénkeletkezés modern magyarázatát legelőször fejtette ki, reámutatott a kőszén és petróleum kapcsolatára, s az utóbbit az előbbinek lepárlási terméke gyanánt keletkezettnek vette. Ez a fölfogás a legkülönbözőbb érvekkel támogatva sokáig tartotta magát. A kőszén és petróleum földtani előfordulása, területileg egymást kizáró volta azonban ellene mond ennek a keletkezésnek, amelynek valószínűsége esetén a széntelepekkel kapcsolatban, valamint azok fölött települt fiatalabb rétegekben kellene petróleumot és földgázt találni. Ezzel szemben azonban olyan területeken, melyeknek üledéksorozatában széntelepek és petróleum is jelentkeznek (Pennsylvánia), az utóbbi mindig az idősebb, a széntelep alatt fekvő rétegekben van. Bajos elképzelni, hogy a desztillációs termék folyékony gáztartalmú anyagai lefelé hatolva, gyűljenek össze.

Minthogy a petróleum őszanyagául növények nem tekinthetők, a vizsgálatok központjába az állati eredet került, amely szintén régi keletű ugyan, azonban az utóbbi időkig nem igen volt bővebben kifejtve s megfigyelésekből folyó vizsgálatokkal tudományosan alátámasztva. *Haquet* francia származású osztrák orvos, később lemergi tanár 1794-ben reámutatott arra, hogy a galíciai sósforrások és sótelepekkel együtt előforduló olajforrások kagylók és csigákkal teli rétegekkel kapcsolatosak. Szerinte az olaj nagyrésze biztosan ezeknek a tengeri állatoknak föloldódásából származik. A múlt század harmincas éveiben *L. v. Buch* a vulkanológia atyja, a németországi felső-liász fekete palák bitumenjét a bennük levő sok állati maradvány (halak, sárkányok) testéből származtatta. Azóta egyre-másra szaporodtak az állati maradványok fölismerésére vonatkozó észlelések és közlések, melyek nyilvánvalóvá tették a petróleum állati eredetét. Ennek bizonyítékai a következők: 1. A petróleum eredeti települési helyein állati maradványok vannak, növények hiányoznak vagy ritkák. 2. Növénytartalmú rétegek nem bitumenesek, csakis ha állati maradványokat tartalmaznak. 3. Kísérletek szerint állati maradványokból petróleumra emlékeztető szénhidrogének állíthatók elő. 4. Az egyiptomi lagunákban és korallzátonyokban talált petróleumra vonatkozó vizsgálatok kétségtelenül beigazolták, hogy az csak állati eredetű lehet.

Az eddig ismert gazdag petróleumelőfordulások magyarázatára, a petróleumkeletkezés vegyi átalakulási folyamata szerint, igen nagymennyiségű állati maradvány fölhalmozódását kell föltételeznünk. Ennek megfelelően a petróleumtartalmú rétegeknek egykori állati marad-

ványokban, kövületekben is gazdagnak kellene lenniök. A valóságban azonban ezt csak ritkán észlelhetjük, mivel a petróleumkeletkezésnél egyrészt túlnyomólag szilárd váz nélküli, kocsonyás állományú állatok jönnek tekintetbe, másrészt pedig a rothadás közben kiszabaduló szénsav a mészvázat föloldja és eltávolítja. Viszont arra is gondolhatnánk, hogy minden állati maradványokkal teli földrétegben petróleumnak is kellene lenni, holott azok legnagyobb részében a petróleumnak nyomát sem látjuk. Ez a tény azt bizonyítja, hogy az állati fölhalmozódások egymagukban még nem elegendők a petróleum keletkezésére, hanem még egyéb tényezőkre van szükség, amelyek a bomló állati anyagokból keletkező szénhidrogének fölgyülemelését is lehetővé teszik. A petróleumtartalmú rétegek olyan partközeli tengeri üledékek, amelyekben az állati maradványok manapság is észlelhető módon gyakran fölhalmozódnak. Ezekhez a tömeges állati fölhalmozódásokhoz nincs szükség nagy katasztrófákra, mivel az életföltételek megváltozása mindig maga után vonja az állati élet alkalmazkodni nem tudó elemeinek pusztulását. Ha a tengervízbe nagyobb mennyiségű édesvíz ömlik, akkor a sósvízű alakok hirtelen elhalnak. Tengeráramlások, hullámverések nagyon gyakori tényezői az elhalt állati maradványok összehalmozódásának.

Henkel már 1725-ben említi, hogy a földrétegekben eltemetett állatok és növényekből olaj és földi viasz keletkezett. Valóban a parti tájak gazdag állatvilága növényi elemektől nem teljesen mentes. A petróleum őszanyaga gyanánt tehát az állati anyagok túlsúlya mellett joggal feltételezhetjük bizonyos növényi anyagok jelenlétét is. *Potonié* a petróleumkeletkezés szempontjából az állóvizekben fölhalmozódó, állati anyagokban gazdag s olajos-zsíros mikroszkópikus vízinövényekből álló rothadó iszapra (sapropel) mutatott rá. A lényegében tözegesedési körülményeket mutató iszap szerves anyagainak megfelelő különleges rothadási folyamat alá kerül, amelyet *Potonié* főntebbi összeállításunk szerint, bitumenesedésnek nevez. *Engler* kísérletileg is igazolta, hogy ezekből a vízinövényekből petróleumjellegű anyagok keletkezhetnek. *Potonié* szerint tehát a rothadó iszapban lévő olajos algák hozzájárulnak a petróleum őszanyagához.

A vegyi átalakulás szempontjából teljesen közömbös, hogy alsórendű állatok vagy magasabbrendűek rothadása adja a kiindulás alapját. Az alsóbbrendűek, különösen pedig a hullámok hátán lebegő apró szervezetek, nagyobb mennyiségben szerepelnek. Az átalakulás anyagát az állati zsírok és fehérjék adják, míg a többi állati alkatrészek veszendőbe mennek. Növények közül szintén csak azok az anyagok jöhetnek tekintetbe, melyek az említett állati anyagokhoz hasonló vegyi összetételűek. Ezek között a szénhidrátok (cellulóz, cukor, gummi, stb.), protein és zsírok (viasz) adják az átalakulás anyagait alacsonyabbrendű és magasabbrendű növényekből egyaránt. *Höfer*, a petróleumkeletkezés főbb mozzanatait tisztázó jeles geológus szerint, az átalakulás nem magas hőmérsék, hanem nagy nyomás mellett megyen végbe. Ezzel a megállapításával a vegyi bomlási folyamat előfeltételeit megjelölte s ezen az alapon a kísérletek a folyamat főbb jelenségeit is tisztázták. Az utóbbi vizsgálatok *Engler* nevéhez fűződnek, akinek tanulmányait a földtani észlelésekkel *Höfer* hozta összhangba. Így alakult ki a petróleumkeletkezés *Höfer-Engler*-féle elmélete.

A vegyi átalakulás alapfeltétele, hogy a fölhalmozódott állati anyagok bomlása levegőtől elzártan történjék, amit az iszapelfödés tesz lehetővé. A meginduló vegyi bomlás legfőbb tényezője a nagy nyomás és a hosszú időtartam. Az átalakulás részletei még nincsenek tisztázva, épúgy, mint a kőszénkeletkezése sem, azonban a kísérlek tanúsága szerint, nagyon bonyolult vegyi folyamat, amely részben fermentumokkal elősegített erjedésjellegűt mutat. Ennek a bonyolult vegyi folyamatnak részletezésébe nem bocsátkozunk, a petróleumkeletkezésre vonatkozó eddig kialakult vizsgálati eredményeket azonban *Höfer* és *Engler* húsztétele nyomán az alábbiakban foglalhatjuk össze.

A petróleum állati és növényi eredésű őszanyagból egyaránt keletkezhetik, azonban az állati anyagok gyakoribbak és túlsúlyban vannak. A földhalmozódott szerves anyagoknak levegőtől elzártan kell bomlani, ellenkező esetben csak gázokat termelő közönséges rothadás áll be. Ezért a legtöbb eredeti keletkezési helyén levő petróleumtelep többnyire agyagos kőzettel van földve. Az állatok szilárd mészvázai a keletkező szénsavban elpusztulnak. A petróleumkeletkezés nem túl magas hőfokon, magas nyomás mellett, erjedés közreműködésével történik. Szerves eredetének megfelelőleg a szerves élet megjelenése óta minden földtani korban keletkezhetett, csaknem kivétel nélkül tengeri, még pedig sekélytengeri vagy partközeli üledékek gyanánt. A különböző petróleum előfordulások anyagának eltérő tulajdonsága elsősorban az átalakulás tényezőinek (hő, nyomás, idő) különböző voltától, alárendeltebben az átalakult állatoktól, vagy növények anyagának különbözőségétől függenek.

A földhalmozódás helyén keletkező petróleum egyik előfeltétele, hogy valamilyen likacsos kőzetbe (homok, homokkő) legyen bezárva, amely a petróleumot szivacs módjára magába szívja. További kőzettani előfeltétel a fentebb említett szigetelő agyagréteg, mely a petróleumtartalmú réteg fölött, sokszor alatta is települ. Az így keletkezett elsődleges vagy eredeti petróleumtelep azonban ritkán marad meg ebben a helyzetében, mivel részben folyékony, szivárgó volta, részben a rétegek utólagos zavargásai miatt tovább vándorol, másodlagos helyzetbe kerül. A vándorlás repedések mentén történik, részben nehézségerő, túlnyomólag azonban a gáztartalom hajtóerejének hatása alatt. Ezek a zavargások egyszersmind a petróleum keletkezésénél szükséges nyomást is szolgáltatják, mert a leülepedett rétegek súlyát sokszorosan növelik s az átalakulást előnyösen befolyásolják. Ennek a nyomásnak a kísérletek szerint különösen nagy szerepe van a már szétbomlott anyagok molekuláinak újraegyesülésénél és átformálásánál. Ez az oka annak, hogy a petróleum előfordulása mindig zavart településű, túlnyomólag oldalnyomás által gyűrődött rétegekhez van kötve. A petróleum túlnyomólag redőnyergekben mutatkozik, melynek legmagasabb részeiben a földgáz is gyakori, míg a teknőalakú mélyedésekben többnyire sósvíz észlelhető. A földi viasz, aszfalt (földszurok) és aszfaltit a petróleumból keletkeztek részben részleges bepárolgás, részben oxidáció és polimerizáció következtében. Az aszfalt telepekben található, míg a földi viasz és aszfaltit repedéseket kitöltő telérek.

A petróleumelőfordulások külső és belső jelenségei.

A természet nem csinál titkokat s »kincseit« nem rejtegeti az azokra sóvárgó ember előtt. Nagyon sok helyen föltárja előttünk a petróleumot is, csak ismerni kell megjelenési módját, látó szemmel kell vizsgálni kísérő jelenségeit. A természet műhelyében keletkezett szén-hidrogének külső jeleit, petróleumforrásokat, aszfaltelőfordulásokat, gázkutakat, iszapfortyogókat és a földgázak »örök tüzét« már ősidők óta ismerte az ember, amint ismerik ma az élesen látó természeti népek, a »vademberek« is. Ezeknek az olajkísérő jeleknek igazi jelentőségét, genetikus összefüggését azonban csak az évtizedes tudományos vizsgálatok tisztázták. Kitűnik ezekből a vizsgálatokból, hogy az olajnyomok nincsenek meghatározott földrajzi szélességekhez vagy bizonyos éghajlathoz kötve, hanem az egész földkerekségen egyformán, azonos megjelenési formákban mutatkoznak. Az egyenlítő körül épúgy megtalálhatók, mint a sarkok közelében, forróövi őserdőkben épúgy, mint északi sós pusztákon, szárazföldek belsejében és tengerek közelében. Nagyonbbrészt alacsony térszínen mutatkoznak, de magasabb tájakon is otthonosak s Utahban 1500, Wyomingban 1600 m körül is megtalálhatók.

A szomjas vándor által óhajtvá várt kristálytisztá üdítő vizű forrásokhoz hasonló módon bukkannak ki a földrétegekből az olajforrások, amelyek csalódást okoznak ugyan a szomját oltani vágyó vándornak, de örömet jelentenek a kőolajkincset kutatóknak. A kőolaj természete szerint a könnyű és nehéz olajok kibukkanásai külső megjelenésben is nagyon eltérő képet adnak. A könnyű olajok forrásai többnyire kicsinyek, jelentéktelenek, nem feltűnők, legtöbbször nehezen fölkutathatók. A barnaszínű olaj a külszínre szivároghva, alig látható nyom nélkül elpárolog s még a környezeten sem hagy jelentékenyebb nyomot vissza, a növényzetet is alig befolyásolja. Különösen agyagos kőzetekben észlelhető; agyag, palás agyag, agyagpala, márga, homokos agyag a kísérő kőzetei. Ezzel szemben a nehéz olajok forrásai nagyon feltűnők s az egész tájkép jellegét megváltoztatják. Feketeszínű, kátrányszerű anyaguk a felületen elszivároghva vagy elpárologva, fekete aszfalttá szilárdul, amely a források körül kisebb-nagyobb kúpokat, sokszor egész aszfaltmedencéket formálva, párolgásaival és kísérő gázaival nagy területek növényi tenyészetét megsemmisíti s halott kopárságot okoz. Kísérő kőzetei homokosak: homok, homokkő és konglomeratum. Ezen éles különbségek mellett mindkét fajta olajforrás megegyezik abban, hogy a földkerekség minden részén, a legrégebb földtani koroktól kezdve, minden időszaki rétegekben előfordulnak. Mindkét fajta olajforrás kíséretében egyformán megtaláljuk a földgázt, sósvizet minden esetben, sokszor kénhidrogént is.

Az olajforrások méretei nagyon különbözők. A könnyű olajok napi néhány litertől több száz literig változó olajmennyiséget szolgáltathatnak, azonban legtöbbször jóval ezen alul maradnak. Ennek dacára ilyen források már a régi időkben is magukra vonták a figyelmet s olajukat gyógycélokra gyűjtötték. Hasonló méretek között ingadozik az aszfaltos nehéz olajforrások kiadóssága is, amely napi 2-150 liter között változik, többnyire azonban nagyobb, mint a könnyű olajoké. Mivel a levegőn nem párolog el, hanem aszfalttá szilárdul, azért az ilyen aszfaltföhlhalmozódás sokszor termelésre érdemes mennyiségeket szolgáltat. Az így keletkezett aszfaltelőfordulások néha nagy kiterjedésűek. A venezuelai Bermudez szuroktava félméter mélységben négy négyzetkilométer területet, az ennél jóval nagyobb trinidad-i pedig félnégyzetkilométer területen 50 méternél mélyebb aszfaltelőfordulást szolgáltat. A legismertebb aszfaltelőfordulások az ókorban is használt mezopotámiai-szíriai-kaszpi területek. A Holttenger aszfaltja a fenéken fakadó nehéz olajforrásokból megszilárdulva száll a felszínre, ahonnan már az ókorban gyűjtötték.

A legtöbb olajforrásban több-kevesebb földgáz is mutatkozik, mely a könnyű olajokból gyorsan, a nehéz olajokból lassan fortyogó bugyborékokban száll el. Sokszor nagyobb a gázmennyiség, mint a hosszú időközökben lassan szivárgó olaj. Végül egészen kimarad az olaj s akkor tiszta földgázforrások vannak előttünk, amelyek földgázon (mocsárgáz vagy metán) kívül alárendeltebben kénhidrogént, szénsavat, ritkábban kéndioxidot és nitrogént is tartalmaznak. Gyenge gáznyomok nehezen észlelhetők, épen azért sokkal gyakoribbak, mint általában ismerjük. Sokkal feltűnőbbekké válnak azonban a gázömlések, ha forrásokban, patakokban, tavakban vagy tengerben mutatkoznak, mert a föl-fölszálló gázbuborékok jól szembeötlenek a vízfelületen. A gázömlések helyenként állandók, folytonosak, másutt időszakosan megismétlődők. Nagyságuk épúgy, mint az olajforrások, szintén változó, a legélesebb szemű megfigyelő által is alig észrevehető, gyöngé buboréktól hatalmas fortyogókig. A bakui partok közelében észlelhető tengeralatti gázörvények sokszor csónakokat fölborítanak s csöndes napokon a tengerszínén messze láthatók.

A földgáz szénhidrogén jellegéből következik a gázömlések könnyű gyúlékonysága. Régebbi időben a bakui öböl egyes helyein csöndes napokon több ezer négyzetméteres területek voltak lángralobbanthatók egy szál gyufával vagy gyertyával. A legszebb látványosság ez a napokon keresztül égő »tengeri tűz«, amelyet a tengerből fölszálló földgáz táplál. A legnagyobb földgázforrások olyan nagy állandó gázömlést szolgáltatnak, hogy véletlen folytán meggyúlva, emberöltőn keresztül égtek. Ezek voltak a rövidéltű ember »örök tüzei«, amelyek rejtélyes voltukkal az emberek csodálatát imádásra fordították s szent dolgok gyanánt tiszteletre serkentették. A legrégebbi ilyen »örök« tűzről Kr. e. félévezreddel Herodotus tett említést, tehát ekkor már nagy multra tekinthettek ezek vissza. Ez az öröktűz Kis-Ázsia déli partján, egy 350 m. magas hegyen volt, amelyet a görögök Chimairának neveztek arról a mesészerű tűzokádó szörnyetegről, amely regék szerint a villámló zivatarfelhőt ábrázolta ugyan, de Lykiában a »tűzokádó« hegyet személyesítette. Ez a lykiai Chimaira hegyen levő öröktűz évezredek át éghetett, jelezve, hogy milyen nagymennyiségű szénhidrogén-fölhalmozódások vannak a földkéregben.

Az égő földgázömlések gyakori öröktüzei a mai Perzsia, Mezopotámia és Kaspi-tenger körüli területeken, az ősi Achämenide-birodalomban a tűzimádás kultuszára vezettek. A tűz tisztelete ugyan sok vallásban mutatkozik, azonban legkifejezettebb volt Iranban, a gázömlések területén, amelyet már Krisztus előtt sok évszázaddal a régi görögök tűzimádóknak említenek. Viszontagságos hosszú mult után ezt a kultuszt néhány tízezer Kelet-Indiában és Perzsiában szétszóródott perzsa követi ma is. Ilyenformán a legrégebbi emberi kultuszok egyike kiveszőben van, holott benne rejlik az a megismerés, hogy az öröktüzek a növényekkel, állatokkal és emberekkel együtt a napnak köszönik létüket s mivel földünk minden élőjének éltetője a nap, azért mindannyian a »Nap fiai« vagyunk. Ennek a szép kultusznak köztudatban legjobban ismert színhelyei a bakui öröktüzek, ahol a régi perzsa tűzimádók maradványai a hetvenes években még áldoztak. Azóta a fokozódó fűrésok mindinkább megnyitották a terület szénhidrogénjeit, amelyek a szent tüzeket táplálták. Az öröktüzek kialusznak s feledésbe vesznek.

Ha a gáz kemény kőzeteken, mészkövön vagy szilárd homokkövön hatol át, kizárólag ennek repedéseit vagy szemcselikacsait használva, egészen tisztán jut a föld felszínére. Ahol azonban a fölfelé törekvő gáz laza kőzetbe kerül, homok vagy agyagban halad, ott a felületről, beszivárgó esővízzel vagy a kíséretében lévő sósvízzel a kőzetet föllazítja, iszapos, lágy pépet formál. Ilyenkor a régiek tisztaságot jelképező öröktüze helyett piszkos iszapfortyogók, iszapmedencék vagy iszapkúpok alakjában lép a fölszínre. Az ilyen iszapmedencék többé-kevésbé kerek, különböző nagyságú mélyedések, amelyekben egyszer egyik, másszor másik ponton tör föl a gáz kisebb-nagyobb mennyiségű iszappal, gyakran olajcsöppekkel. Az iszapkúpok ettől csak annyiban térnek el, hogy nagyobb mennyiségű iszapot hoznak fölszínre,

amelyből iszapfolyást létesítenek. Erősebb gázkitörésnél a nyúlós iszap a levegőbe fröcskölődik s onnan lehullva kúpalakban helyezkedik el, külső peremén az iszapfolyás nyomaival. Ezek a kúpok emlékeztetnek a vulkáni kráterekre. Az iszapmedencék, iszapkúpok, fortyogok helyenként sűrűn egymás mellett nagyobb területet borítanak, amely a petróleumelőfordulás biztos vezetője. Az iszapmedencék a tiszta gázforrástól átmenetül tekinthetők az iszapkúpok felé, tehát a külső jelekben nyilvánuló előfordulások ebben az alakban is fokozatos átmenetekkel vannak összekötve.

Működésük és külsejük alapján helytelenül szokták az iszapkúpokat iszapvulkánoknak nevezni, amelytől azonban lényegileg eltérők. Az iszapkúpok működése ugyancsak a túlfeszített gázokban nyeri magyarázatát, azonban a vulkánokkal semmi közösséget nem mutat. Ellenkezőleg, míg a vulkánok a földünk belsejét alkotó, izzón folyó anyagokból nyerik létüket, addig az iszapvulkánok csak a földkéreg bomlási termékekből származó gázförlhalmozódásaiban gyökereznek. A vulkánok működése végső fokon is földi jelenség, az iszapkúpok éltetőjéül szolgáló gázok ellenben a förlhalmozott napmelegben őrizték meg hajtóerejüket. A vulkánok fölszínre hozott anyaga különleges kőzetek, az iszapkúpoké csak iszap és homok, amely minden jelek szerint nem is nagy mélységből származik. Az iszap hőfoka alig haladja meg környezetének hőmérsékletét, míg a vulkáni láva 1000°-nál is nagyobb hőfokú.

A gázförltörés mennyisége szerint vannak állandó folytonos, időszakos és szabálytalanul működő iszapförltörések. Működésük közben alakjukat többszörösen változtatják s méreteik is különbözők, többnyire néhány méter magasságú és szélességűek, tehát messze elmaradnak a vulkáni kráterek mögött. Említettük, hogy a gázforrások gyakoriak a partok közelében, tenger alatt is. Ilyen helyeken iszapförltörések is lehetségesek, amelyek néha a vízszín fölé emelkedő iszapförlhalmozódásra vezetnek s a hullámok áldozatai gyanánt kérészéletű szigetekcskéket formálnak.

Egyetlen olaj területet sem ismerünk, amelyen sónyomok észlelhetők ne volnának. Nedves éghajlat alatt sósforrások, száraz területeken sókivirágzás, sós mocsarak vagy sóhegyek alakjában kísérik az olajelőfordulásokat. A sónyomok ugyan nem utalnak mindig olaj jelenlétére, azonban az olajelőfordulással kapcsolatban mindig megtalálhatók, miért is az olaj kísérő jelensége gyanánt minősíthetők. Ugy az olaj, mint a gázelőfordulással kapcsolatban sósforrások mutatkoznak, melyek többé-kevésbé sósak, túlnyomórészt konyhasót tartalmaznak. Többnyire kicsiny sósforrások, amelyek felszínre bukkanásuk helyén kis pocsolyákat formálnak förl-förltörő gázbuborékokkal. Különösen ritka esetben bróm- és jódtartalmú források is észlelhetők, melyek a sótartalom mellett nyomokban mindig kimutathatók, néha azonban uralkodó mennyiségűek. Kénhidrogén-előfordulások gázalakban és záptojás szagukról förlismerhető forrásokban szintén gyakori kísérői az olajterületeknek, de vulkáni vidékeken még gyakoribbak lévén, kizárólagos ismertetőjelek gyanánt nem tekinthetők. Még kevésbé utal olajelőfordulásra a szénsavömlés (mofetta) vagy szénsavas forrás jelenléte, amely túlnyomólag vulkáni működés utóhatása, ritkább esetben azonban egyes olajterületeken is észlelhető.

A petróleumelőfordulások külső ismertetői: olajforrások, gázömlések, iszapfolyások, sós-vizek, mindannyi látható felszínre bukkanási helyei a földkéreg közeteiben rejlő szénhidrogéneknek. A földtani vizsgálatok megvilágítják azonban azokat a jelenségeket is, melyek a petróleumelőfordulások földalatti viszonyaira vonatkoznak. Ezek az előfordulások ugyanis a szénhidrogének folyékony vagy gáznemű voltaival kapcsolatos sajátosságokat mutatnak. Régebben általában azt hitték, hogy a petróleum földalatti üregekben gyűlik össze. Ma már azonban tudjuk, hogy bár a petróleum helyenként nagyobb repedések, hasadékok kíséretében is jelentkezik, mégis általában a földkéreg rétegeiben telepek alakjában gyűlik össze. Ha a petróleumtelep eredeti anyagának förlhalmozódási helyén mutatkozik, akkor elsődleges

helyzetben van, ha azonban folyékony vagy gáznemű volta miatt továbbvándorol, akkor másodlagosnak mondjuk. Keletkezése alapján a petróleum vulkáni kőzetekben nem található, előfordulása csaknem kizárólag üledékekhez van kötve. Eredeti anyaga bizonyos időszakban, bizonyos üledékekben halmozódott föl, tehát épúgy, mint a szén, üledékes telepet formál. Míg azonban a széntelepek szilárd anyaga önálló rétegben mutatkozik, addig a folyékony vagy gáznemű szénhidrogének önmagukban nem formálhatnak a földkéreg rétegsorába iktatódnak önálló réteget, hanem szükségük van olyan likacsos kőzetre, mely anyagukat szivacs módjára magába veszi. Ezek az olajtartó kőzetek elsődleges olajelőfordulás esetében az olaj keletkezésével egykorúak s megjelenési formájuktól függ a petróleumtelepek alakja is. Az egyenletesen messzeterjedő rétegek vagy lencsealakú telepek egy irányban hosszan elnyúló olajtartók vagy ritkább esetben három irányban szabálytalanul elágazódó olajtömszök egyaránt a fölvevő kőzetréteg alakja szerint ismerhetők föl.

A földkéreg olaj- és gáztartalma elsősorban a kőzetek likacsosságától függ. A likacsosság minden anyagnak általános tulajdonsága, mely azonban méreteiben nagyon nagy eltéréseket mutat. Minden kőzet, különösen az üledékek nemcsak kisebb-nagyobb hajszálrepedésekkel van átjárva, hanem az egymáshoz illeszkedő egyes szemcsék, törmelékszemcsék, kristályok között mindig vannak finom likacsok, még ha sokszor szabad szemmel nem észlelhetők is. A legtömöttebb bazalt, mészkő vagy agyag sem mentes az ilyen likacsoktól, amelyek összességét likacstér gyanánt százalékos arányszámban is ki lehet fejezni. A likacstér nem annyira a szemcsenagyságtól, mint inkább a szemcsék alakjától, egymáshoz való helyzetétől, a közti kötőanyag jelenlététől, hiányától és minőségétől függ. Ezenkívül még egyéb tényezők is befolyásolják a kőzetek likacstér nagyságát, így a nedvesség, hőmérséklet is, úgyhogy nemcsak a különböző kőzeteknél kapunk eltérő értékeket, hanem ugyanazon kőzetréteg különböző részein is más-más eredményre jutunk. Általánosságban megállapították, hogy a vulkáni kőzetek és kristályos palák likacstere $\frac{1}{2}$ -2% között, az agyag és közönséges homoké 8-15% közt, a laza homok és konglomeratum, valamint likacsos mészkőé pedig 25%-tól följebb ingadozik. A kőzeteknek likacstérnagyságától függ azok olajfelvevő-képessége. Tíz százalékos likacstér mellett 10 m vastag réteg négyzetméterenként egy köbméter, azaz 1000 liter olajat tartalmazhat.

A likacsosságtól függ a kőzetek áteresztő képessége is folyadékokkal vagy gázokkal szemben. Abszolút értelemben minden szilárd test áteresztő, megfelelő vékonyság és a folyadék megfelelő nyomása mellett. A természetben uralkodó rendes nyomásnál azonban sok kőzet csaknem teljesen át nem eresztő s így a petróleum és gázok vándorlásának útját állja. A petróleumkeletkezés egyik előfeltétele éppen az ilyen át nem eresztő kőzetekkel való földöttség. Áteresztő kőzetek a homok, homokkő, kavics, konglomerátum, breccia, likacsos-sejtes mészkő és dolomit. Részben vagy egészben át nem eresztők az agyag, agyagpala, márga, agyagos mészkő és minden agyagos kötőanyagú törmelékes kőzet. Ezek szerint nemcsak a likacsosság, hanem a kötőanyag minősége is befolyásolja az áteresztőképességet, amely másként nyilvánul meg gázzal, könnyű, híg olajokkal, vagy nehéz sűrű folyadékokkal szemben is.

Mint említettük, az olajelőfordulások, néhány jelentéktelen kivételtől eltekintve, kizárólag üledékes kőzetekhez vannak kötve. E kőzetek különböző likacsossága és áteresztő képessége hozza magával, hogy egy-egy üledéksorozat több egymásra következő rétege tartalmazhat petróleumot és földgázt. Kiadós olajtelepek keletkezése általában nagyon likacsos vagy repedésekkel átjárt üledékekhez van kötve. Ezenkívül azonban tartalmaznak olajat az agyagpalák különböző válfajai és a mészkövek is. E háromféle kőzettípus az olajelőfordulás szempontjából is eltérő tulajdonságot mutat. Az agyagos kőzetek földünk üledékeinek négyötödét teszik. Több-kevesebb homoktartalommal homokos agyagokról, mésztartalommal márgákról, kovással kovapalákról beszélünk. Ezek a kőzetek mind megtalálhatók az

olajterületek üledéksorozatában is. Különös jelentőségük van az olajpaláknak, amelyekből lepárlás útján petroléumot lehet kivonni. Ezek többnyire sötétszínű, vékonyrétegű, törékeny kőzetek, amelyek bitumentartalmuk nagysága szerint barnák, szürkék vagy feketék. Egyes esetektől, mint a tengeri sárkánygyíkokról világhírűvé lett württembergi olajpala-előfordulástól eltekintve, általában föltűnően szegények szerves maradványokban. Legtöbbször könnyű, paraffinolajakat tartalmaznak, de nehéz olajok sem ritkák bennük. Nehezen áteresztő képességükből következik, hogy olajtartalmuk csak lepárlás útján nyerhető, tehát az olajpalákat legtöbbször kőfejtőkben termelik és erre a célra berendezett üzemekben desztillálják. Ez az olaj nyelési mód különben Európában és Amerikában is a legrégebbi, s első ízben *Selligie* alkalmazta 1832-ben Franciaországban. Az olajpala olajtartalma nagyon különböző. Minél nagyobb, annál vékonyabb rétegben mutatkozik. A rétegösszletek vastagsága is változó, néhány métertől több száz, sőt ezer méter fölé is emelkedhet. Kiterjedésben is a szűk területre korlátozott skót olajpala-területektől kezdve, az északamerikai több szélességi fokra terjedő előfordulásig, minden átmenet megtalálható.

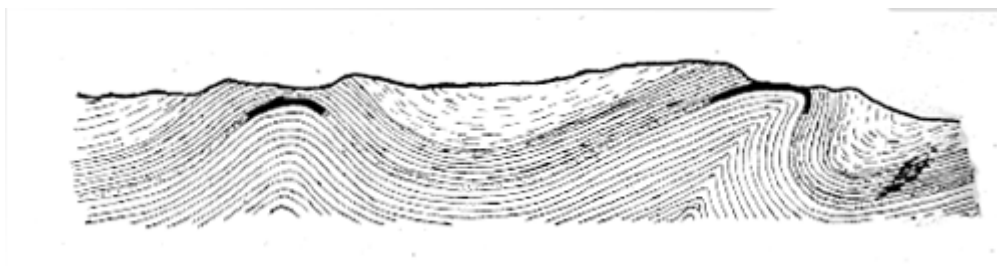
A homok és homokkő nem olyan elterjedt, mint az agyagos kőzetek, mégis az olajelőfordulások legfontosabb kőzete. Az olajos homok többnyire laza, kötőanyag nélküli, csaknem agyagmentes. Ezeknek kötőszere az olaj. Mindennemű egyéb kötőanyag jelenléte az olajtartalom rovására megy, mert a likacszerű kisebbedésre vezet. Legtöbbször teljesen kőüledékmentes s csak ritkán találhatók benne kagylók vagy foraminiferák. Partközeli jellegükből kifolyólag sohasem formálódnak messzeterjedő egyenletes rétegeket, hanem összetételükben, anyagukban, vastagságukban gyorsan változnak, kiékelődnek s agyagba, márgákba vagy homokkőbe mennek át. Ennek megfelelőleg olajtartalmuk is nagyon változó. Az olajos homokrétegek vastagsága néhány centimétertől legföljebb ötven méterig terjed, de a tíz méteres réteg már általában nagyon vastagnak mondható. Kaliforniában ismerünk közel 300, sőt 500 méter vastag réteget is.

A mészkövek általában nem áteresztők, azonban a bennük levő gyakori, kisebb-nagyobb repedések vagy sokszor kilúgozódásból keletkezett sejtes-likacsos szövetük többé-kevésbé áthatókká teszi őket, úgyhogy likacszerű 10-12% lehet. A dolomitizálás előnyösen befolyásolja az olajtartalmat, mivel a likacsereget növeli. Az olajos mészkövek általában szürkészínűek s kőüledéket legtöbbször szintén nem tartalmaznak. Bitumentartalmuk folytán, megütve jellemző kátrányszagot éreztetnek, úgyhogy ezért bűdös meszeknek is nevezik. Kiterjedésük és vastagságuk sokkal egyenletesebb és nagyobb, mint a homokoké. Néha több száz méter, sőt ezereken fölüli vastagság mellett több ezer négyzetkilométernyi területet borítanak. Ennek az összvastagságnak azonban csak jelentéktelen hányada produktív, nagyon változó kiadóssággal.

Az olajtartalom szempontjából itt említett agyagos, homokos kőzetek és mészkövek nagy csoportja az üledékek minden fajtáját magában egyesíti, tehát végeredményben mondhatjuk, hogy az olaj csaknem mindenféle üledékes kőzetben előfordulhat. Általában egy-egy területen nemcsak egy olajtartalmú réteg található, hanem csaknem mindig több egymásra következő réteg mutatkozik. Ezek az olajtartalmú rétegek épűgy, mint a széntelepek, különböző távolságban lehetnek egymástól s legtöbbször jellemző kísérő kőzetekről is felismerhetők. A különböző olajtartalmú szinteket agyagos rétegösszlet különíti el, amely különösen az olajos homokok fekvőjében és fedőjében sohasem hiányzik. Az egész rétegösszlet azonban többé-kevésbé át van itatva olajjal s leginkább gáz, olaj és vízzel telt szivacsoshoz hasonlítható. Helyenként az olajtartalmú rétegeket átjáró repedések hosszú időn át olajjal telítődnek, amely földi viasszá vagy aszfalttá szilárdulva, viasz- és aszfalt-teléreket formál. Vulkáni kőzetek az olajrétegösszletben ritkák, kivéve a vulkáni hamut, amely üledékes alakjában több helyen észlelhető. A tulajdonképpeni olajösszletben széntelepek sohasem találhatók s amennyiben olajjal együtt fordulnak elő, úgy mindig az olajtartalmú rétegek fölött települnek. Az

olajtartalmú rétegek ugyanis mindig tengeri eredetűek, míg a szénképződés mocsári jellegű, tehát egyidejűleg kölcsönösen kizárják egymást. Ez az eredet magyarázza meg az olajtartalmú rétegek mindenkor jelenlévő sótartalmát, amely sokszor olyan nagyfokú, hogy sókiválásra is vezet. Már Plinius említi a sónak és olajnak együttes előfordulását. Az olajtartalmú rétegösszlet vastagsága különböző, legtöbbször néhány száz méter, de sokszor 1000 méteren is felülhalad, sőt a kaukázusi harmadkorú rétegek 2000, az északamerikai felső karbon rétegösszlet 3000 m vastagságot is elérnek. Ez a tetemes rétegvastagság, épügy, mint a széntelepeknél láttuk, csakis fokozatosan sülyedő tengermedencékben keletkezhetett. Ha az üledékképződés a sülyedést meghaladta, akkor a medence föltöltődött, eliszaposodott s parti mocsarasodás területe lett, vagyis a petróleumképződés színtere a szénképződés bölcsőjévé vált. Ezért az olajtartalmú rétegek fölött gyakran észlelhetünk szénösszletet.

Említettük, hogy a petróleum nem formál önálló réteget, hanem likacsos kőzeteket átítatva fordul elő s ezzel kapcsolatban mindazokat a formákat mutatja, melyek a rétegekben észlelhetők. A petróleummal átítatott rétegek, amelyek, mint láttuk, több egymásra következő szintben vastag rétegösszletben jelentkeznek, természetesen résztvettek mindazokban az utólagos hegyszerkezeti változásokban, melyek az olajtartalmú rétegekben mentek végbe. A földtani kutatások a hegyszerkezeti mozgásokat két nagy csoportba különítik s az azokat előidéző erők és okok, valamint a létrehozott formák alapján gyűrődéseket, illetve gyűrt területeket és rögökre tagolódott táblás vidékeket különböztetnek meg. A petróleumkutatás rendszeres megindulása óta mindinkább nyilvánvalóvá vált, hogy a petróleum- és gázelőfordulások és a területek szerkezete között sokkal szorosabb kapcsolat van, mint a kőszénnél, mert a szerkezet megismerése legtöbbször már a terület olajtartalmának megítélését is lehetővé teszi.



6. kép. Petróleumelőfordulások vázlata gyűrt rétegekben.

Már nagyon régen fölismerték a gazdag olajelőfordulásoknak a földkéreg ráncolódásaihoz kötött voltát. Ezek a ráncolódások a rétegek gyűrődése folytán nagyon változatos alakú és többé-kevésbé meghatározott irányú, rendszeresen nyomozható kiemelkedéseket, nyergeket, úgynevezett antiklinálisokat és mélyedéseket, teknőket, azaz szinklinálisokat formáltak. A tapasztalat és vizsgálat arra az eredményre vezettek, hogy a petróleum és gáz a gyűrődött területek kiemelkedésében, a nyergeknek többnyire legmagasabb részein, az antiklinálisokban, mutatkozik, míg a sósvizek a szinklinálisokban észlelhetők. (6. kép) Ezt a tényt már 1855-ben *Oldham* észlelte, s 1861-ben *Sterry Hunt* amerikai kutató azóta *antiklinális elmélet* néven ismert tétellé formulázta. Azóta ezt a tételt az egész földkerekségén általánosságban elfogadták s a petróleumfúrásokat ennek alapján legtöbb helyen tervszerű sikerességgel végezték. A boltozatok legmagasabb pontján keresett petróleumot legtöbbször meg is találták s így a boltozatelmélet gyakorlati alkalmazása valóságos Kolumbusz tojása lett. A legkülönbözőbb országokban ezen az alapon végzett példátlanul sikeres kutatások a legújabb időkig látszólag a boltozatelmélet érvényességének kizárólagossága mellett bizonyítottak s szakkörökben is sokáig azt a hitet keltették, hogy a petróleum csakis gyűrődött területek boltozatainak tetején várható. A kérdés körül nagyon heves tudományos viták folytak, mert minden olyan olajelőfordulást, amely földtani szerkezetében a boltozatelmélet szerint nem

magyarázható, helytelen megfigyelésének minősítettek. A mindinkább szaporodó kivételek azonban kétségtelenné teszik, hogy a boltozatelmélet kizárólagossága ilyen merev alakban meg nem állhat. Már a gyűrődött területeken is a gyűrődés különböző mértéke szerint alakult sokféle boltozati forma is módosítólag hat az olajelőfordulás helyzetére. Kitűnt, hogy az olaj nemcsak a boltozatok tetőpontjának vonulatára szorítkozik, hanem sokszor a szárnyakban, igen ritka esetekben, nehéz olajoknál még a mélyedésben is előfordul. Az utóbbiak annyira ritkák, jelentéktelenek, hogy egyes geológusok egészen kétségbevonják létezésüket. Kaliforniában egyes kisebb telepeket s a svájci Val de Travers aszfalttelepét ennek dacára ide kell sorolnunk.

A boltozatelmélet kizárólagos érvénye ellen szól az a tény is, hogy az olaj eloszlását és előfordulási módját még más tényezők is befolyásolják. Így, mint említettük, mindenekelőtt megfelelő likacsos kőzet jelenléte, a likacsosság különböző mértéke, főként azonban utólagos törések, préselődések és egyéb szerkezeti zavarok, amelyek különösen alkalmasak arra, hogy az olaj eloszlását a rendes boltozattípustól eltérőleg módosítsák. Ezért, ha a boltozattetőn észlelt előfordulások túlsúlyban vannak is, mégsem képviselik a termelésre érdemes telepeket kizárólag, mert sok gyengébb és egyes gazdag előfordulást ismerünk a boltozatszárnnyakon is. De ma már kétségtelen az is, hogy az olaj előfordulások nem hiányoznak a táblás fölépítésű területeken sem, tehát a gyűrődés sem kizárólagos előfeltétele a szénhidrogének előfordulásának. Ma már tisztázottnak vehető, hogy a gyűrt és táblás szerkezetű területek hegyszerkezeti szempontból élesen el nem különíthetők, s átmeneti formákkal és jelenségekkel vannak összekötve. Ilyen átmeneti formák azok a nagy kiterjedésű területek, amelyeken csak nagyon lankás réteghullámok észlelhetők, mintegy kezdetleges gyűrődést képviselő alakban. Ezeken az Amerikában sok helyen észlelhető területeken (Ohio-Indiana, Illinois, Kansas, Oklahoma) az olajnyomok ritkábban mutatkoznak, mint a gyűrt területeken, mivel a különböző olajtartalmú rétegek a lankás dűlés mellett kevésbé jutnak a felszínre. Ezzel szemben a lankás településű rétegek az olaj- és gázterületeknek a gyűrt területeken teljesen ismeretlen, állandó mélységű, egyenletes kiterjedését biztosítják. A legnagyobb ismert redőtelepek 10-30 km² terjedelműek, míg a legkisebb táblás olajtelepek is többnyire nagyobbak ennél s egyes gáz- és olaj mezők Oklahomában vagy Illinoisban több száz km² területűek. A gyűrt területeken az olajvonulatok a boltozatok vagy hegység csapásában szalagszerűek, a táblás vidéken teljesen szabálytalanok. Az előbbieken a gyűrődés különböző mértéke szerint az olajsíntek mélysége nagyon változó, a táblás vidéken föltűnően állandó. Ugyanígy a boltozatokban az egyes kutak olaj szolgáltatása nagyon változó, legtöbbször sokkal gazdagabbak, míg a táblás területeken nagyszámban mélyíthető kutak állandóbbak. Különösen jól érzékeltetik ezt a különbséget az északamerikai nagyszámú fűrészek mérsékelt szolgáltatásai a sokkal kisebb orosz terület egyes kútjainak hatalmas mennyiségével szemben.

A földtani ismeretek mai állása szerint tehát a hegyszerkezet és olajelőfordulás között szoros kapcsolat van. A gyűrt és táblás szerkezetű területek egyaránt tartalmazhatnak petróleumot vagy földgázt, amit nemcsak a tapasztalati tények igazolnak, hanem a legújabb hegyszerkezeti elméleti megállapítások is. Ezek szerint ugyanis a petróleum és gáztartalmú szinteket tartalmazó, nagyvastagságú rétegösszletek a földkéregnek állandó sülyedésben volt labilis részein keletkeztek, amely üledékgyűjtő medencék - geoszinklinálisok - a későbbi hegyképződés bölcsői, kéregmozgások színhelyei voltak. E kéregmozgások akár gyűrődésben, akár törésekben nyilvánultak, az üledékgyűjtő-medencéket és a tartós sülyedés közben végbement üledékfölszaporodást közös előfeltételek gyanánt mutatják s ezek a közös elemek átmenetekkel kötik össze a végeredményben szélsőséges két szerkezeti típust. A gyűrt és táblás területek keletkezésének közös elemei érthetővé teszik az olajelőfordulások lehetőségét mindkét szerkezetű területeken.

Az olajelőfordulások gyűrt és táblás területeken való előfordulása mellett egyelőre még nyílt kérdésnek kell tekintenünk a petróleumkeletkezésnek gyűrt területekhez kötött voltát is. Valószínű, hogy a gyűrődéssel járó nyomás és hőhatások előnyösen befolyásolják a petróleumképződés folyamatát, de a táblás vidékeken való kiterjedt előfordulások kétségtelenné teszik, hogy amint a gyűrt területek nem kizárólagos hordozói a petróleumos rétegeknek, úgy a petróleumképződést sem lehet a gyűrődés egyedüli szükségszerű következményének tekinteni.

A gáztartalom, fajsúly s kis mértékben a hajszálcsövesség is a földkéreg belsejében lévő szénhidrogéneket mozgékonyvá teszi, aminek következtében eredeti keletkezési helyükről más rétegekbe vándorolnak. Ez a képesség hozzájárul földünkön észlelhető általános elterjedésükhöz, valamint mindenkorú földtani képződményben való előfordulásukhoz. Az ilyen módon keletkezett másodlagos olajtelepek vándorlása még szintén vitás kérdés. Egyes esetekben az eredeti rétegekben lévő repedések mentén történik s ekkor petróleumtelérek alakjában mutatkozik, vagy a repedés mentén valamilyen likacsos rétegbe jutva, abban másodlagos telepet formál. Az ilyen olaj előfordulások helyi vándorlást képviselnek. Lehetséges azonban, hogy a petróleum egész rétegösszleten keresztülhatol a likacsokon át s valamilyen likacsos rétegben újból összegyűlik, ekkor általános vagy közvetlen vándorlásról beszélünk. Az általános vándorlás módja még nincs teljesen tisztázva. Egyik fölfogás szerint az eredeti rétegből fölszáll az olaj, más magyarázat alapján pedig fokozatosan a közetlikacsok útján halad rétegről-rétegre, míg azután valamilyen likacsos rétegben összegyűlik. Nagyobb távolságokra ilyen közvetlen vándorlás nem igen képzelhető, épen ezért már ezen az alapon is el kell vetnünk a táblás vidékek petróleumelőfordulására vonatkozó ellenvetést, mely szerint ezek ilyen másodlagos olajtelepek volnának. A földtani vizsgálat különben is minden esetben kinyomozhatja az eredeti rétegösszletet is, melyből az olaj származik s a nagy kiterjedésű táblás vidékek olajterületei nem is származhatnak távol eső rétegösszletek anyagából.

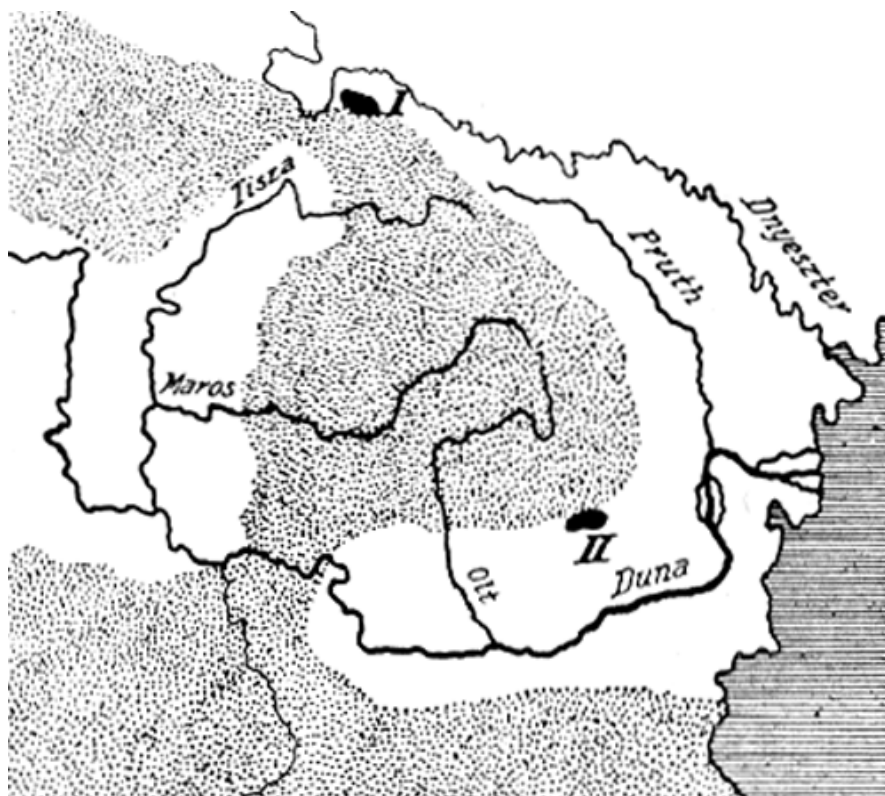
A petróleum és földgáz tér- és időbeli eloszlása.

Már említettük, hogy a szénhidrogének nyomait megtalálhatjuk a földkerekség minden részén. Előfordulásuk csak ritkán lokális, legtöbbször nagyobb területeken belül észlelhető. Ez az általánosabb elterjedés a petróleumelőfordulásoknak határozott hegyszerkezeti formákhoz kötött jellegéből, valamint könnyű helyváltoztatási képességéből következik. Valamennyi földtani időben és minden korbelti üledékekben megtalálhatók s bár egyes korok különösebb gazdagságukkal tűnnek ki, általában olyan kifejezett petróleumképződési időszakok, mint amilyenekkel a kőszénképződésnél találkozunk, itt nincsenek. Ha végigtekintünk az olaj előfordulások korbelti föllépésén, azt találjuk, hogy azok valamennyi olyan földtani időszakban megtalálhatók, amelyekben a szerves élet megvolt. Míg az óvilágban és Ausztráliában túlnyomólag a harmadidőszaki rétegekben mutatkoznak, addig Észak-Amerika keleti részén főként földünk ókori üledékeihez vannak kötve. Földtani korban a termelésre érdemes petróleum idősebb a szénénél, mivel már földünk ókorának hajnalán, a cambri időszakban, elsődleges telepekben észlelhető New-York államban az Ontariótól keleti vidékén. Földünk ókorának üledékeiben legnagyobbbrészt Amerikában vannak petróleum- és gázelőfordulások. Pennsylvánia, Ohio, Illinois, New-York, Kansas, Indiana, West-Virginia, Kentucky, Missouri és Canada területben és gazdagságban jelentékeny olajterületei a szilur-, devon- és karbon rétegekben észlelhetők. Csekély mennyiségű olaj és aszfalt mutatkozik a csehországi szilur-rétegekben. Devon korúak az európai Oroszország Archangelsk kormányzóságában található olajelőfordulások. Karbonbeliek a franciaországi, németországi és angliai egészen jelentéktelen nyomok, s a permbe tartoznak ázsiai Oroszország és Dél-Afrika egyes előfordulásai.

Földünk középkorának különböző időszakaiban keletkeztek egyes amerikai előfordulásokon kívül, a Kínában, Dél-Afrikában, Argentínában, Szíriában, Turkesztánban, Tirolban, Karinthiában, Németországban, Portugáliában, Franciaországban, Olaszországban és Oroszország különböző helyein észlelhető olajelőfordulások. Ebben a korban találjuk a középeurópai olajos palákat s ennek a kornak felső harmadán, a krétában keletkeztek Mexikó gazdag olajterületei. Európa és Ázsia leggazdagabb olajtermelő helyei a harmadidőszaki üledékekben vannak. Ezek közül az eocén és miocén-korbeltiek tűnnek ki különösebb gazdagságukkal. Eocénbeliek egyes kárpáti előjövetelek Galiciában és Kelet-Magyarországon, ezenkívül Olaszország és Oroszország egyes területei, valamint különösen Kurdistán, Beludisztán, Kelet-India, Borneo, Szumatra gazdag telepei, továbbá Új-Zéland és Texas egyes előfordulásai. Az oligocénben találunk szintén kárpáti előfordulásokat Galiciában, Romániában, ezenkívül ez a főolajsíntje a bakui előjöveteleknek is. A miocén-rétegekhez vannak kötve kisebb svájci, olaszországi, württembergi, ausztriai előfordulásokon kívül a gazdag romániai, kaukázusi, mezopotámiai, perzsiai területek, Erdély gázterületei, valamint Jáva és Szumatra, Venezuela és Trinidad egyes olaj előjövetei. A legfiatalabb harmadkori rétegekben vannak olajelőfordulások Romániában, Horvátországban, Törökországban, Szumatrán, Japánban, Texasban. Idetartozik a bihari aszfaltelőfordulás is. Kizárólag másodlagos helyzetűek az ember föllépési időszakának, a pleisztocén üledékeinek Németországban, Kanadában és Utah államban mutatkozó olaj- és gáznyomai.

A különböző olajterületek földtani korát tekintve, megállapíthatjuk, hogy a könnyű olajok és gázok túlnyomólag az idősebb üledékekben, a nehéz olajok viszont a fiatalabb rétegekben észlelhetők. Ennek a korbelti kettétagolódásnak határa körülbelül az oligocénra tehető. Az olajterületek mai elterjedésének föltételeit vizsgálva, azt látjuk, hogy azok egykori tengeröblök vagy beltengerek sülyedő medencéit képviselik. Ezek a tartósan sülyedő egykori üledékgyűjtő medencék a földkéreg labilis öveinek felelnek meg, ahol az üledékföľhalmozódást követő időszakokban erőteljes hegyképződés ment végbe. A petróleumterületek

ezért találhatók gyűrt hegyláncolatok előterében, amelyek a hegyképződés befejező szakaszában kerültek szárazulatra. Így észleljük a Kaukázus láncolatának mindkét oldalán, a Kárpátok külső oldalán, az Alleghany-hegység nyugati lábánál, Kaliforniában a Sierra Nevada alján, stb. A hegységek egyoldalú részaránytalán fölgűrődésének megfelelőleg ezek a lankásabb külső részeknek felelnek meg, amely felé a redők iránya hajlik. Természetesen lehetségesek olaj- és gázelőfordulások a belső oldalon is, mint ez a Kárpátokon belül, az erdélyi medencében tapasztalható. (7. kép)



7. kép. Olajmezők a Kárpátok külső oldalán. I. galíciai, II. romániai előfordulások.

Ugyancsak hegyszerkezeti okokkal függ össze, hogy egy-egy olaj terület gyűrt vagy táblás jellegű lehet, kivéve a mindkét típust képviselő appalachi előfordulásokat. A gyűrt típusú területek csaknem kizárólag fiatalabbkorú, legtöbbször harmadidőszaki rétegekben vannak és a legfiatalabb földtani multban lezajlott gyűrődés öveire esnek. Ennek oka főként abban rejlik, hogy a régi gyűrődések területei, a későbbi pusztító tényezők hatása alatt, olajtartalmukat legnagyobbbrészt elvesztették. Az idősebb földtani képződmények gazdag területei csak gyenge gyűrődést mutatnak, vagy legtöbbször táblás jellegűek. Az olajtartalmú rétegek földtani kora tehát a szerkezettel is kapcsolatban van s ez az oka annak a föntebbi megállapításnak, hogy az európai és ázsiai olajterületek legnagyobb része harmadidőszaki üledékekhez van kötve. Ezek a területek ugyanis a legfiatalabb időben fölgűrődött eurázsiai hegrendszer vonulatában mutatkoznak.

Petróleum és gáztermelés.

A földkéreg szénhidrogénjeinek felszíni megnyilvánulásait, szivárgó olaj forrásokat, istenként tisztelt öröktüzeket, gáztelt fortyogókat, sósvizeket és a petróleumelőfordulások egyéb jelenségeit régente is ismerte az ember, de távolról sem sejtette ezeknek a természeti tűneményeknek a föld belsejében rejlő kincsekkel való összefüggését. A legrégebbi ókorban is felismerték az olaj égő jellegét és a bekent testrészek fájdalmait enyhítő, gyógyító hatását s bár az aszfaltot már a babiloniak és inkák építkezéseinél kötőanyagul használták, rendszeres termelésre sokáig nem került a sor. Évszázadokon keresztül csak néhány méteres gödrökben vagy száz, legföljebb kétszáz méterig hatoló aknában gyűjtve, egyszerű módon merítették ki a petróleumot. Skóciában egyszerű hevítés útján nyerték olajos palákból a világító olajat. A múlt század közepéig azonban még teljesen ismeretlen volt a földi szénhidrogének hatalmas erőforrása, miért is termelése sem lépte át a kezdetlegesség kereteit, amely mellett természetesen a földgáznyerésről szó sem lehetett.

Pennsylvániában 1854 augusztus 29-én *Drake* amerikai ezredes 10 méter mélységben olyan gazdag olajtelepet fűrt meg, amely nagy nyomás alatt napi 1500 liter kifolyó olajat szolgáltatott. Ez az akkoriban az egész világot bámulatba ejtő esemény egy csapásra új kilátásokat nyitott a petróleumkutatás és termelés addigi útjainak, új bányászati lehetőséget és iparfejlődést hozott, amely sokféle fejlődési irányban az automobil, petróleumgőzösök, Diesel-motorok, léghajó és repülőgépek megvalósulásával még mindig beláthatatlan további fejlődési perspektívákat nyújt. Az első fűrés sikere valóságos olajlázba hozta egész Észak-Amerikát s már a következő évben 55 fűrt kút napi ezer hektoliterrel volt üzemben, tíz év után pedig az Egyesült-Államokban már hatmillió hektoliter termelésre növekedett. Azóta ez a fűrés termelési mód szakadatlan fejlődésben a földkerekség összes olajterületeit bejárta s Ujvilágtól-Óvilágig, a Kaspi-tó pusztaságaitól Hátsó-India őserdőiben, a mérsékelt övben és az egyenlítőtől a sarki tájakig mindenütt alkalmazást nyert.

A fűrésokat mindig gondos földtani vizsgálat előzi meg, amely a terület szerkezetét, olajvezető rétegeinek sajátságait, települését tisztázva, azok megismerése alapján jelöli ki a fűrésok helyét. A fűrésok nemcsak az olajtartalmú rétegeket nyitják meg, hanem az egész rétegösszlet sorrendjére nézve is biztos adatokat szolgáltatnak, amelyek a terület további fűrésainál irányadók. A mai napig megfűrt olaj- és gázterületek összes fűrésai közel félmillióra tehetők. E fűrésok javarésze kisebb mélységű, 130 méteren belül marad. Ezer méteren fölül fűrésok általában ritkák, de a termelés növekedésével számuk inkább szaporodik. A világ legmélyebb fűrésa szintén petróleumra történt West-Virginiában 1919-ben 2311 m mélységig haladt de meddő maradt. Ez a fűrés a felsősziléziai kőszéntelepek átfűrésát célzó cuchowi 2240 méteres fűrésát túlhaladta s az utóbbinak hosszú időn keresztül vezető szerepét átvette.

Míg a régi kezdetleges olajtermelő módok, gyűjtőgödrök és aknák jelentéktelen napi mennyiségeket szolgáltatottak, addig a fűrésok valósággal csapra ütötték a földkéreg olaj- és gázkészletét. Romániában a régi aknák napi hozama átlag egyharmad tonna, míg a fűrésoké átlag 5 tonnára tehető. A fűrésok napi teljesítőképessége természetesen nagyon változó s az olajtartalmú rétegek gazdagságától, a kőzet likacsosságától, a gáztartalomtól, az olaj minőségétől s egyéb tényezőktől függ. Napi 100 tonnás teljesítményű fűrésok már nagyon jóknak mondhatók, mert a fűrésok ezreiből csak napi egy hektoliter kerül ki. Az eddig ismert legnagyobb napi mennyiség, amelyet 1916-ban Mexikóban mélyített fűrés szolgáltatott, 40.000 tonna volt. Ez olyan olajmennyiség, amelynek elszállítására naponta huszonöt kocsiból álló 150 vonat szükséges, s egy 100 méter élhosszúságú, kocka alakú edényt töltene

meg. Eddig mintegy húsz olyan fúrást ismerünk a mexikói, Kaspi-tó körüli és romániai olaj területeken, amelyek naponta 10.000 tonnán fölüli mennyiséget szolgáltatnak. Ehhez a hatalmas mennyiséghez képest a legkiadósabb ismert artézi-kút a Párizs melletti Grenelle-ben mindössze 3000 tonna vizet ad napenként. Az összes fúrások átlagos mennyisége azonban természetesen jóval alatta marad ezeknek a rekordmennyiségeknek s alig néhány tonnára tehető.

A petróleumhoz hasonló méreteket mutat a földgázfúrások mennyisége is. A százezer köbméteres napi szolgáltatás nem tartozik a ritkaságok közé, míg a legnagyobb ismeretes napi mennyiség 1-3.5 millió köbméter gáz az északamerikai területeken. A kissármási gázfúrás napi mennyisége szintén egymillió köbméter volt, amely mennyiség a világ legnagyobb építményének, az egyiptomi 232 m hosszú alapélű és 147 m magas Cheops-piramisnak felét kitöltené.

A fúrások rendkívüli mennyiség szolgáltatásai akár olajban, akár gázban nem hosszú tartamúak. Legtöbbször csak a fúrással megnyitott olaj vagy gáztartó kezdeti szolgáltatásai ezek, melyek néhány nap vagy hét múltán állandósuló mennyiségre csökkennek, végül hosszabb-rövidebb idejű csekély szolgáltatással kiapadnak. A petróleum és gázkutak élettartama tehát korlátozott és kiapadása lehet természetes okokban rejlő, amikor is az olaj-tartalmú réteg kiapad, vagy a nyomás és fölhajtó gáz csökken, illetve megszűnik. A kutak megszűnésének okai legtöbb esetben az utóbbiak, mert a rétegek olajtartalma a kiapadt kutak területén sincs teljesen kimerítve. A természetes okokból megszűnt kutakon kívül gyakoriak azok az esetek, amidőn fúrástechnikai hibák, helytelen csövezés, közetutánomlás, vízbetörés idő előtt véget vetnek a kutak szolgáltatásának. A termelés gazdasági törekvése odairányul, tehát, hogy az utóbbi esetek elkerülésével biztosítsák a kutak természetes élettartamát. Ahol a gáznyomás nem elegendő és az olaj felszínre nem száll, ott szivattyúzni kell.

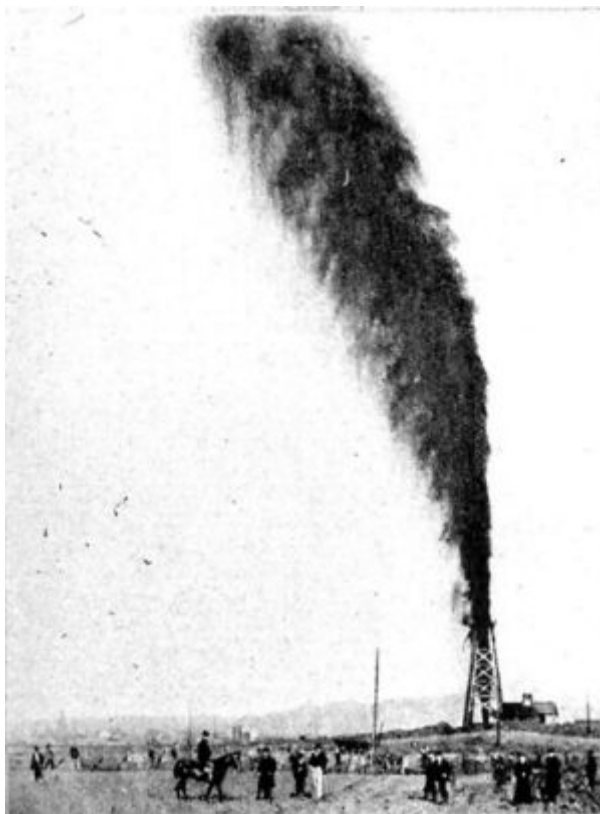
Az olajkutak élettartama a kezdeti szolgáltatással fordított viszonyban van. Minél nagyobb a kezdeti mennyiség, annál rövidebb ideig tart a szolgáltatás. Ilyen olajkutak vannak Texasban, ahol a fiatal harmadidőszaki ú. n. Spindletop-mésző durva, sejtes kőzetéből az első huszon-négy órában sok ezer hektoliteres mennyiségű olaj tört magasra szökkenve a levegőbe, hogy néhány hét vagy hónap múlva jelentékenyen csökkent szolgáltatással működjön s félévtől négyévig terjedő élettartam alatt megszűnjön. Ezzel szemben a finomszemcséjű, magas nyomás alatt álló olajat tartalmazó kőzetek lassabban, tartósabb működést biztosító módon adják ki olajukat. Ilyenek a pennsylvániai kutak, melyek sokszor évtizedekig egyenletes mennyiségben szolgáltatnak olajat. A leghosszabb élettartamú kutak 10-50 évig termelő-képesek.

Végeredményben az olajkutak élettartama a hegyszerkezeti viszonyoktól, a kezdeti mennyiségtől, az olajos réteg vastagságától és mélységétől, a kőzetek lazább vagy tömöttebb szövetétől, a gáznyomástól, az olaj sűrűségétől, a fúrásoknak egymástóli távolságától s a technikai berendezésektől függ. Ezek szerint az élettartam néhány naptól évtizedekig tarthat. A harmincéves kutak általában már ritkák. A leggazdagabb kutak gyűrődött területek nagy boltozataiban vannak. Egy-egy kút összes szolgáltatása néhány ezertől sok millió tonnáig terjedhet. Mexikóban két olyan kutat ismerünk, melyek nyolc év alatt egyenként 15 millió tonna olajat adtak. Az említett mexikói Spindletop-terület egy négyzetkilométeren, négy év alatt 1200 fúrásból, összesen 5 millió tonna olajat szolgáltatott.

A gázkutak szolgáltató élettartama a gázok könnyebb mozgási képességének, megfelelőleg rövidebb. Az északamerikai gázkutak általában két-három évig csökkenés nélkül működtek. Az Erie-tó hosszú életű gázkútjai 25-30 évig voltak üzemben. A kissármási 2. sz. fúrás 1909-ben fűrt gázkútja két és fél évig kihasználatlanul változatlan nyomással és mennyiségben ömlött ki s jelenleg is működésben van, tehát a hosszabb élettartamú kutak közé sorolható. A

kínai gázkutak átlagos élettartama 3-4 év. Megszűnésük az olajkutakhoz hasonló s eleinte csökkenő mennyiségben, majd felszín alatt maradvány, nyomáscsökkenéssel, csak szivattyúzással hozhatók föl, végül annyira csekély szolgáltatásúak, hogy üzemben tartásra nem érdemesek.

Az olaj és gáztermelés egyik lényeges szükséglete a nyomás, amely az olajat és gázt felszínre hajtja. A nyomás nagysága szerint egyes fúrásokban a gáz és olaj hirtelen felszínre ömlik, időszakosan vagy állandóan a levegőbe szökken, vagy sokszor csak szivattyúzással hozható ki. Gazdag olajtartók nyomása és gáztartalma általában nagyobb, kicsiny olajhelyeké kisebb. Nagy gázkutak nyomása különösen nagy. A kissármási 2. sz. kút 30 légköri nyomást mutatott. A jobb gázkutak 20 légköri nyomásnál kevesebbet ritkán, de 50-60, sőt százon felüli nyomást is mutatnak. A mélységgel általában a nyomás is növekedik. A nyomás néha olyan nagyméretű, hogy a fúrás közben az egész fúrókészüléket kilöki. A kitermeléssel a nyomás is fokozatosan csökken. A nagy nyomás alatt álló olajforrások gyakran 30-100 méterre szöknek a levegőbe, legtöbbször iszapot, homokot magukkal hozva mérföldekre hallatszó robajjal. (8. kép) A szökőforrások működése nem állandó, hanem legtöbbször rövidebb-hosszabb időközökben lökészerűen ismétlődő. Ezek a messzelátású szökőforrások szemet gyönyörködtető, elragadó látványosságot nyújtanak a szemlélőnek, de kitóduló gázaik állandó tűzveszélyt jelentenek s nagy óvatosságot igényelnek.



8. kép. Fölszökő olajkút.
Campina, Románia

Földünk belsejének, illetve a földkéregnek anyagairól lévén szó, érdekelhet bennünket még a föltóduló olaj és gáz hőmérséklete is. Földünk felszínén a nap érezteti éltető melegét, amelynek napi és évi ingadozásai a földben 20-30 méter mélységben megszűnnek s az állandó hőmérsékletű semleges öv után fokozatosan növekedik a hőmérséklet a föld belseje felé. A föld különböző részein más-más az a mélységi méret, amely a semleges övtől lefelé haladva, egy fok hőmérsékletemelkedést jelent. Ez a *földhőmérsékleti mélységegység* (geothermikus

gradiens) különböző tényezők által befolyásolható, átlag 35-40 méternek felel meg. Kőszéntepek közelében a földhőmérsékleti mélységegység a rendesnél kisebb, petróleumterületeken azonban még ennél is rendellenesen kisebb. Itt a mélység felé a hőmérséklet-emelkedés nagyon kis távolságokban gyarapodik egy fokkal, tehát nagyon gyors. Ennek okát a petróleumképződésnél fölhalmozódott melegmennyiségre vezetik vissza, azonban emellett a nagy vastagságú olajrétegösszlet rossz hővezetőképessége is számításba vehető.

A clarksburgi (West-Virginia) 2229 m mélységű fúrásban 37 méterre esik egy hőfok-emelkedés, amely a rendes mélységegységet nagyon megközelíti. Ezzel szemben Elzászban a kutzenhauseni fúrás 140 m mélységében 7 méter, a hagenai 620 méteres fúrásban pedig 8 méterenként volt egy hőfokemelkedés. A legtöbb olajterület fúrási adatai szerint a mélységegység 20-25 m között van. Húsz méteres középegységgel számítva, 1000 méter mélységben 60°, 2000 méterben pedig 110° hőmérsékletet találunk. A föltörő olaj hőmérséklete ennek megfelelőleg 30-80° között ingadozik.

Egy-egy fúrással az olajterület különböző nagyságú körzete csapolható meg. A fúrások hatáskörzetét a nyomás, a kőzetminőség, a szomszédos fúrások helyzete és időrendje, valamint az olaj sűrűsége befolyásolják. Kevés gázt, valamint nehéz olajokat tartalmazó területeken a fúrásokat sűrűbben kell elhelyezni, mint a gáztartalmú könnyű olajoknál. A gazdag szökőforrások hatáskörzete nagy területre terjed. Ezek alapján a hatáskörzet nagysága 50-100 méterre tehető, egyes kivételes esetekben 300 m is lehet, sokszor azonban 10 méteren is alul marad. Képzeltető, hogy a több ezer négyzetkilométer kiterjedésű olajterületek kitermelése milyen sok fúrást igényel.

E sokféle itt vázolt természeti tényezőn kívül nem utolsó módon befolyásolja a termelés lehetőségeit és a gazdasági kihasználást az okszerű műszaki berendezkedés és fölkészültség, valamint a szállítóberendezés is. Említettük, hogy a petróleumtermelés és a vele kapcsolatos világ gazdasági és kulturális fejlődés a fúrások megindítása és azok műszaki tökéletesítése, gépi berendezése nyomán indult meg. A petróleumipar kezdetén a fúrásokból kikerült nyers petróleumot kezdetleges gödrökben vagy fával kibélelt kisméretű kádakban tartották. Ezekből azután fahordókban szállították a földolgozás helyére. A Kaukázusban teveháton vagy magas kétkeretű kordékon, tömlőkben történt a szállítás. A földolgozott olajat ismét hordókba töltötték s így szállították tovább. Ez a körülményes és költséges szállítás nagyban gátolta az olajipar fejlődését és versenyképességét, amely csak a tartálykocsik, csővezetékek és hajótartályok tömegszállító berendezéseivel vált életképessé.

Szén és petróleum a világgazdaságban.

Korunk világgazdaságának mozgó rugója, ipari és műszaki fejlődésünk és annak eredményein fölépülő művelődésünk éltetője a szén és petróleum. A legújabb kor történetén végigtekintve, nemzetek jólétének végső okai közt mindig megtaláljuk ezeket az energia-termelő anyagokat, amelyek birtoklásáért annyi véres háború, még sokkal több verejték és könny, nemkülönben diplomáciai és üzleti csatározás folyt. A szén és petróleum térbeli eloszlása ugyanis nem egyenletes a földön, s egyik ország gazdagon meg van áldva, míg a másik szegényes készlete mellett állandó behozatallal födözheti csak szükségletét. A szén egyenlőtlen eloszlásából következik, hogy szénben gazdag országok mellett szénben szűkölködő területeket lakó nemzetek vannak s ez az illető ország egész gazdasági fejlődésére kihat. A szén és petróleum általában ugyanazon a területen, illetve földtani rétegösszetételben kölcsönösen kizárják egymást, ezért általában a szénben szegény országok petróleumban gazdagok, míg a szén áldásaiban részesülő országok olajban szegények. Mintha csak a természet igazságszolgáltatását látnánk ebben az eloszlásban, amely alól egyedül Amerika nem országot, hanem világrészt képviselő területe mutat kivételt. Amerika ugyanis úgy szénmennyiség, mint olajkészlet szempontjából gazdag világ, mely éppen ezért áll vezető helyen a világgazdaságban.

Az egyes országok széngazdasága nem kizárólag a szénkincs nagyságától függ. Az előfordulás körülményei, földtani viszonyai, mélységi és ezzel összefüggő bányászati körülmények, valamint a szállítási lehetőségek lényegesen befolyásolják kihasználását. Legjobban szemlélteti ezt Kína mérhetetlen szénkincse, amely a nagykiterjedésű terület közlekedési hálózatának fejletlensége miatt alig van a kihasználás kezdetén. Kínában legalább két és félszer annyi szénkincs van, mint Németországban s mégis az utóbbi huszonháromszor annyi szenet termel, mint Kína, amelynek vasúti hálózata hat és félszer kisebb Németországnál. Főntebb jeleztük a szállítás nagy jelentőségét a petróleumtermelés fejlődésében is.

Ezek a tényezők okozzák, hogy a termelés nagysága nem mindig áll arányban a szénmennyiséggel. Ehhez járul még a fölhasználás és szükségletből következő kereslet nagysága is, amely a szénben gazdag országokban igen fejlett ugyan, azonban a termelés legtöbbször mégis meghaladja ezt. Az így előálló termelési fölösleg kivitel alakjában szénben szegényebb országokban nyer elhelyezést. A szénfölösleg elhelyezésének biztosítása nem utolsó tényezője a szénben gazdag országok világgazdasági törekvéseinek. Természetesen még több fejtörést okoz a szénellátás azokban az országokban, amelyeknek termelése vagy szénkincse csekély, szükséglete azonban aránytalanul nagy. Európában a háború előtti Németország, Anglia és Belgium voltak egyedül saját termelésükkel kielégíthetők, míg valamennyi többi ország behozatalra volt utalva. A tulajdonképeni szénkivitel azonban csak Németországban és Angliában volt. Igen erős szénszükséglet mellett, alig valami belföldi termeléssel, csaknem teljesen behozatalra van utalva Olaszország és Norvégia, amelyek Európa szénben legszegényebb országai. A többi országokban mutatkozó szénszükséglet nemcsak mennyiségben, hanem sokszor minőségben nyilvánul, azaz az illető ország különleges iparához olyan szénfajták szükségesek, melyek saját területén hiányoznak. Ilyen Magyarország is, amelynek legnagyobbrészt gyöngébb minőségű barnaszenei mellett állandó kőszénbehozatalra van szüksége. Szénszükségben volt mindig Oroszország is, amely nagykiterjedésű szénterületei dacára, gyér vasúti hálózata s elegendő bányászati föltárás hiánya miatt, saját termelésével sohasem födözte szükségletét.

Az amerikai Egyesült-Államok mérhetetlen szénkincse uralja ma a világpiacot s állandó fölöslegét kivitelre juttatja.

A szén fölhasználásának fejlődésével a szénben gazdag országok termelése is lépést tartott. A vasút és hajózás megnyitották a nagy távolságokra való szállítás lehetőségeit s eljuttatták a szenet olyan országokba is, amelyek azt sokáig nélkülözni voltak kénytelenek. A szénre alapított iparfejlődés tehát a szállítási megoldásokkal, a távolságok leküzdésével megindulhatott minden országban, függetlenül azok szénkincsétől. Ez a körülmény lényegesen fokozta a szénben gazdag országok termelését, amely most már eleinte csak kizárólag a szükségletek, illetve kereslet kielégítését tartotta szem előtt. A felszínhez közelebb eső, kisebb mélységű széntelepek fokozatos lefejtése azonban csakhamar fölvetette a tervszerű bányászat szükségessége mellett a szénterületek élettartamának kérdését, amelytől egy-egy szénterület gazdaságos kihasználása függ. A szénterületek élettartama a földtani vizsgálatokkal s az ezek alapján végzett kutatásokkal, föltáró bányaműveletekkel többé-kevésbé meghatározható s az illető területen található széntelepek mélységétől, vastagságától, kiterjedésétől és az ezekből kiszámítható mennyiségtől függ. Ezenkívül befolyásolják még a bányászat lehetőségei, annak könnyebb vagy nehezebb volta, a szállítás módja, a kereslet és kínálat, szóval a piaci helyzet. Az egyes országok földtani megismerésével lehetővé vált ezeknek a kérdéseknek tisztázása a különböző szénterületeken. Az 1913-ban Kanadában tartott torontói nemzetközi földtani kongresszus dolgozta föl a világ szénterületeire vonatkozó adatokat, amelyek azóta minden ezzel kapcsolatos számításnak alapját teszik. Természetes, hogy ezek az adatok az egyes országok, illetve szénterületek földtani megismerésétől függenek. Minél ismertebbek a földtani viszonyok, annál megbízhatóbbak, pontosabbak az azokra alapított becslések, illetve számítások is. Ebből következik viszont az is, hogy a különböző világrészekben ismert szénterületekre vonatkozó adatok nagyon eltérő értékűek lesznek. Könnyen megértjük ezt, ha szem előtt tartjuk a nyugati kultúra területeinek részletesen átkutatott voltát a többi nagy kiterjedésű, csaknem ismeretlen földrészekkel szemben.

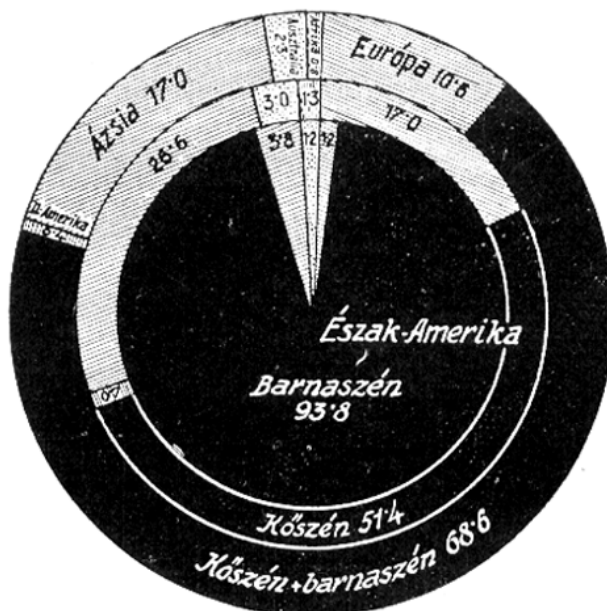
A torontói kongresszus szénkincsvizsgálatai azt a célt tűzték ki, hogy az egyes országok szénmennyiségének megállapítása mellett minőség, mélység, telepvastagság alapján is megkülönböztetéseket tegyenek. Ebből a célból mint láttuk, kizárólag a vegyi és fizikai jellegek szerint végeztek minőségi meghatározást. A szénkészletek egységes elbírálása végett csak fejtésre érdemes telepeket vettek tekintetbe, amelyek legalább egy láb vastagságúak s 1200 méternél nem mélyebbek. Ez a telepvastagság meglehetősen kicsiny, mert egyes helyeken ugyan 30 cm vastag kőszéntelepeket is fejtenek, azonban különösen a barnaszénknél, ilyen vékony telepek gyakorlatilag alig értékelhetők. Külön csoportba vannak sorolva a jelenlegi bányaművelés lehetőségeinek határán túl, legalább két lábnyi vastagságban 1800 m mélységig remélhető s így a jövőben még tekintetbe vehető széntelepek. A szénkészletek ezek szerint biztosan megállapított, valószínű és lehetséges mennyiségekre tagolódnak. Biztos készletek azok, melyek már fűrészekkel, bányaművelésekkel föltárt területeken a széntelepek mélységének, vastagságának és kiterjedésének ismerete alapján megállapíthatók. Valószínű készletek a megközelítő biztossággal megadott mennyiségek, míg a lehetséges készletek közelebbi számszerű becslésre nem alkalmas, még kevésbé ismert területekre vonatkoznak.

Ezeknek a szempontoknak tekintetbevételével a világ összes szénkészlete 7397.6 milliárd tonnára tehető.

Ez a mennyiség, az egyes világrészekben belül, kőszénben és barnaszénben a következő módon oszlik meg:

Világrész	Kőszén		Barnaszén		Kőszén és barnaszén együtt	
	milliárd tonna	%	milliárd tonna	%	milliárd tonna	%
Észak-Amerika	2261.5	51.40	2811.9	93.80	5073.4	68.58
Ázsia	1168.0	26.55	112.9	3.77	1281.0	17.32
Európa	747.5	16.99	36.7	1.22	784.2	10.60
Óceánia	133.8	3.04	35.1	1.17	168.9	2.28
Afrika	56.8	1.29	1.0	0.03	57.8	0.78
Dél-Amerika	32.1	0.73	-	-	32.1	0.43
Összesen	4399.8	100.00	2997.8	100.00	7397.6	100.00

A szénkészletnek ebből az eloszlásából, melyet a 9. képen is szemléltetünk kitűnik, hogy Észak-Amerika kőszénben és barnaszénben egyaránt vezető helyen áll, tehát az egész világ szénkincsének több mint kétharmadát képviseli. Európa csak a harmadik helyen áll, azonban a szén minőségében vezet, mert kőszénmennyisége lényegesen nagyobb a barnaszénénél. A világ barnaszénkészlete mint látjuk, az összes mennyiségnek mintegy kétharmada. Egyedül Észak-Amerikában haladja meg a barnaszén a kőszén mennyiségét.



9. kép. Az egyes földrészek szénkincsének viszonya és százalékos aránya a föld szénmennyiségében.

Még föltűnőbbé válik a szénmennyiségek egyenlőtlen eloszlása, ha Észak-Amerika és Európa felületi nagyságát is tekintetbe vesszük.

Összes szárazulat felületnek	Kőszén	Barnaszén
Észak-Amerika	15.68%	51.40%
Európa	7.45%	16.99%

Kitűnik ebből, hogy a két földrész az egész világ szárazulatainak alig egynegyedét (23.13%) teszi ugyan, mégis kőszénben csaknem héttizedét (68.39%), barnaszénben pedig 97.4%-ot, mindkettőben együtt négyötödöt (79.18%) tartalmaz.

Az egyes világrészek, országok, illetve szénterületek átkutatott voltát hűen tükrözteti vissza az arány, amit az összes szénkincsből a biztosan megállapított mennyiség képvisel.

Földrész	Kőszén milliárd tonna			Barnaszén milliárd tonna		
	összes	biztos	%	összes	biztos	%
Európa	747.5	249.8	33.41	36.7	24.4	66.59
Észak-Amerika	2261.5	29.8?	1.32?	2811.9	384.9?	13.69?
Dél-Amerika	32.1	2.1	6.50	-	-	-
Ázsia	1167.7	20.2	1.73	111.8	0.3	0.27
Oceánia	134.1	2.5	1.87	36.3	1.6	4.33
Afrika	56.8	0.3	0.6	1.1	0.15	14.61
Összesen	4399.8	304.7?	6.92?	2997.8	411.4?	13.72?

Ebből a táblázatból kitűnik, hogy a biztosan megállapított szénkészlet, még a legrésztesebben tanulmányozott Európában is kőszénben csak egyharmadát, barnaszénben pedig kétharmadát teszi az összes mennyiségnek. Észak-Amerika mérhetetlen szénkincséből pedig egészen valószínűtlennek tűnő csekély mennyiség van biztosan megállapítva. Nagyjában ezek az arányok érvényesülnek a világ összes szénkészletének országok szerinti alábbi megoszlásában is, amely a kőszén és barnaszén együttes mennyiségét tünteti föl:

	Millió tonna	Újabb becslés szerint
Észak-Amerika	3,838.657	
Kanada	1,234.269	
Kína	995.587	
Németország ⁴	423.356	
Anglia	189.533	
Ázsiai Oroszország (Szibéria)	173.879	402.858
Ausztrália	170.150	
India és Ázsia többi része	102.150	
Európai Oroszország	60.106	71.191 ⁵
Ausztria	57.552	
Magyarország ⁶	1.717	
Afrika	57.839	
Egyéb Amerika	32.602	
Franciaország	17.583	
Belgium	11.000	
Spitzbergák	8.750	
Japán	7.970	8.051
Hollandia	4.402	
Szerbia	529	
Bulgária	388	
Olaszország	243	
Svédország	114	
Dánia	50	
Görögország	40	
Románia	39	
Portugália	20	

⁴ Ebből az elveszített területekre esik 146.800 millió tonna, a francia megszállás alatt állott területre (Ruhr-vidék) 221.600 millió tonna.

⁵ Az 1913-17 között végzett legújabb orosz becslések eredménye lényegesen nagyobb szénkincset mutat ki, mint az 1913-ban adott nagyon tartózkodó számítás. Ebből az újabb becslésből a lengyelországi Dumbrava-medence már kimaradt. Ezek szerint Oroszország ázsiai és európai területe a világ negyedik szénországa gyanánt Németország helyére jut.

⁶ Ebből a számításból, az elvesztett területek szénkincsét leszámítva marad 645 millió tonna.

Ezek az adatok Európa országaira nézve is még az 1913. évi viszonyokat tüntetik föl, mivel az új országhatárokkal járó újabb szénkincseloszlások adatai még nem eléggé ismeretesek. Az európai országok szénkincsében mutatkozó lényeges eltolódásokat azonban egyelőre jól érzékeltetik az alábbi százalékos adatok, melyek az egyes országok előbbi és jelenlegi határain belül található szénkincsének viszonyszámait mutatja, Európa összes szénkincsére vonatkoztatva.

	1913-ban	Most
Németország	40.2 %	28.7 %
Oroszország	11.6 "	0.4 "
Ausztria	8.3 "	0.2 "
Anglia	32.0 "	32.0 "
Belgium	2.1 "	2.1 "
Skandinávia	1.7 "	1.7 "
Spanyolország	1.1 "	1.1 "
Csehszlovákia	- "	4.7 "
Ukrajna	- "	10.8 "
Franciaország	1.7 "	3.6 "
Lengyelország	- "	13.3 "
Magyarország	0.02 "	0.008 %

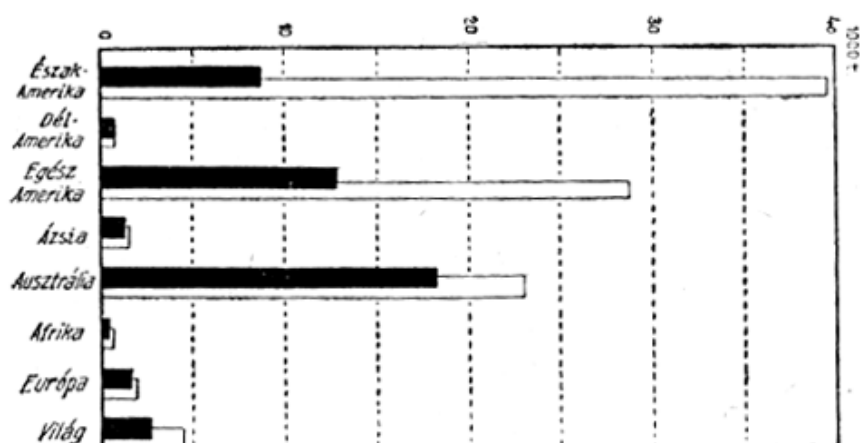
Már föntebb jeleztük, hogy az egyes világrészek, illetve országok széngazdaságának világ-gazdasági és gazdaságpolitikai jelentőségét a mennyiség számszerű vagy százalékos kifejezése egymagában nem tünteti föl eléggé. A földrajzi és gazdasági tényezők egész sora, az általános földrajzi fekvés, a terület nagyság s annak a szénterületekhez való viszonya, megközelíthetőség, szállítási módok, eszközök és távolságok, lakosság sűrűsége, ipari fejlettség, fölhasználás és termelés közötti viszony mindmégannyi befolyásoló értékmérői a szénkészlet nagyságának. Ezek a tényezők számszerűleg nem fejezhetők ki, csakis az egy négyzetkilométerre és a lakosság lélekszámára eső mennyiségek számíthatók, amelyek azonban szintén érdekes képét adják az egyes világrészek és országok széngazdaságának. Ezek szerint a biztos és valószínű szénkészletből négyzetkilométerenként a következő mennyiség esik tonnákban kifejezve:

	Kőszén	Barnaszén	Együtt
Észak-Amerika	108.554	134.971	243.525
Európa	75.513	3.706	79.219
Észak- és Dél-Amerika együtt	58.786	72.069	130.855
Ázsia	26.433	2.557	28.990
Óceánia	14.934	3.922	18.856
Afrika	1.845	34	1.879
Dél-Amerika	1.765	-	1.765

Észak-Amerika széngazdasága tehát ebben az alakban is vezetőhelyen áll, sőt még a szénben szegény, nagy kiterjedésű Dél-Amerikával együtt is, jelentékenyen fölülmúlja Európa kivételével a többi világrészeket. A lakosság számát véve alapul, azonban egészen más képet kapunk, mert a sűrűen lakott Európa nagyon leesorul a vezetésből s Óceánia kerül első helyre.

Egy lélekre esik az összes szénkészletből millió tonnákban (10. kép):

	Kőszén	Barnaszén	Együtt
Óceániában	18.289	4.802	23.091
Észak-Amerikában	17.681	21.984	39.665
Észak- és Dél-Amerika együtt	12.960	15.888	28.848
Európa	1.671	0.082	1.753
Ázsia	1.285	0.124	1.409
Dél-Amerika	654	-	654
Afrika	0.410	8	417



10. kép. A világ és az egyes földrészek kőszén- (fekete) és barnaszén- (fehér) készletének a lakossághoz viszonyított mennyisége.

Európa egyes államaiban a szénkészlet négyzetkilométerenként és lélekszám szerint, az 1913. évi állapotok alapján Goldreich nyomán, az alábbi módon alakul:

		Egy lélekre esik
Németországban	783 ezer t/km ²	6521 tonna
Angliában	596 " "	4073 "
Belgiumban	374 " "	1468 "
Hollandiában	129 " "	725 "
Magyarországban	5.2 " "	85 "
Bulgáriában	40 " "	80 "
Franciaországban	33 " "	444 "
Spanyolországban	18 " "	439 "
Oroszországban	11 " "	441 "
Szerbiában	6 " "	118 "
Dániában	1 " "	18 "
Olaszországban	0.8 " "	7 "
Görögországban	0.3 " "	9 "
Romániában	0.3 " "	5 "
Svédországban	0.3 " "	20 "
Portugáliában	0.2 " "	3 "
Egyesült Államokban	- " "	39560 "
Kínában	- " "	3020 "
Japánban	- " "	110 "

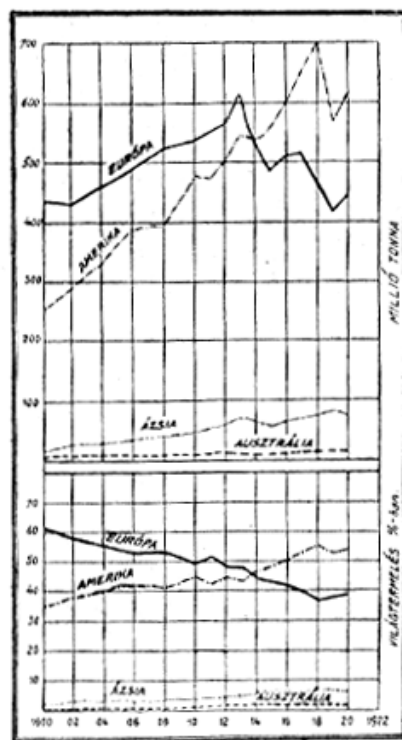
Mindezeknek a különböző megvilágításból nyert adatoknak összehasonlításából kitűnik, hogy Észak-Amerika és Európa a szénben leggazdagabb világrészek. Az európai országok között Németország, Anglia, Belgium, Hollandia és Franciaország állanak a szénben gazdag országok sorrendjének elején. Ezeket a szénkészlet mennyiségéből nyert eredményeket a széntermelés adatai is megerősítik. Európa szénbányászata a X. századtól kezdve lassú fejlődésben haladt s a világtermelésben 1913-ig bezárólag vezetett. Amerika szénbányászata csak a 18. század végén keletkezett, de csak a XIX. század kezdetén indult meg s 1822-ben 54.000 tonna volt. Bár ez a mennyiség rohamosan növekedett, a század végén még 1913-ig tetemesen alatta maradt az európai széntermelésnek. A háború alatt azonban Európa széntermelése csökkent s Amerika előtérbe kerülve mindmáig vezető mennyiséget produkál.

A világ széntermelése millió tonnákban és százalékos növekedése 1865. évre viszonyítva:

1865	%	1875	%	1885	%	1895	%
182.1	100	285.3	63	412.8	2266	582.939	320
1905	%	1913	%	1919	%	1920	%
939.811	515	1342.5	737	1158	635	1300	719

Ebből az összeállításból kitűnik, hogy a múlt század második felében fél évszázad alatt a világ széntermelése ötszörösére növekedett, s az azóta eltelt további negyedszázad újabb, mintegy 20%-os gyarapodást mutat. A háborús évek gazdasági rázkódtatását a széntermelés érzékenyen jelzi, jelentős csökkenést mutat, s mint látjuk az 1913-as év termelését még 1920-ban sem érte el.

Európa régi művelődési és iparfejlődési jellegét élénken tükrözteti vissza a világtermelésben való vezető szerepe. Az 1913-as világtermelésben Európa 54.5%-kal van képviselve Amerika 39.7%-ával szemben (11. ábra). A háború alatt azonban a világgazdaság súlypontja Amerikára tolódott át, amely 1920-ban már a világ széntermelésében 46.4%-kal van képviselve, az európai 45.9%-kal szemben. A két világrész tehát széntermelésben épűgy vezet a többi földrésszel szemben, mint a szénkészlet nagyságában.

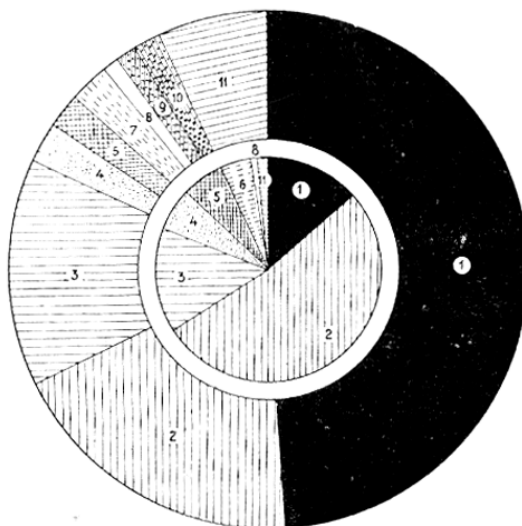


11. kép. Az egyes földrészek széntermelésének mennyisége és aránya az egész föld termelésében.

Hasonló eredményeket találunk, ha az egyes országok termelését vizsgáljuk. A szénben leg-gazdagabb országok Kína kivételével, termelésben is első helyen állanak s ezzel kapcsolatban művelődésben, iparfejlődésben és általános emberi jólétben is jobb viszonyokat mutatnak. 1913-ban már a világ legelső széntermelő területe az Egyesült-Államok voltak az egész világtermelés közel kétötödével, amelyet 1920-ban már lényegesen túlhaladott. Európa három legtöbbet termelő országa Anglia, Németország és Franciaország, éppen hogy meghaladta akkor az amerikai termelést, azonban 1920-ban a háború következtében termelésének felével mögéje került. Az egyes országok termelésének háborús eltolódásai kitűnnek az 1913-as évre vonatkoztatott s a következő oldalon közölt összeállításból.

Ország (földrész)	1913		1919		1920		1922	1923
	1000 tonna	világ- termelés %-a	1000 tonna	világ- termelés %-a	1000 tonna	világ- termelés %-a	1000 tonna	1000 tonna
Anglia	292.024	21·8	233.430	20·2	232.975	17·9	253.613	282.956
Németország	277.342	14·2	210.355	10·1	243.244	10·8	267.172	170.000
Franciaország	40.951	3·16	21.863	1·9	34.703	1·9	42.403	46.907
Belgium	22.842	1·7	18.483	1·6	22.414	1·7	21.035	22.916
Csehország	14.570	1·1	29.900	0·9	11.131	0·9	29.639	27.834
Magyarország	10.274	0·76	3.901	—	4.956	—	7.117	7.709
Oroszország	35.926	2·7	7.320	0·6	6.135	0·5	9096	11.952
Spanyolország	4.016	0·3	5.704	0·5	5.368	0·4	4436	5972
Hollandia	1.873	0·1	3.402	0·3	3.941	0·3	4.500	5.280
Egyesült-Államok	517.062	38·5	483.547	41·8	585.541	45·0	419.527	640.844
Kanada	15.253	1·1	13.704	1·2	17.259	1·3	13.759	15.264
Japán	21.416	1·6	30.300	2·6	—	—	24.973	26.388
Kína	14.515	—	—	—	—	—	21.300	18.600
Brit-India	16.468	1·2	—	—	—	—	19.316	19.065
Észak-Afrika	—	—	—	—	11.800	0·9	—	—
Oceánia... ..	15.000	1·1	—	—	11.900	0·9	14.293	17.300

E táblázat szerint az Egyesült-Államok, illetve Amerikán kívül, az összes háborús országok termelése csökkenést mutat s emelkedést Európában csak Hollandiában és Spanyolországban találunk. Ennek a feltűnő termelés-csökkenésnek okai nemcsak a területi veszteségekben keresendő, hiszen a gazdag szénterületekkel bővült francia termelés is visszaesést mutat, hanem részben a háborúban elesett vagy munkaképtelenné vált gyakorlott munkások hiányában, részben a háborús túlhajtott termeléssel igénybevett műszaki berendezések szükségessé vált pótlásában, valamint a kevésbé gazdaságos telepek művelésének főlhagyásában keresetők. Ebhez járultak Európa három széngazdag országában Angliában, Németországban és Franciaországban a politikai zavarok, többszörös munkabeszüntetésig fokozódott munkás elégedetlenség és az elpusztult francia bányavidékek szünetelése. A háború végén bekövetkezett gazdasági válságok különben még az Egyesült-Államok 1919. évi termelésén is érezhetővé váltak s ott is lényeges csökkenést okoztak. A világ legfontosabb széntermelő országainak termelésében mutatkozó változásokat a 12. képen közölt rajzunk tünteti föl.



12. kép. A világ széntermelésének fejlődése ötven év alatt, az egyes országok termelésének eltolódásával. (Belső kör 1870, külső 1920. év alapján.) 1. Egyesült-Államok. 2. Anglia. 3. Németország. 4. Franciaország. 5. Belgium. 6. Ausztria-Magyarország. 7. Japán. 8. Oroszország. 9. Kanada. 10. Csehország. 11. Egyéb országok.

Érdekes eltolódások mutatkoznak még Európa széntermelésében a termelt kőszén és barnaszénmennyiségek viszonyában. Európa barnaszénterületei túlnyomólag Németországban és az egykori Ausztria-Magyarországon voltak. E két háborúvesztes ország közül különösen Németország törekedett elveszített gazdag szénterületeinek hiányzó termelését a barnaszénbányászat fejlesztésével és termelésének növelésével pótolni. 1913-ban Németország össztermelése kőszén és barnaszénben Európa termelésének 37.9%-át szolgáltatta. Ebben a mennyiségben a kőszén 68.6%, a barnaszén csak 31.4%-kal volt képviselve. 1920-ban a német termelés Európa termelésében 40.7%-kal szerepel, azonban a kőszén 54.1%, a barnaszén 45.9%-ot tett ki, míg 1921-ben a kőszén 52.5%-ával szemben 47.5%-ot kitevő barnaszénmennyiség áll. Mennyiségileg tehát Németország eléri szénszükségletének fődözését, de ipari üzemeinek szükséglete ezzel a minőséggel kielégítést nem nyer.

A világ barnaszéntermelésében mutatkozó eltolódások az alábbi táblázatból tűnnek ki. Ezek szerint Németország első helyen áll s ezt a pozíciót nagy vastagságú, egyszerű viszonyok között bányászható barnaszéntelepeinek további termelésfokozásával a jövőben is tartani fogja. Második helyen Csehország s mint látjuk, utána Magyarország következik, mely utóbbinak széntermeléséből a főszűly a barnaszénre esik. Az Egyesült-Államok széntermelésében az európai fogalmaknak megfelelő barnaszénmennyiség nincs külön kimutatva. Egyébként is azt látjuk, hogy a legtöbb ország jelentéktelen barnaszéntermelésére vonatkozó adatok legtöbbször nincsenek elkülönítve.

	1913		1920	1921		1922	1923
	1000 t.	%	1000 t.	1000 t.	%	1000 t.	1000 t.
Németország	87.233	69.60	111.880	123.011	78.61	137.179	118.249
Ausztria-Magyarország	36.332	28.99	-	-	-	-	-
Ausztria	-	-	2.409	2.470	1.58	3.109	2.685
Magyarország	8.954	-	4.000	4.870	3.11	6.177	6.770
Csehszlovákia	-	-	19.696	21.051	13.45	19.174	16.266
Olaszország	698	0.56	1.572	1.020	0.65	745	953
Franciaország	793	0.63	901	736	0.47	778	866
Spanyolország	277	0.22	552	409	0.26	330	394
Kanada	-	-	3.275	2.919	1.87	3.088	2.800

Az itt felsoroltakon kívül barnaszéntermelő országok még Jugoszlávia, Hollandia s Görögország is. Jelentékenyebb mennyiséget egyik sem termel s csak világgazdasági szempontból érdemes megemlíteni, hogy a szénben szegény Görögország háború előtti 28.000 tonna termelését ma már 200.000 tonna körüli mennyiségre emelte.

A termelt szén mennyisége nincs mindig egyenes viszonyban a fogyasztással. A legtöbb országban a mennyiségileg elégséges széntermelés mellett is sok esetben szükség van behozatalra az ipari üzemek céljaira alkalmas különleges minőségű szenekből. Egyedül az Egyesült-Államok és Anglia nincsenek szénbehozatalra utalva, bár az utóbbi, inkább földrajzi okokból, lényegtelen mennyiségű idegen szenet is használ. Azok az országok, melyek szénben gazdagok ugyan, de bizonyos különleges ipari célokat szolgáló szeneket importálnak, gazdaságilag más megítélés alá tartoznak, mint a sem minőségben, sem mennyiségben elegendő szenet nem termelő széninséges országok. Az utóbbiak közé tartozik Svédország, Olaszország, Görögország, Románia, Törökország s bizonyos mértékben Oroszország is. Ezenkívül idesorolhatók az összes délamerikai államok.

A széntermelés és a fölhasznált szén mennyisége tehát seholsem fődik egymást, mégis a legtöbb szenet termelő országok a legerősebb iparfejlődést is mutatják. Ez a fejlődés hűen visszatüköröződik az egyes országokban egy lakosra eső elhasznált szénmennyiségből is, melyet e táblázat mutat tonnákban:

	1885	1895	1905	1913	1922
Egyesült Államok	1.76	2.48	4.18	5.10	
Anglia	3.63	3.81	3.97	4.01	
Németország	1.50	1.99	2.81	3.85	2.53
Belgium	2.25	2.53	2.81	3.55	
Franciaország	0.79	1.00	1.23	1.59	
Ausztria-					
Magyarország	0.59	0.90	0.82	1.17	
Magyarország	-	0.32	0.42	0.69	0.86
Svédország	0.29	0.46	0.72	0.96	
Olaszország	0.10	0.13	0.19	0.35	
Kanada	0.68	0.97	2.17	-	
Japán	0.02	0.07	0.20	0.23	

Ha összehasonlítjuk ezeket az adatokat a szénkincs mennyiségének egy-egy lakosra eső mennyiségét föltüntető adatokkal, akkor a sorrendet azonosnak találjuk. Az Egyesült-Államok mérhetetlen szénkincsével és a fölhasznált szén fejenkénti mennyiségével első helyen áll a világ valamennyi országa fölött. Utána következnek Európa szénben gazdag országai: Anglia, Németország és Belgium, amelyek tudvalevőleg iparilag is vezetőhelyen állnak.

A technika csodálatos fejlődésének éltető anyaga a szén, évről-évre gyorsan növekedő mennyiségekben került ki a föld alól, hogy éltető melegével és erőtermelésével megadja a művelődésre törekvő emberiség boldogulásának alapjait. Az utóbbi évek termelésének rendkívüli emelkedése mindinkább előtérbe tolta a földkéreg széntelepeinek kifogyására vonatkozó kérdést, amelynek megoldására az 1913-as torontói nemzetközi földtani munkálatok becslési adatai is törekedtek. Ezeknek az adatoknak birtokában a legkülönbözőbb számításokat végeztek az egyes országok és azok egyes szénterületeinek kimerülésére nézve. Bármilyen reális alapon történjenek is azonban ezek a számítások, végeredményben nagyon változó értékűek s legfőljebb gyöngé emberi elménk véges gondolkodását kielégítő tájékoztató tapogatózások. Ezeket a közelebbi vagy távolabbi jövőbe világító, jóslásszerű számításokat geológusok, bányászok és fizikusok végzik s legszemélyesebb képviselői *Frech* és *Arrhenius* professzorok.

A szénkincs teljes kifogyására vonatkozó számítások a szénkincs nagyságát, a bányászás lehetőségeinek határt szabó mélységet s az eddigi termelési mennyiséget veszik kiindulásul. Az egyéb befolyásoló tényezőket figyelmen kívül hagyva, mindhárom körülmény meglehetősen változó alapot ad. A szénkincs nagysága, mint láttuk, függ a mélységtől, a telepek fejtésre érdemes vastagságának megállapításától. Ezek szerint biztos, valószínű és remélhető mennyiségeket kell megkülönböztetnünk. A bányászati lehetőségek a jövő technikai fejlődéssel ismeretlen határokig tolódhatnak el. A termelés nagysága pedig a műszaki és munkásviszonyoktól eltekintve, annyira a pillanatnyi gazdasági helyzettől, a kereslet és kínálat viszonyától s a szénszükséglet mértékétől függ, hogy annak alapulvétele, akár az eddigi termelésfejlődés méreteinek tekintetbevételével is, nagyon ingatag alapot adhat. Mindezek dacára emberi szempontból érdekes képet adnak azok a számítások, melyek az egyes szénterületek teljes kifogyására vonatkoznak. Természetesen lényegesen eltérő eredményeket kapunk a kiindulási alap különböző formulázása szerint, valamint akkor is, ha csak egyes szénterületek szénkincsének kifogyására, egész országokra vagy világrészekre végzünk számításokat.

A széntermelés mai méreteit és eddigi fejlődését szem előtt tartva, azt látjuk, hogy Európa legerőteljesebben használja el széntelepeit, amennyiben évente szénkincsének egy ezrelékét pusztítja. Amerika ezzel szemben csak egy tizedezreléket, Ázsia pedig csak négy századezreléket használ el évente földalatti szénkészletéből. Ezek szerint Európa leghamarabb elpazarolná a természettől nyert örökségét, amely ezen az alapon mindössze ezer évig tarthat,

míg Amerika tízezer, Ázsia pedig 25.000 évig dúslakodhat benne. Az egyes szénterületek lényegesen eltérő szénkincseloszlása, a fejtési, termelési, bányászati és gazdasági viszonyok különbözősége azonban módosítják ezt az általános számítási eredményt annál is inkább, mivel, mint a szénterületek térbeli eloszlásánál láttuk, a széntelepek nem mutatnak az egész kontinensen egyenletesen terjedő rétegeket. Ezért még az említett tényezőkön kívül különböző időtartamot jelent a különböző országok szénben gazdagabb vagy szegényebb volta is. Ezen az alapon *Frech* számításai szerint Németország szénkészlete legalább 1500 évig elegendő az 1913-as állapotok alapján. Anglia szénkincsének tartamát 2-300 évre, Belgiumét 400, Ausztriáét (régi alapon) néhány évszázadra, Kínáét sok évszázadra, Észak-Amerikáét viszont csak 100-150 évre teszi. Ezzel szemben *Goldreich* az 1913-as állapotok alapján az akkori termelést állandónak véve, a következő időtartamokra becsüli az egyes országok szénkincsének elfogyását: Oroszország 1828, Németország 1517, Ausztria-Magyarország 1110, Anglia 649, Belgium 485, Franciaország 438, Egyesült-Államok 7423, Kína 82.965 és Japán 374 év.

E két szerző lényegesen eltérő adatai eléggé szemléltetik ezeknek a számításoknak főttebb említett ingtag jellegét. Még megemlíthetjük, hogy az Egyesült-Államok kifogyhatatlannak tetsző, mérhetetlen szénkincse az ottani termelési viszonyok mellett, az amerikai hivatalos becslés szerint is hihetetlenül rövid idő alatt kifogy. Az amerikai széntermelés egy évszázad óta tizenkétezerszeresére növekedett. A széntermelés ilyen méretei mellett annál gyorsabban következik be a teljes kibányászás, mivel köztudomás szerint, mindmáig példátlan rabló-bányászat folyik. A szénelőfordulások a megtalálót illetik s nincsenek földbirtokhoz kötve, mint nálunk. A bányaművelés a bányatulajdonos tetszésére van bízva. A fejtési veszteség 40-70% között mozog, vagyis valósággal szószerinti értelemben kipusztított széntelepeknek fele vagy harmada kerül csak rendeltetési céljaira. Ez a pusztítás már az amerikai Fehér Házat is foglalkoztatta, mert az utolsó évtizedek szénkincspazarlása több mint három milliárd tonnára tehető. Az eddigi legnagyobb termelés 1918-ban 678,211.904 sh. t. volt⁷. Az 1907-1912. évi átlagos gyarapodást alapul véve 1937-ben a termelés 3500 millió tonnára rúgna, ami megfelel az amerikai széntermelés első 75 évi összes termelésének. A mai termelési rendszer mellett a fejtési veszteséggel együtt pedig a mai napig kitermelt mennyiséggel volna azonos. Ezen az alapon érthető, hogy az Egyesült-Államok szénkincse a hivatalos amerikai becslés szerint is csak 100-150 évre volna elegendő.

Magyarország csonkítatlan teljes szénkincsét *Papp Károly* 1910-ben 1.717,707.418 tonnára becsülte, amely a következő módon oszlik meg:

kőszén	141,273.700 tonna
jobb minőségű barnaszén	1.443,280.718 "
gyenge " " (lignit)	133,153.000 "

Ez a mennyiség szerinte az 1910. évi termelés alapján évi félmillió tonna növekedés föltételezésével, 65 évre volna elegendő.

Minden szénkincsbecslés a dolog természetéhez képest többé-kevésbé ingtag alapokon áll s a kiindulás adatainak minőségétől és mennyiségétől függ. *Papp Károly* becslése azonban többnyire régi adatok alapján, az egyes szénterületek s az újabb kutatások közvetlen ismerete nélkül, az összes szakemberek egybehangzó véleménye szerint, túlságosan kicsinyre becsülte szénkincsünket. Mindjárt a munka megjelenése idején, - az akkori föltárások és kutatások alapján, - a pécsvidéki, és a petrozsényi szénterületek szénkincsét jóval nagyobboknak számították.

⁷ Short ton = 907.2 kg.

Az elmúlt évtized lényeges változásokat hozott hazai szénkincsünk mennyiségi és minőségi értékelésében. Mennyiségi tekintetben az ország megcsonkításával elveszített szénterületek a főntebbi becslés számadatait közel kétharmadával csökkentik, amennyiben az abban adott becslések alapján elvesztettünk 1.072,555.000 tonna szénkincset, amelynek leszámításával 645,152.418 tonna marad Magyarország mai területén. Ha ezt a szűken számított mennyiséget Magyarország mai területén belül némi revízió alá akarjuk venni, úgy elsősorban a már régebben föltárt területekre vonatkozólag kell korrekciót eszközölnünk. Ezek között első helyen kell említenünk Pécs vidékének köszénterületeit, ahol, *Papp Károly* 100 millió tonnás becslésével szemben *Vizer Vilmos* minimálisan 200 millió tonnát számít. Megemlíthetjük még Tatabányát, ahol viszont a 200 millióra becsült készlet helyett csak 100 millió tonnára számíthatunk.

Szénkincsmennyiségünk értékelésénél ezenkívül még az újabb időben részletesebb kutatásokkal tisztázott és az újabban átkutatott területek eredményeit kell tekintetbe vennünk. Ezek korántsem újonnan »fölfedezett«, eddig még ismeretlen szénterületek, hanem a megváltozott gazdasági helyzet következtében feltárássra került régebben elhanyagolt vagy eddig gazdasági értékesítésre alkalmatlan részek. Ezek közül jelentéktelenebb dunántúli kutatások és nógrádi föltárásoktól eltekintve, a borsodi szénterület csaknem teljes föltárása, valamint a Mátra és Bükkalján fölkutatott gyöngé minőségű, fiatal barnaszének szolgáltatnak számottevő mennyiséget. A borsodi 4-5 fejthető telep közül legtöbb bányában kettő, sok helyen három telep van vagy kerülhet művelés alá, úgyhogy ez a gyöngébb szenet tartalmazó terület jelenleg mennyiségi tekintetben első helyen áll. Durva számítás szerint a borsodi szénterületen mintegy 237,000.000 tonnával ismerünk többet annál a mennyiségnél, amit *Papp Károly* annakidején adott. Hozzájárul ehhez még a legújabb időben föltárt Mátra és bükkalji gyöngé minőségű, fiatalokú barnaszén mennyisége, amely kilométerekre terjedő szakaszokon több méter vastagságú telepekkel, pontosabban ki nem fejezve, legalább 200,000.000 tonnára tehető. Ebbe a kategóriába soroljuk a Boldvavölgyi (Szendrő-Szuhogy-Abod-Galvács, stb.) telepeket is. Ezt a durva mennyiségi korrekciót összegezve, következő eredményre jutunk:

Papp Károly becslése alapján megmaradt szénkincsünk:

	645,152.418 tonna,
ehhez pécsvidéki többlet	150,000.000 tonna,
" borsodi többlet	237,000.000 "
" mátra- és bükkalji többlet	200,000.000 "
	1.232,152.418 tonna,

amelyből levonandó a tatabányai⁸

becsléskülönbség	110,000.000 "
összesen:	1.122,152.418 tonna,

azaz 1122 millió tonna, amelyből köszén

jobb barnaszén (tatabánya-esztergom-salgótarjáni)	267,650.500 tonna,
gyöngébb, fiatalabb barnaszén	290,000.000 "
	564,501.918 "
	1.122,152.418 tonna.

Ebben az összegezésben nincsenek beleszámítva még a Salgótarjántól nyugatra eső területek, ahol a főtelep 1-1.5 m vastagságban nagy területen megvan és részben folyamatban lévő, részben még jövő kutatások által feltárható. Nincsenek beleszámítva azok a nagyterjedésű,

⁸ Tatabánya szénkincse *jelenleg* mintegy 90 millió tonna.

magasabb fedőrétegekkel (schlier) borított Salgótarján körüli területek, ahol a széntelepek kétségtelenül megvannak, azonban 300-500 méteren belül nem várhatók, tehát mélységük miatt egyelőre nem jönnek tekintetbe. Ez a több mint 300 millió négyzetméter terület a gazdaságos művelhetőség esetében a salgótarjáni telepkifejlődés mellett legkevesebb 500 millió tonna szénkincset jelenthet. Nincs beleszámítva főttebbi értékekbe a magyarországi mintegy 120 millió tonnára becsült tőzegmennyiség sem.

A trianoni szerződés előtti Magyarország összes termelése 1867-1918-ig bezárólag:

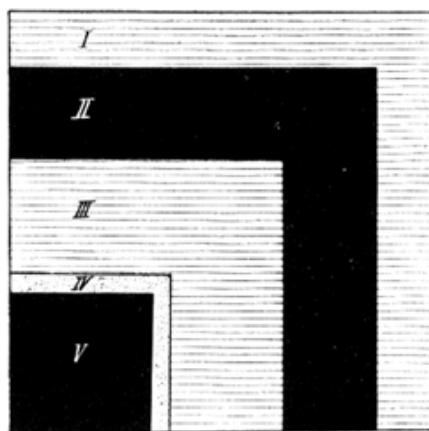
kőszénből	509.747.968 q-t,
barnaszénből	<u>1,895,968.340 "</u>
együtt	2.405.716.308 q-t tett ki.

Ez a mennyiség a *Papp Károly* becslésében adott szénkincsnek 14%-a, nem csoda tehát, hogy az 1910. évi termelést évi félmillió tonna növekedéssel alapul véve, szénvagyonunk teljes kimerülését 65 évben állapította meg.

Ezzel szemben a főttebbi, még nem véglegesen megállapított, de korántsem tulzó számítás mellett a kitermelt mennyiség 1867-1922-ig bezárólag:

kőszén	398,043.949 q
összes barnaszén	<u>1.491,886.561 "</u>
együtt	1.889,930.510 q

azaz kerekén 189 millió tonna, ami főttebbi szénkészletünk 14.74%-át teszi. Tehát a régi Magyarország kitermelt szénmennyisége nagyjából ugyanolyan arányban van annak egész szénkincsével, mint a mai Magyarország területére eső kitermelt mennyiség annak *korrigált* szénkészletével.



13. kép. Magyarország szénkincse.

I. Az 1913. évi becslés szerint.

II. A jelenlegi Magyarország szénkincse módosított becslés szerint.

III. A jelenlegi szénmennyiség az 1913. évi becslés szerint.

IV. Az egész ország kitermelt szénmennyisége 1865-1918-ig.

V. A jelenlegi országhatáron belül 1865-1922 között kitermelt szénmennyiség.

Mai széntermelésünket csak főntartással vehetjük széngazdasági számításaink alapjául. Ez a súlyosan sebzett ország beteg gazdasági viszonyaira gyors gyógyulást adni óhajtó lázas termelés még nem érte el sem normális kereteit, még kevésbé az ország igényeinek kielégítését. Az 1922. évi termelésünk 16%-kal múlja fölül az 1921. évi termelést. Ezzel szemben a háborút megelőző évek évi termelésnövekedése 9-10% között mozog. Ha az évi termelésünk 10 millió tonnát eléri, ami mai fejlődési lehetőségeink mellett 1925-ben bekövetkezhet, akkor

a továbbiakban, a háborút megelőző évi 10%-os termelésnövekedés mellett, főntebb megállapított szénkészletünk mintegy száz évre volna elegendő. Ez az időtartam, valamint szénkészletünk korrigált megállapítása némileg megnyugtatóbb, mint a *Papp Károly* vázolta sötét jövő. Ez azonban még így is csak elméleti kép, amely csak mennyiségi alapokon nyugszik, holott a kérdést komplikálják a minőségi szempontok is.

Tudvalevő, hogy minőség tekintetében országunk túlnyomólag barnaszén s ezek között is nagyon sok gyöngé minőséget termel. Az 1922. évi termelés 14.7%-a kőszén (pécsvidéki), 55.9%-a jobb minőségű barnaszén (tatabánya-, esztergomvidéki és salgótarjáni) s a fönnmaradó 30% gyöngébb minőségű barnaszén. Ez az arányszám sajátságosan a legutolsó békeévhez (1913) képest alig változott, mert akkor a feketeszen mennyiség az össztermelés 12.85%-át tette. Ha tehát a termelési fejlődés föltételezésével az egyes szénminőségek időtartamát vizsgáljuk, azt találjuk, hogy ezen az alapon a feketeszen 150-180, jobbminőségű barnaszénünk azonban csak 70-80 évre volnának elegendők.

Bármennyire nehéz is a kérdés számszerű tisztázása egész reális alapon, mégis kitűnik ezekből az adatokból, hogy széntermelésünk nyugodtan növelhető az ország szénszükségletének lehetőség szerinti teljes fődözéséig. Az egyedül helyes nemzetgazdasági elv csak az lehet, ha technikai felkészültséggel iparkodunk még a minőségi nehézségeket, illetve szükségletet is mennyiséggel pótolni. Ezzel kapcsolatban szükségessé válik nemcsak a gyöngébb minőségű barnaszének rendszeresebb föltárása és művelése, hanem a mélyebben fekvő telepek felkutatása is.

Már főntebb említettük, hogy országunk területén váratlan szénterületek »fölfedezésére« nem gondolhatunk. A legutolsó évek nagy erővel megindult kutatásai alapján véglegesen tisztázottnak vehetjük, hogy a Dunántúl egész területén újabb feltáráható szénterület a meglevőkön kívül, nincs. A pécsvidéki kőszénelőfordulás újabb területeinek folyamatban levő kutatásai is kétes kilátásúak s eredményességük esetén is csak nagyon nagy - 1000 métert is meghaladó - mélységre számíthatunk. Érdemlegesebb mennyiségű szénelőfordulás sem a Bakonyban, még kevésbé a Vértesben, vagy a budai hegységben nincs, sőt a Dunántúl még gyöngé minőségű, fiatal barnaszének érdemleges mennyiségben való feltárására is meddőnek mondható. Ebben a megállapításban a jelenleg kutatás alatt álló németegyházi (Fehér m.) eocén szénterület nincs beleértve s az itt várható szénmennyiség főntebbi szénkincs-többletünkben sincs föltüntetve.

A jövő kutatások lehetőségei ezek szerint csak Nógrád, Heves és Borsod eddig még felkutatatlan, mélyen fekvő széntelepeire szorítkozhatnak. Ezzel egyidejűleg mai termelésünk fokozásával mindinkább előtérbe tolul barnaszénünk mélyművelésének kérdése, amely a jövő gazdasági és műszaki feladata lesz. A gyöngébb minőségű, fiatal barnaszének termelésével iparunk decentralizálását kell összhangba hoznunk, hogy a szállítás minél kisebb körzetre szorítkozzék, amivel egyszersmind vasúti hálózatunkat is kímélhetjük.

Végeredményben tehát szénkérdésünk megoldásában egyelőre mi is nyugodtan folymodhatunk a termelés növelésének gyógyszeréhez, mert ez az egyedüli gyógyszer, amit nemcsak nálunk, hanem a szénvagyonának jelentékeny részétől megfosztott Németországban is alkalmaztak. Németország barnaszénbányászatának nagyméretű fejlesztésével törekedik szén-szükségletének fedezésére, holott ez az eddig lényeges szerepet nem játszó barnaszénbányászat háború előtti számítások alapján a barnaszénkészletnek 50-60 év alatt való kitermelésére vezetett volna. A mai méretű német barnaszénbányászat ezt a kitermelési időt lényegesen meg fogja rövidíteni.

Valamennyi számítás játék a számokkal. Az előre nem látott tényezők befolyása annyira kiszámíthatatlan, hogy ezek a számok nem jelenthetnek többet, mint a föld különböző egymásra következő korszakainak években meghatározott időszámításai. A háború lezajlása után

új gazdasági fejlődésirány kezdetén állunk, amelynek alkotásai és törekvései még ismeretlenek. Lehet, hogy ennek a fejlődésnek szolgálatában a széntermelésnek az eddigieket hatványozó mértékben kell növekednie, de nincs kizárva, hogy a technika olyan alkotásokat hoz, amelyek mellett esetleg a szén fontossága kisebbedni fog s alárendeltebb szerepet ölt.

Fordítsuk figyelmünket a kőszén mellé fontosságban diadalmasan előretört petróleum világ-gazdasági kérdései felé és sok tekintetben kedvezőbb körülményeket találunk. A természet-tudományok és technika haladása a petróleum fölhasználását és alkalmazását új csapásokra terelte, ami lehetővé tette, hogy a petróleumgazdálkodás a széntermelést erősen megzavaró háborút nemcsak zökkenés nélkül élte át, hanem fontosságában erősen meggyarapodva került ki abból. A petróleumtermelés nincsen országhatárokhoz kötve s a birtoklásért versengő nemzetek a földkerekség bármely helyét fölkeresik az óhajtott kincsért. Ezért a petróleum sokkal inkább nemzetközi jellegű, mint a kőszén s jelentősége nemcsak az eddig ismert területek erőteljesebb kihasználását eredményezte, hanem egészen ismeretlen területek expedíciójellegű kutatására is vezetett. A széntermelés szociális bajai, műszaki nehézségei növelik a petróleum iránti érdeklődést, mert itt könnyebben megoldható munkásviszonyok, egyszerűbb termelési módok s túlnyomólag műszaki fölkeszültséget igényelő kérdések vannak. A szénkérdés, illetve szénellátás gondjai nyomasztólag hat a technikára s új megoldásokra kényszeríti azt, ami ezidőszert a petróleumfölhasználás lehetőségeinek fejlesztésében nyilvánul.

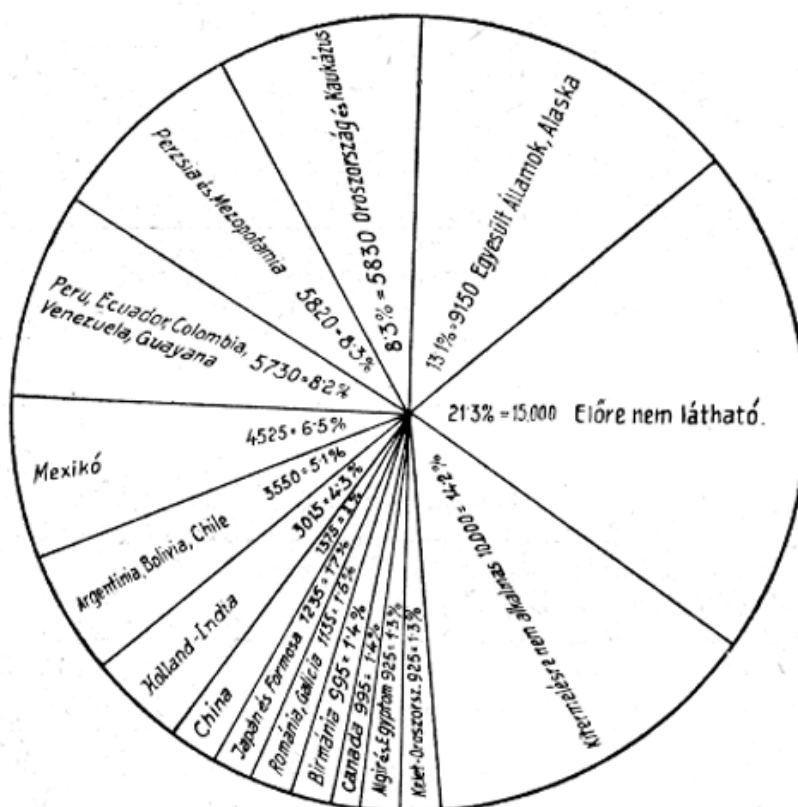
A petróleumkérdés fontosságát nagy nemzetek már régen fölismerték s a legújabb idők külpolitikai viszonyaiban fontos szerep jut ennek a kérdésnek. A földünkön általánosan elterjedt becses szénhidrogének uralmáért folynak most is harcok s az ujságok jelentéktelennek látszó külpolitikai hírei mögött nagyon sokszor a petróleumkérdés rejtőzik. A petróleum előfordulási helyeinek tárgyalásából láttuk, hogy általában olyan területeken található, amelyek szénben nem gazdagok. A szénben gazdag országok tehát saját határaikon belül nélkülözni kénytelenek ezt a becses nyersanyagot. Európa szénben leggazdagabb országai Anglia, Németország, Franciaország, Belgium, országaikon belül csak nagyon jelentéktelen mennyiséget találnak, azért tetemes szükségletüket kizárólag behozatallal fődözhetik. A szükségletet nemcsak a petróleumterületek termeléséből fődözik, hanem mindinkább fokozódik az olajos palák földolgozásának ipara s legújabban a szénből nyert olajok előállítása is.

Anglia olajszükséglete a világtermelés 10%-ának felel meg, amelynek csaknem 99%-át idegen országokból fődözi. Az angol termelés a világtermelés 2.2%-át adja. Németország petróleumtermelése Elzász visszacsatolásával lényegesen csökkent, s a barnaszénből iparkodik hajtóolaj, kenőolaj, gépolaj és paraffin előállításával szükségletének egy részét fődözni. Franciaország Elzásszal is csak kevés olajat termel olajospala-iparával együtt, úgyhogy ezzel szükségletének csak mintegy 5%-át fődözheti. Ez a kérdés nagyhatalmi állásának leggyöngébb oldala, mivel idegen országok petróleumtermelő vállalatainál nincs elegendő mértékben érdekelve. Ezért keres érdekeltségi elhelyezkedést Szíriában, Törökországban, Galiciában, Romániában és Oroszországban is, azonkívül újabban állami keretekben, magántőke bevonásával alakított petróleumkutató vállalatot, mely a francia föld átkutatását célozza.

Európa leggazdagabb petróleumterületei Galiciában és Romániában vannak, amelyek mint láttuk, szénben szegény országok. Hosszú időn keresztül Oroszország ázsiai területei uralták a petróleumpiacot, míg a háború alatt az Egyesült-Államok előretörése és belső politikai zavarok miatt nagyon leszorultak. Az Egyesült-Államok földtani intézete 1922-ben a legilletékesebb szakemberek közreműködésével közzétette a világ petróleumkészletére vonatkozó összefoglaló becsléseket. Ezek szerint 1922 elején a világ petróleumkészlete 70 milliárd

barrelre tehető.⁹ Ennek a mennyiségnek területi eloszlásában első helyen az Egyesült-Államok vannak, utána következik Oroszország, Perzsia és Mezopotámia, majd Közép-Amerika államai, Mexikó, Dél-Amerika államai és Holland-India. A 14. képen az egyes országok petróleumkészletének viszonyát mutatjuk be.

Rámutattunk főntebb azokra a nehézségekre, melyek a világ szénkészletének megállapításában mutatkoznak. Ezek sokkal nagyobb mértékben jelentkeznék a petróleumkészlet becslésénél, amely hozzávetőleges adatnál alig lehet több. Míg azonban a szénterületek többé-kevésbé már ismeretesek, addig a földkéreg olajtartalmú rétegeiről ezt legkevésbé sem mondhatjuk, mert lehetnek olyan exotikus területek, ahol a szénhidrogének jelenléte külső nyomokban nem mutatkozik, de a mélységben lévő rétegösszletben olajtartalmú rétegek is vannak. A petróleummennyiség becslése még ismert területeken is nehézségekbe ütközik, mert mint láttuk ugyanazon terület fúrásai nagyon változó mennyiségben és különböző időtartamig szolgáltatnak, tehát a meglevő kutak a terület további föltáratlan részeire nem adnak biztos mennyiségi adatokat.



14. kép. A világ petróleumkészlete millió barrelben, az 1922. évi amerikai becslés szerint (összesen 70 milliárd barrel.)

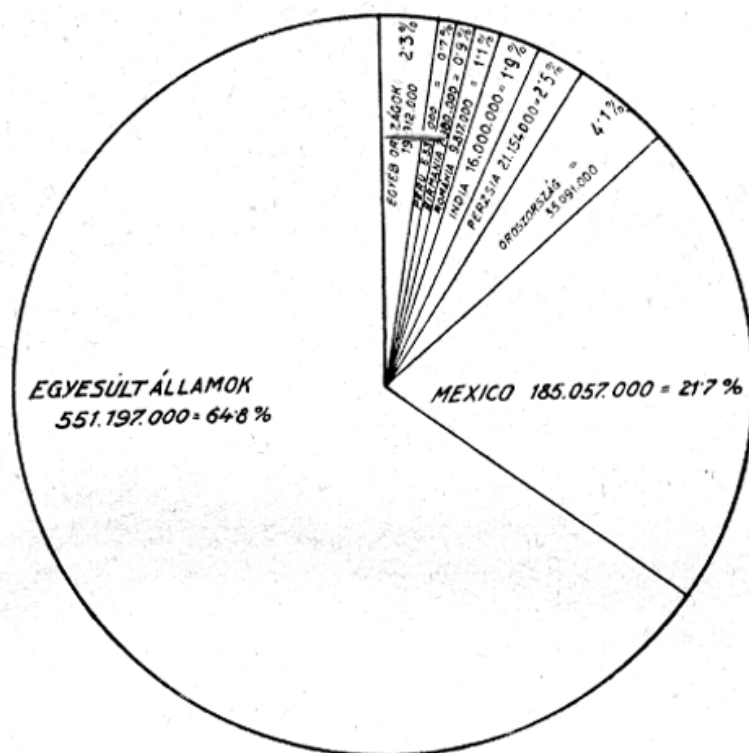
Ennek igazolására a föntebbi grafikonban föltüntetett adatokkal szemben alább táblázatban közöljük a világ petróleumkészletére vonatkozó legújabb becslési adatokat, amelyek a Zeitschrift f. prakt. Geologie 1924. évfolyamának első füzetében jelentek meg s az egyes országok készletének időtartamát is megadják az 1922. évi termelés alapján. (15. kép.)

⁹ 1 barrel = 42 gallon = 159 liter = 133.14 kg. Egy tonna = 7.19 barrel vagy hordó.

A világ petróleumkészletének eloszlása és föltételezett élettartama:

Ország, földrész	Olajkészlet millió barrelben	A készlet viszonya		Élettartama az 1922. évi termelés alapján években
		A világ- készlethez	Az Egyesült Államokéhoz	
Világkészlet összege	43.055	100.--	--	50.6
Egyesült Államok	7.000	16.26	100.--	12.7
Kanada	955	2.31	14.21	5558.7
Mexikó	4.525	10.51	64.64	24.5
Dél-Amerika északi része Peruval	5.730	13.31	81.86	549.1
Dél-Amerika déli része Boliviával	3.550	8.25	50.71	1327.6
Algír és Egyiptom	925	2.15	13.21	772.8
Perzsia-Mezopotámia	5.820	13.52	83.14	275.1
Délkelet-Oroszország, Kaukázus és Délnyugat Szibéria	5.830	13.54	83.29	192.5
Észak-Oroszország és Sachalin	925	2.15	13.21	
Románia, Galicia és Nyugat-Európa	1.135	2.64	16.21	72.5
Japán és Formoza	1.235	2.87	17.64	616.3
Kína	1.35	3.19	19.64	217.5
India	995	2.31	14.21	
Holland-India	3.015	7.00	43.07	188.4

Ez a becslés jóval sötétebb képet rajzol elénk, mint a föntebbi grafikon. A világkészlet összegét mindössze 43 milliárdra teszi a rajzunkban föltüntetett előre nem látott és kitermelésre nem alkalmas mennyiségek elhagyásával.



15. kép. A világ 1922. évi petróleumtermelése (851,540.000 barrel.)

Bár az Egyesült-Államok készlete kedvezőbb arányt mutat, kitermelési időpontja hihetetlenül rövid, 12 évben van megadva. Érdekes az egyes országok készleteinek viszonya az Egyesült-Államokéhoz, amiből látjuk, hogy Dél-Amerika, Perzsia és Mezopotámia, valamint Oroszország délkeleti részének gazdag területei megközelítik az Unió készletmennyiségét. Ezek élettartama hosszabb időre van becsülve s közülük a délamerikai területek az Egyesült-Államok jövő terjeszkedési célja és intenzív kutatási helyei lesznek.

Sokkal biztosabb képet nyújtanak a petróleum világgazdasági jelentőségéről a világtermelés adatai. Mintegy hatvanöt év telt el azóta, hogy *Drake* ezredes pennsylvániai fúrása a petróleumot iparhódító útjára indította. A petróleumtermelés azóta sokkal egyenletesebb és állandóan növekedő fejlődést mutat, a széntermelésben észlelhető ingadozások és zökkenések nélkül. Jól látható ez az elmúlt két évtized kőszén- és petróleumtermelésének fejlődését feltűntető 16. képünkön. Ez a két évtized a petróleumtermelő országok sorrendjében nagy eltolódásokat hozott. Oroszország már említett termeléscsökkenése 1921-ben már egykori termelésének csak 13%-át szolgáltatta. Helyébe 1918 óta Mexikó került, amely szinte már az Egyesült-Államokkal veszi föl a versenyt az első helyért. 1900-ban Európa a világtermelésnek több mint felét szolgáltatta, 1913-ban még egynegyedét, 1921-ben azonban csak harmincad részét. Ezzel szemben Amerika 1900-ban 40%-ról ma már 90%-nál nagyobb mennyiségben járul hozzá a világtermeléshez, tehát vezető szerepe széntermelési fölényét is fölülmúlja. Ezzel a termeléssel az Egyesült-Államok petróleumkészletének 40%-át már elhasználta, míg a többi országok mindössze 5-6%-át termelték ki. Ez a körülmény joggal gondolkodóba ejtette az amerikai szakköröket, mert az Egyesült-Államok évenként kétszerannyi olajat termelnek, mint az összes többi államok együttvéve, holott a föntebbi készletbecslés szerint a világkészletnek csak mintegy hetedrészét bírják. Ilyen termelésnövekedés mellett az Egyesült-Államok készlete 15-20 év alatt kimerül.



16. kép. A világ kőszén- és petróleumtermelése 1900-1922. évben. (Millió tonnában.)

A petróleumtermelés fejlődésének számszerű adatait 1900 óta a 206-207. oldalon közölt táblázat tünteti föl ezer tonnákban. Az egyes világrészek termelési és a világtermelésben való százalékos részesedésének grafikonját 17. képünk mutatja be. Kitűnik ezekből, hogy mint említettük a petróleumtermelésben csak Európa és Amerika versenyeznek épúgy, mint a kőszéntermelésben. A többi világrészek egyelőre csak csendes szemlélők gyanánt, háttérben maradván tartogatják készleteiket arra az időre, amikor a már említett versengő világrészek kimerültek.

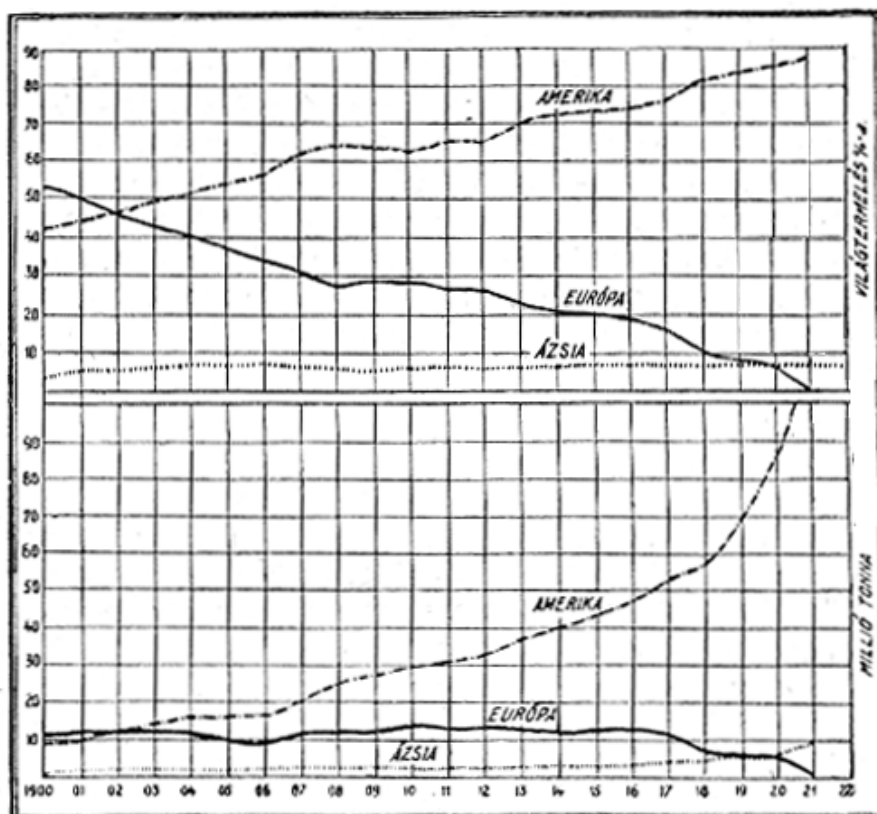
A világ petróleumtermelése 1900–1923-ban, 1000 tonnában.

Ország, világrész	1900	1902	1904	1906	1908	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923
Oroszország	9.927	10.551	10.284	8.061	8.292	9.378	9.066	9.318	9.278	8.936	9.353	9.933	9.419	5.520	3.642	3.483	1.322	4.403	5.308
Románia	226	287	497	887	1.148	1.352	1.544	1.807	1.885	1.784	1.673	1.432	527	1.214	933	1.034	1.246	1.369	1.510
Lengyelország (Galicia)	326	576	827	760	1.754	1.763	1.458	1.187	1.088	655	677	927	902	679	818	765	547	713	695
Egyéb Európa	—	—	—	—	—	460	450	440	420	400	370	340	340	340	310	320	300	137	119
<i>Összesen</i>	<i>10.500</i>	<i>11.500</i>	<i>11.700</i>	<i>9.800</i>	<i>11.300</i>	<i>13.000</i>	<i>12.300</i>	<i>12.800</i>	<i>12.700</i>	<i>11.800</i>	<i>12.100</i>	<i>12.600</i>	<i>11.200</i>	<i>6.800</i>	<i>5.700</i>	<i>5.600</i>	<i>3.400</i>	<i>6.712</i>	<i>7.632</i>
Egyesült-Államok	8.334	11.629	15.335	16.113	23.943	27.941	29.393	29.615	33.126	35.435	37.481	40.102	44.710	47.457	56.376	62.188	70.100	76.415	103.616
Mexikó	—	—	—	—	464	519	1.793	2.365	3.671	3.748	4.702	5.792	7.900	9.118	12.440	24.410	29.565	27.312	20.787
Kanada	113	84	88	91	84	45	42	35	33	31	30	38	41	44	34	28	29	25	—
Trinidad	—	—	—	—	—	—	8	40	71	90	147	130	224	292	258	250	350	340	429
Argentína	—	—	—	—	—	3	2	7	19	39	74	124	164	178	172	242	260	439	452
Peru	37	38	39	72	135	190	196	250	308	273	355	490	362	350	343	375	533	701	886
Venezuela	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	5	10	18	51	65	70	160	335	528
<i>Összesen</i>	<i>8.500</i>	<i>11.700</i>	<i>15.400</i>	<i>16.200</i>	<i>24.600</i>	<i>28.700</i>	<i>31.300</i>	<i>32.300</i>	<i>37.200</i>	<i>39.600</i>	<i>42.900</i>	<i>46.700</i>	<i>53.400</i>	<i>57.500</i>	<i>69.200</i>	<i>87.600</i>	<i>101.000</i>	<i>105.567</i>	<i>126.699</i>
Holland-India	426	800	1.036	1.169	1.143	1.496	1.670	1.478	1.534	1.570	1.643	1.730	1.687	1.707	2.093	2.512	2.696	2.330	2.086
Brit-India	141	212	443	560	673	859	903	996	1.107	1.037	1.148	1.190	1.130	1.146	1.223	1.000	1.025	1.085	1.054
Japán és Formóza	114	157	185	175	276	247	249	237	277	390	445	428	415	345	287	285	388	272	235
Perzsia	—	—	—	—	—	—	—	80	250	395	480	588	938	1.131	1.194	1.085	2.179	2.921	3.477
<i>Összesen</i>	<i>700</i>	<i>1.200</i>	<i>1.700</i>	<i>1.900</i>	<i>2.100</i>	<i>2.600</i>	<i>2.800</i>	<i>2.800</i>	<i>3.100</i>	<i>3.400</i>	<i>3.700</i>	<i>3.900</i>	<i>4.200</i>	<i>4.300</i>	<i>4.800</i>	<i>5.500</i>	<i>6.300</i>	<i>6.608</i>	<i>6.841</i>
Afrika	—	—	—	—	—	—	3	28	13	104	35	55	135	273	232	156	162	170	144
<i>A világtermelés összege</i>	<i>19.700</i>	<i>24.400</i>	<i>28.800</i>	<i>27.900</i>	<i>36.000</i>	<i>44.300</i>	<i>46.400</i>	<i>47.900</i>	<i>53.000</i>	<i>54.900</i>	<i>58.700</i>	<i>63.300</i>	<i>69.000</i>	<i>68.900</i>	<i>80.400</i>	<i>98.900</i>	<i>110.900</i>	<i>118.000</i>	<i>141.316</i>
A világtermelés százalékában									A világtermelés százalékában										
Európa	52.6	47.2	40.4	35.1	28.1	29.3	26.5	26.7	23.9	21.5	20.6	19.9	16.2	9.8	7.1	5.6	3.1	5.7	5.4
Észak-Amerika	43.8	47.9	53.2	58.1	65.7	64.2	66.8	61.7	69.4	71.6	71.9	72.5	76.1	82.4	85.6	87.4	90.1	85.59	86.6
Dél-Amerika	—	—	—	—	0.3	0.5	6.0	6.0	7.0	7.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.6	—	—
Ázsia	3.6	4.9	6.4	6.8	5.9	6.0	6.1	6.0	6.0	6.1	6.3	6.3	6.4	6.4	6.0	5.6	5.0	5.6	4.8
Afrika	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.14	—

A világ petróleumtermelése 1900-1923-ban, 1000 tonnában.

A világ évi petróleumtermelése ezek szerint jóval alatta marad az évi széntermelésnek, amely mennyiségileg tízszerre nagyobb. Alig hét évtized alatt összesen mintegy hét milliárd hordó petróleumot hozott ki az emberiség a földkéreg nagy tartályaiból s ez a billió liternyi olaj, kereken egy milliárd tonna súlyban, ugyancsak egy milliárd köbmétert, tehát mindössze csak egyetlen köbkilométert képvisel! Hetven év termelési eredményét földünk 510 millió négyzetkilométert kitevő felületén egyenletesen szétkenve 2/1000-ed milliméter vastag réteget nyernénk, aminek vastagságát csak erős nagyítású mikroszkóppal láthatnánk.

Az Egyesült-Államok táblázatunk számbeli adataiból kitűnő petróleumtermelési fölényének illusztrálására fölemlíthetjük, hogy az említett 1859-ben történt első fúrás óta 1907-ig mintegy 300.000 fúrás végeztek, amelyek közül 230.000 volt eredményes. 1913-1918 között, tehát a háború tartama alatt évenként mintegy 25.000 fúrás történt, ezekből 1918-ban mintegy 23%, 5733 volt meddő és 2275 volt gázkút. 1920. év végén összesen mintegy 400.000 fúrásból 260.000 volt produktív, átlagosan mintegy 5 barel napi teljesítménnyel. Jelenleg ez a szám már 300.000-en fölül van. Az eddig eltelt hatvan év alatt ez évi 6-7000 fúrásnak felel meg. Olyan teljesítmény, amelynek lázas munkálatait legfőljebb a kaliforniai és ausztráliai arany kutatók csaknem önkívületig fokozott aranykeresésével hasonlíthatjuk össze. Még beszédesebbé válnak ezek a számok, ha meggondoljuk, hogy ezek a fúrások aránylag nem nagy területeken oszlanak meg, mivel a legnagyobb petróleumterület is messze mögötte marad a nagy szénterületek kiterjedésének. Az utóbbiak ugyanis többezer, sőt tízezer négyzetkilométert is meghaladnak, míg a legnagyobb kiterjedésű táblás petróleumvidék Illinoisban 600 km²-nél alig nagyobb. Ilyen aránylag kis területen a fúrások százai a fúrotornyok erdejét teszi szükségessé. A fúrások messze északra főlhúzódnak csaknem Grönland szélességéig. A legészakibb produktív fúrás Kanadában az északi sarkkörtől alig 150 km-rel délre, a híres klondykei aranymezőktől 100 km-rel északabbra található.



17. kép. Az egyes földrészek petróleumtermelése 1900-1922 között.

Mexikóban 1920-ig ezernél több fúrás volt, nagyoobrszrt meddők, úgyhogy a világtermelésben második helyen álló mennyiséget aránylag kevés petróleumkút szolgáltatja. Körülbelül hasonló számú fúrás van Romániában is, amely azonban, mint föntebbi adatainkból kitűnik, messze mögötte marad a mexikói termelésnek. Ebből is látszik, hogy milyen különböző az olajtartó rétegek tartalma és a fúrások szolgáltató képessége.

Amerika gazdagsága nemcsak petróleumban, hanem földgázban is első helyen áll. A világ többi részén a földgáztermelés ehhez képest elenyészően csekély, ami a rendelkezésünkre álló alábbi adatokból kitűnik:

Ország	1914	1915	1916	1917	
	millió köblábakban (1000 köbláb = 2832 m ³)				
Egyesült Államok	59.190	62.860	75.320	79.510	
Kanada (Ontario)	1.410	1.520	1.780	1.990	
Olaszország	590 m ³	580 m ³	-	-	
Erdély	-	2.510 m ³	3.900 m ³	-	
Galicia	-	-	-	-	
Ország	1918	1919	1920	1921	1922
	millió köblábakban (1000 köbláb = 2832 m ³)				
Egyesült Államok	72.100	63.860	-	662.052	725.000
Kanada (Ontario)	-	-	-	-	-
Olaszország	-	-	-	-	-
Erdély	-	-	-	-	-
Galicia	-	-	60.000 m ³	-	-

Az amerikai produktív gázkutak száma 1911 végén összesen 28.428. Évi szaporulat átlag 5-6000, amelynek mintegy egyharmada meddő, körülbelül ugyanannyi meg is szűnik évenként, úgyhogy jelenleg működésben van mintegy 40.000. Az összes gázterületek nagysága 50-60.000 km², az erdélyi gázterületnek mintegy százszorosa. Az évi termelés jelenleg mintegy 25 köbkilométer, az egész földön termelt összes gázmennyiség pedig legföljebb 50 köbkilométer lehet. Ez a mennyiség a földgömböt mindössze $\frac{1}{20}$ -ad milliméter vastagságú réteggel venné körül. A földünkön mindmáig kitermelt, részben fölhasznált, részben használatlanul a levegőbe került összes gázmennyiség földünket egy vagy legföljebb néhány milliméter vastag, egyenletes gázréteggel burkolhatná.

Az Egyesült-Államok petróleum- és gáztermelési módja a kőszéntermeléshez hasonló veszteségekkel jár. A szabadon kifolyó petróleumvesztesség, a petróleummal együtt felszínre törő kihasználatlan gázmennyiség, a gázterületeken levegőbe szálló gáz tetemes értékeket képvisel. Az idevonatkozó számítások szerint az Egyesült-Államokban kihasználatlan gázvesztesség mennyisége körülbelül egyenlő a fölhasználásra kerülő mennyiséggel. Tehát a földkéreg megcsapolt gázmennyiségének csak a fele kerül hasznosításra, míg a veszendőbe menő mennyiség az Egyesült-Államok városi lakosságának felét elláthatná világító anyaggal. Az 1906. évben egyetlen óriási gázkitörésből a levegőbe vesző mennyiség napi két millió köbmétert tett ki.

Ezek a veszteségek érthetővé teszik, hogy az északamerikai mérhetetlen gazdagságú olajterületek kimerülését, a főttebb jelzett rövid idő alatt lehetségesnek tartják. Ha ebben az értelemben nem is fog ez bekövetkezni, a másik szélsőségnek, amely az olajkészlet időtartamát évezredekre becsüli, még kevésbé lehet igaza. Valószínűnek tartjuk itt is a kőszénkészletre vonatkozó megjegyzésünket, mely a készletek kifogyását a technika jövő fejlődésétől teszi függővé. Az eddigi becslések alapján azonban a mai termelési viszonyok szerint az Egyesült-Államok olajkészletének élettartama sok évtizedes nem igen lehet. Ezzel az eshetőséggel számolva, az Egyesült-Államokban mintegy 70 milliárd barrelre becsülik a különböző olajpalákból lepárlás útján nyerhető olajmennyiséget. Ennek kihasználása azonban a palák bányászati termelése, valamint szénhidrogéntartalmuknak mesterséges eljárásokkal történő kivonása miatt lényegesen költségesebb, mint a rétegek szabad szénhidrogénjeinek termelése.

A petróleumtermelés közel jövőben várható csökkenésével kapcsolatos gazdasági válságok és átalakulás fölismerésére vall az Egyesült-Államok illetékes köreinek törekvése a mai fűrészekkel történő, kevésbé gazdaságos termelési mód tökéletesítésére. Ezt a kérdést a nemrég alakult nemzeti kutató tanács (National Research Council) fölvette feladatai közé s nem lehetetlen, hogy vizsgálatainak eredménye bizonyos olaj területekre a bányászati termelés lesz, amit Németországban az utóbbi időben már meg is valósítottak.

A kőszén és petróleum viszonya.

A szén növényi eredetének legelső fölismerése óta, különböző időkben, más-más alakban, ismételten fölmerült a szén és petróleum közös eredetének és származásbeli kapcsolatának kérdése. *Agricola* már 1544-ben megjelent munkájában a kőszén az aszfaltból származtatja. Más föltevések szerint a petróleum kőszénből keletkezett, a föld belsejében uralkodó hő desztillációs hatása alatt. A kőszén és petróleum keletkezésének megismerésével, előfordulásuk módjával, földtani viszonyaik ismeretével ma már ezt a kérdést tisztázottnak kell tekintenünk olyan értelemben, hogy e két nagyértékű nyersanyag között közvetlen származási kapcsolat nincs.

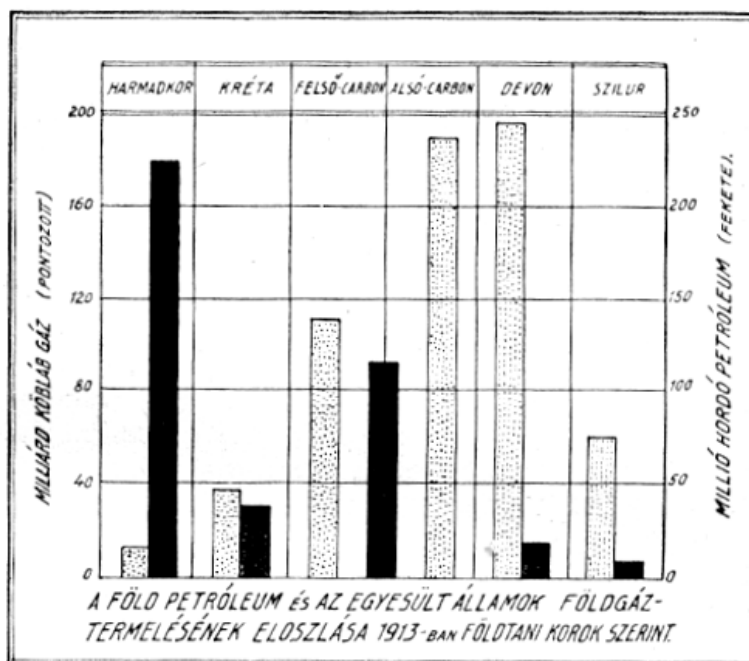
A szén és petróleum jelenlegi előfordulási területeit vizsgálva, láttuk, hogy területileg csaknem teljesen kizárják egymást annyira, hogy kőszénben gazdag országok olajban csaknem mindig szegények és viszont. Egyedüli kivétel ez alól az Egyesült-Államok szénben, petróleumban és földgázban egyaránt gazdag területe, amely azonban kiterjedésénél fogva eléggé érthetővé teszi mindkét anyag jelenlétét. Míg a szénterületek közelében egykori vulkáni működés nagyon gyakori, addig a petróleumterületek minden vulkáni működés színhelyétől távol találhatók. A szénképződés a növényi tenyészet következménye gyanánt határozott éghajlati föltételekhez van kötve, míg a petróleumkeletkezés kizárólag csak a tengermedencék állati fölhalmazódásától függ, ami teljesen kozmopolita jellegű, az egyenlítőtől a sarkokig mindenütt lehetséges.

A szénkeletkezés, mint láttuk, növényi anyagokból indul ki, amelyeknek fölhalmazódási helyei a szárazföldi, illetve a part menti mocsarak. Ezzel szemben a részleteiben még kellően nem ismert petróleumkeletkezés őanyagát túlnyomólag állati maradványok szolgáltatják, amelyek kizárólag csak sekély tengerekben és tengeröblökben halmozódnak föl. Míg a szenesedés a növényi anyagok bomlásából keletkező gázok kiszabadulásával megy végbe, addig a petróleumkeletkezésnél a légmentesen elzárt állati anyagok bomlásából származó gázok is fölhalmazódnak. A két anyag keletkezésének földtani előfeltételei tehát teljesen ellentétesek, s a végbemenő átalakulási folyamat analóg jellege mellett is lényegesen eltérők. Mivel szárazföld és tenger jelenléte ugyanazon a területen egyidőben nem lehetséges, azért a kőszén és petróleum főntebb említett területi előfordulásának kizáró jellege már a földtani előfeltételekben adva van. Ugyanazon a területen petróleum és kőszén együttes előfordulása csak úgy lehetséges, ha a petróleum keletkezési helyéül szolgáló sekélytenger medencéje üledékkel föltöltődik vagy kiemelkedik s elmocsarasodik. Ebben az esetben azonban a keletkező anyagok között időbeli különbségnek kell lenni s a szén a petróleumnál fiatalabb. Néha ez a kiemelkedési, elmocsarasodási folyamat újabb sülyedéssel járó tengerelőöntéssel váltakozva ismétlődik, s akkor a petróleum és szén több rétegben váltakozva észlelhető. Ilyen kivételes eseteket ismerünk a borneo-szumatrai fiatal harmadidőszaki és az Egyesült-Államok oklahomai felsőkarbonkorú előfordulásokban. Az olajtartalmú és széntartalmú rétegösszlet ebben az esetben is tetemes vastagságú s egyes esetekben annyira szoros kapcsolatot mutat, hogy az olajos homok és széntelep egymásba átmenő réteget formálnak. Ilyen esetet ismerünk Borneo és Szumatra szigeteken.

Höfer szerint a petróleum sülyedési időszakot jelez, míg a kőszén a földkéreg szerkezetében észlelhető mozgások szünetelési helyein keletkeznek. Ezzel szemben rámutattunk arra, hogy a nagy vastagságú szénösszletek épügy sülyedő medencében keletkezhettek, mint az olajösszletek, miért is ebben a tekintetben a szén és petróleum azonos föltételeket mutat. A különbség abban nyilvánul, hogy míg a szénképződés helyei többnyire megelőző hegyképződési folyamat által létesült hegyvonulatok előterében újabb hegyképződési ciklus első

szakaszát, üledékgyűjtő medence kialakulásának kezdetét jelzik, addig a petróleumképződés tengeri jellege ugyanennek a ciklusnak előrehaladottabb, feltöltődő üledékgyűjtő-medencéjét képviseli. Ezért a petróleumképződést követő időszakokban látjuk a hegyképződés záró szakaszát, a fölgűrődést, illetve kiemelkedést.

Nagyon élesen reávilágít a származásbeli kapcsolat lehetetlenségére a két anyag földtörténeti megjelenése is. Mint láttuk, ugyanis a kőszén jelentéktelenebb nyomoktól eltekintve, csak a karbonkorszakban jelentkezik először, míg a petróleumot már a régebbi korokból, devonból, szilurból, sőt a cambriumból is ismerjük. Ez a különbség mennyiségben is föltűnően visszatükröződik. A karbonban keletkezett kőszénmennyiség tudvalevőleg a későbbi időszakokban mutatkozó összes szénmennyiséget messze fölülmúlja. A világ eddigi becsült valószínű szénkincsében a barnaszén, mely mint láttuk a fiatalabb földtani időszakokban keletkezett, az egész mennyiségnek alig egyharmadát teszi. Ezzel szemben a petróleumelőfordulások időbeli eloszlása szerint a harmadidőszaki üledékek mennyiségileg vezetnek, míg a petróleum kíséretében jelentkező gázok mennyisége a régibb üledékekben nagyobb. A világ petróleum-termelése harmadkori rétegekből kétszerese az idősebb rétegekének. Az 1913. évi világ-termelésben 34%-ot tesz ki a paleozós rétegekből származó olaj, míg a többit a harmadkorú rétegek szolgáltatják. A harmadkorú rétegeknek ez a petróleumbősége lehet elsődleges s az állati anyagok vagy zsíryananyagokban gazdagabb állati maradványok nagyobb fölhalmozódására vezethető vissza. Nincs kizárva azonban az az eshetőség sem, hogy az idősebb üledékek eredetileg szintén gazdagabbak voltak, azonban az ismételt szerkezeti zavarok, valamint az ezek nyomán létesült térszíni változások során megújuló földtörténeti pusztító hatások a petróleumtartalom nagyobb részét megsemmisítették. Hozzájárulhatott ehhez még az idősebb üledékekben utólagos átalakító tényezők hosszabb idejű működése, tehát nagyobb hatása is, amely a petróleumot nagyjából gázzá alakíthatta. A nyomás és a hő ugyanis a petróleum egy részét hosszú idő alatt elgázosíthatta, aminek lehetőségét az idősebb üledékek nagyobb gázmennyisége bizonyítja. (18. kép)



18. kép.

A tér- és időbeli megjelenésben és a keletkezés földtani előfeltételeiben mutatkozó lényeges különbségek, illetve ellentétek kizárják a szén- és petróleum származásbeli összefüggését, ami azonban nem jelenti egyszersmind bizonyos mértékű rokonság hiányát is. Már a szén- és

petróleumkeletkezés, illetve azok előfordulásainak földtani vizsgálatából kitűnt, hogy mindkét anyag keletkezését előnyösen befolyásoló átalakító tényezők azonosak. Ezek a tényezők a nyomás, hő és időtartam. A legutóbbi időben, különösen amerikai vizsgálatok, értékes eredményekre vezettek ezen a téren a két anyag magatartását, valamint együttes előfordulásukat illetően. West-Virginiában *White* azt találta, hogy olyan területeken, ahol a szenesedési folyamat csekélyebb értékű szenet eredményezett, ott az olajok is kisebb értékűek. Ahol a kőszén jobb minőségű, ott az olajok is értékesebbek.

A 65-70% széntartalmat mutató kőszénterületeken a szénösszlettel kapcsolatos, vagy az alatt levő rétegösszletben petróleum nem található, csak gázok észlelhetők.

Még szorosabb rokonsági kapcsolatokra mutattak rá azok a vegyi vizsgálatok, melyeknek sikerült a kőszénből a petróleumhoz hasonló olajokat előállítani. Ezek a nagyjelentőségű és a kőszén jövő kihasználására széles kilátásokat nyújtó eljárások, már gyárilag is alkalmazhatók. A kőolaj-jellegű szénhidrogéneket nagy nyomás mellett alacsony hőfokú száraz lepárlással vagy hidrogénezéssel vonják ki a kőszénből. A kőszén és petróleum szénhidrogénjeinek bizonyos mértékű rokonsága arra vezethető vissza, hogy a kőszén őanyagában is voltak a petróleum keletkezésére alkalmas zsíros-gyantás anyagok, amelyek a szenesedési és petróleumkeletkezési folyamatnál egyformán szükséges nyomás és meleg behatására hasonló átalakulást szenvedtek. Ez a rokonság különben önként adódik a kőszén és petróleum őanyagának a növények és állatok anyagában is mutatkozó vegyi rokonságából, amit az átalakító tényezők a különbségek letompításával még növelnek is.

Szén, petróleum és földgáz az ipar szolgálatában.

A szén és a földi szénhidrogének nagy jelentősége ezeknek az anyagoknak mindazon sajátásaiból következik, amelyek melegfejlesztésre, erőtermelésre teszi alkalmassá őket s a belőlük előállítható anyagok sokasága által a vegyi ipar nyersanyagául szolgálhatnak. Szén és petróleum jelentik az ember részére a meleget, világítást és erőt, melyek segítségével a természet fiából annak urává fejlődhetett. A kultúra a természetén való uralmat jelenti, amely az ipari fejlődés bámulatraméltó alkotásaival vált lehetővé a szén és petróleum segítségével. A kultúra világosságot is jelent, de világítás nélkül nincs világosság s ezt is a szén és petróleum szolgáltatja. Az éjszaka sötétjében barlangi otthonának primitív kultúráját féltő ősember is szükségét érezte a világosságnak, amelyet számára a tűz lángja adott. Egyszersmind védekezésül is szolgált az állati vagy még veszedelmesebb emberi ellenséggel szemben. Éjszakai útján is csak a meggyújtott faág tüze világított neki s ez a tűzhelytől függetlenített világítás már az első lépés volt a művelődés útján. A tüzelés és világítás anyaga még további hosszú idők során kizárólag a fa volt.

A kovaeszközével szabadban, széntelep fölszíni kibukkanásán tüzet csiholó primitív ember véletlenül lángra lobbantotta az előtte ismeretlen fekete követ, megismerte annak szunnyadó energiákat rejtő, égő mivoltát, használni azonban még sem tudta azt. Ettől a megismeréstől még nagyon hosszú fejlődés és a művelődő ember természetpusztító, erdőket irtó működése nyomán keletkezett tüzelőszükséglet is kellett ahhoz, hogy az ókor és középkor kovácsainál használt szén általánosabb használatba kerülhessen. Ez a használat azonban természetesen sokáig csak ennek az értékes nyersanyagnak legkezdetlegesebb módja, a közvetlen elégetés volt, hogy az időjárás zordsága ellen védekező ember részére megfelelő meleget szolgáltatson. Hasonló kezdetlegességet észlelünk a földi szénhidrogének használatában is. Az ókori népeknél a szurokba mártott fadarab világító eszköz volt, de emellett ismerték az olaj gyógyító hatását is.

A szén ipari fölhasználását ekkor csak a kovácsok fujtatótüze jelentette s ez az állapot változatlan tartott a középkoron át az újkorban is. A XVIII. században a gépek korszakának kezdete hozta meg a lényeges fordulatot a szén fölhasználásában. A gőzgép létesítése a XVIII. század második felében, majd a XIX. század elején a vizen (1812) és szárazon (1829) útra indított gőzgépek, a gőzhajó és gőzmozdony megadták a lehetőséget az addig csak zsákokban és szekereken rövid utakra szállított szén távoli körzetekbe jutásának is. Egyidejűleg megindult az ipari gáz előállítása is, amelyet 1806-ban Londonban gyártottak először s 1810-ben már közvilágításra is fölhasználtak. Ettől kezdve a szén fölhasználásának fejlődése gyors iramban hatalmas méreteket öltött s egész technikai kultúránk létalapjává vált. Az utolsó évtizedben a petróleum is erősen nyomában halad és fontosságában állandó növekedést mutat, mégis messze van még attól, hogy a szén gazdasági rangját elérje.

A szén, petróleum és földgáz fölhasználása legnagyobbbrészt közvetlen vagy közvetett tüzelés alakjában történik. Közvetlen tüzelésre csak a szenet és a földgázt használják, míg a petróleum nyers állapotban, azaz abban az alakban, amint a földrétegekből termelik, erre nem alkalmas, miért is előbb tisztítás, illetve különböző lepárlási folyamat alá kerül. Ez az egyik oka a petróleumból nyert különböző olajok magasabb fűtőértékének. A közvetlen tüzelésnél akár a gőzgépek kazánjában, akár mészégető vagy egyéb hasonló üzemekben, akár szobakályhákban, elegendő levegő hozzájárulása mellett elégő szénből nem égő gázok (füstgáz) és hamu marad vissza. Az ilyen módon elért hőhatás a szenek fűtőértékétől és a fűtőberendezéstől függ. A kőszénnel elméletileg elérhető legnagyobb hőfok, 1 kg kőszénnek tiszta oxigénben való elégetésénél, mintegy 10.000°C. Ezzel szemben a levegőben rendszeren

elégetett szén elméletileg elérhető hőfoka 2740°C . A valóságban azonban ennél a hőfoknál jóval kisebb hőmérsékletet nyerünk, mivel műszakilag minden elégetés csakis levegő közbejöttével történik, amelynek égést tápláló oxigéntartalma 23%. A levegő többi alkotórésze az égésnél keletkező hőnek egy részét leköti, úgyhogy a gyakorlatban elérhető legnagyobb hőfok szénnél legfőljebb $800-1200^{\circ}\text{C}$, gáznál $1200-1800^{\circ}\text{C}$. Ebből következik, hogy a közvetlen elégetés csak akkor gazdaságos, ha a föltétlenül szükséges levegőmennyiségnél több nincs jelen. A melegmennyiség kihasználását az elégetéskor keletkező füstgázok is csökkentik. Ezek a szén tisztátalanító idegen anyagok gázain kívül túlnyomólag szénsavból (CO_2) álló füstgázok ugyanis a kéményen keresztül elszállnak s a melegmennyiségnek egy részét kihasználatlanul magukkal viszik. Épen ezért a szén közvetlen elégetése gőzkazánban is 20-40% melegveszteséggel jár. Kályhákban és tűzhelyekben a tüzelőanyag kihasználása 30-50%, járműveknél csak 5-20%. A közvetlen elégetés tehát a tüzelőanyag tökéletlen kihasználását jelenti.

Ezek a hátrányok, valamint bizonyos üzemekben (kohók) a közvetlen elégetés káros vegyi hatása a szén közvetett fölhasználásának mindinkább nagyobb teret nyitottak. A közvetett kihasználás arra alkalmas különböző berendezésekkel, a szén száraz lepárlásával, azaz gázosításával történik. Ez kétféle módon megy végbe. Az *elgázosításnál* a szén elégetése kevés levegő hozzájárulásával, égethető szilárd maradék nélkül történik, míg a *kigázosítás*, vagy tulajdonképpen száraz lepárlás, régebb idő óta alkalmazott eljárásánál a szén levegőtől elzártan hevítve, a keletkező gázok mellett szilárd tüzelőanyag, koks is visszamarad. Az utóbbi eljárást a gázgyárakban és koksizókban alkalmazzák, de csak arra alkalmas kőszénkel, amelyeket főntebb gáz- és koks-széneknek neveztünk. Mindkét eljárás magas hőfokon történik s a keletkező gázok részben állandók, azaz a hőmérséklet csökkenésénél is gázállapotban maradnak, részben megsűrűsödő lepárlási termékek, kátrányok.

A száraz lepárlásnál kőszénből keletkező állandó gáz a világítógáz, amely nehéz szénhidrogénekből formált világító hidrogén, metán és szénoxidból álló fényvezető alkatrészeken kívül, több-kevesebb tisztátalanító gázból (ammóniák, kénhidrogén, nitrogén, szénsav, stb.) tevődik össze. A fényvezetőalkatrészek túlsúlyban vannak; 46% hidrogén, 32% metán és 8% szénoxid, mely utóbbi a gázt mérgező hatásúvá teszi. Ezek könnyen gyulladnak, színtelen, nagy hőfokú lánggal égnak, amelyben a világító alkatrészek alacsonyabb értékű szénhidrogénekké és szénre bomlanak. Az utóbbi világos lánggal ég s ez adja a világítást.

A száraz lepárlás sokféle eljárása és ezek különböző gázainak tárgyalása ismertetésünk kereteit meghaladja, azért csak az elgázosításról kell megemlékeznünk. Ez levegő hozzájárulás mellett történik, amelyet mesterségesen adagolnak olyan mértékben, hogy a szén tökéletes elégeése nem megy végbe, tehát nem szénsav (CO_2), hanem a mérgező hatású szénoxid (CO) keletkezhet. Ez az úgynevezett generátorgáz, amely fűtési célokra különböző ipari üzemekben mindinkább szélesebb elterjedést nyer. Különös előnye az, hogy a leggyöngébb minőségű barnaszénből, sőt tőzegeből is előállítható.

A száraz lepárlás termékeinek másik csoportja a lehüléskor megsűrűsödő anyagok vizes folyadékból, úgynevezett *gázvizekből*, és sűrű, olajos anyagból, a *kátrányból* állanak. Mindkét anyag a vegyi ipar nagyjelentőségű s a szén még felderítetlen vegyi alkotórészeinek megismerésével jóformán napról-napra új vegyi termékek előállítását lehetővé tevő nyersanyaga. Ezek a nyersanyagok a különböző szén szerint más-más összetételűek. A gázvíz a vízzel lecsapódó anyagokat tartalmazza, ezek között a szén nitrogéntartalmának mintegy negyedrésszéből keletkező ammóniákat (NH_4) a szódagyártás, műtrágya és mesterséges hűtésnek fontos anyagát. Ezenkívül a gázvízben megtaláljuk a ciánkáli gyilkoló mérgévé és a berlini kék sötét festőanyagává földolgozott kéksavat.

Még nagyobb lehetőséget nyújt a vegyi iparnak a sűrű, olajos kátránytermékek földolgozása. A szövetgyártásban előállított szövetek szebbnél-szebb színei, a pikrinsavval készült sárga, az anilinfestékek sokféle színe, a vörös, égő fukszin, halvány égbék, mérgezőzöld vagy bársonyfekete mind a kőszénkátrányból, *Hofmann* vegyész által megadott eljárással készül. Az alizarin színeket *Liebermann* módszere szolgáltatja a kátrányból. E festékek kellemetlen szaga, a molyok ellen annyi igyekezettel, de annál kevesebb eredménnyel használt naftalintól ered. Ugy ez, valamint a fertőtlenítésnél használt karbolsav szintén a kátrányból készül. *Kolbe* tanár nevéhez fűződik a gyógyszerül használt szalicilsav, *Knorr*-éhoz az antipirin előállítása, melyek a fenacetin és antipirin közismert főfájdásellenes szerekekkel együtt ugyancsak a kátrányból készülnek. A kellemetlen illatú anyagok mellett azonban a kellemes virágillatok serege, illatszerek és pipereszappanok gyártásánál használt sokféle olaj csaknem kivétel nélkül a kőszénkátrány lepárlásából ered. A háborús cukorinségben nálunk is forgalomba került »cukorpótló« sacharin, mely a cukornál háromszázszor édesebb volta dacára is a közelmúlt keserű emlékeit kelti bennünk, szintén a kátrányból van előállítva.

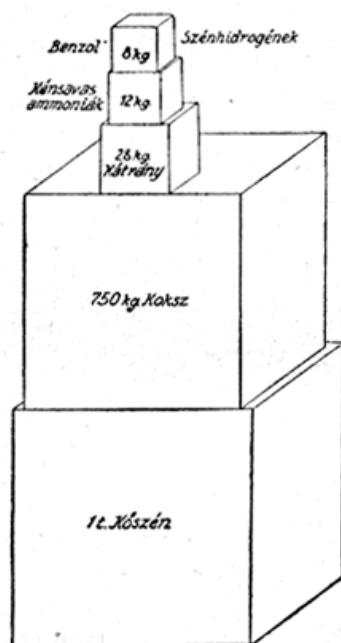
A kátrányból gyártott anyagok seregszemléjével szinte önkéntelen merül föl bennünk az a gondolat, hogy itt szinte korlátlan lehetőségek előtt állunk. Mintha a kátrányból minden előállítható lenne, amire csak szükségünk lehet s ez volna az a bűvös szer, amely tetszés szerint formálható. A legtöbb kátrányból nyert vegyi termék a múlt század utolsó két harmadának eredménye, ami érthető, hiszen a kátrány mellékterméket szolgáltató gázgyártás csak a múlt század második felében vett általános elterjedést. A kátrányban levő sokféle anyag ipari előállítása lepárlás útján történik, amikor is a különböző hőmérsékleten más-más anyagok válnak gázállapotúvá. 150°C hőmérséklet körül a víznél könnyebb anyagok, az úgynevezett könnyű olajok válnak ki, melyek a kátrány 3-5%-át teszik. Ezekből nyerjük a fentebb említett benzolt, az automobilon és motorok újabbán benzin helyett használt anyagát, a toluolt, az anilinfestékek és sacharin anyagát, s néhány orvosságot is. 150-210°C között válnak le a vízzel egyező fajsúlyú középolajok. Ezekből varázsolja elénk a vegyipar boszorkánykonyhája a karbolsavakat, a szalicilsavat és naftalint, és a hosszú időn át csak India csodás növényvilágából ismert indigót is. 210-270°C hőmérsékleten válnak ki a kátrány 8-10%-át kitevő nehéz olajok, melyek főként kenési célokra, vasúti talpfá- és bányafa telítésre használatosak. Végül 270-400°C között 16-20% mennyiségben az antracénolajok válnak ki, amelyekből többek között az alizarin-festékek anyaga készül.

A kátránylepárlásból visszamarad mintegy 50% mennyiségben a szurok, amely mindennapi használatán kívül, a szénpor kötőanyaga gyanánt kerül fontos fölhasználásra, a kocka- vagy tojásalakba préselt brikett-szén készítésénél.

A kőszén kigázosításnál nyert gáz- és melléktermékek mennyisége és minősége a szén minőségétől és a berendezés, illetve eljárás módjától, valamint a hevítés hőfokától függ. Főntebb már megemlékeztünk arról, hogy a szénből kiváló alkatrészek 500°-on alul egészen más természetűek, mint azon fölül, mivel utóbbi esetben az egyes vegyületek alkotó elemei lényeges átcsoportosulást szenvednek. A kigázosítás hőfoka általában 800-1200°C körül van, mivel a cél minél több és jobb gáz előállítása. A visszamaradó koks és melléktermékek mennyiségét egy tonna szénből, mellékelt 19. képünkön tüntetjük fel.

A vegyipar megbecsülhetetlen anyagává vált kőszénkátrányt már a XVIII. század elején létesült angliai kis világítógáz-üzemekben nyerték. 1768-ban már Saarbrückenben is alkalmazták. Ez a közönséges hőmérsékletnél fekete, sűrű, nyúlós anyag, mint láttuk, a vegyületek bonyolult kapcsolatából áll, melyeknek egy része még teljesen el nem különíthető. Szénhidrogének kivételével oxigén-, kén-, és nitrogéntartalmú anyagok vannak benne, túlnyomólag lúgos jelleggel. A kátrány minőségére irányadó az elemi szén mennyisége, amely a kigázosítás módja és mértéke szerint 3-8% közt ingadozik, de egyes berendezéseknél

(vízszintes retorták) 30%-ra is fölmege. Nyers állapotban csak ritkán használják, legtöbbször lepárlás alá kerül, amelynek során a fentebb már említett anyagok kerülnek ki belőle.



19. kép. Egy tonna kőszén koksztatásának melléktermékei.

Bármilyen becses termékeket szolgáltat is a kigázosítás, mégis azok sokfélesége és nagy értéke mellett hátrányai is vannak. A koksban ugyanis az értékes nitrogén egy része visszamarad s kárba vész, másrészt pedig ez az eljárás használható gázt és kokszt csak a legjobb minőségű kőszénből szolgáltathat. Ezenkívül ezzel az eljárással az annyira becses kátrány csak melléktermék gyanánt szerepel, mivel a főszűly a gáz-, illetve kokszyártáson, van. A kátránymennyiség 80%-a származik a kokszozókból, a többi a világítógáz gyártásból. Ezen a téren Németország áll az első helyen, amely 1921-ben 28 millió tonna kokszt gyártott 1,150.000 tonna kátránnyal. Amerika 23,000.000, Anglia pedig csak 13 millió tonna kokszenmennyiséggel állanak a második, illetve harmadik helyen. Ha megfontoljuk, hogy a koksstermelés az acél- és vasipar éltető anyaga, a kátrány pedig a vegyi ipar varázsszere, akkor érthetővé válik előttünk az ipari fejlettségnek magas foka, melyet Németország ezen a téren elért. Ez a hatalmas kátránymennyiség nem is elégíti ki a német vegyi ipart, úgyhogy ezenfelül még behozatalra is szorul.

A szén vegyi vizsgálatára vonatkozó újabb tudományos törekvések arra irányultak, hogy az említett melléktermékek, főként az olajok, minél nagyobb mennyiségben, minél egyszerűbben, tehát minél gazdaságosabban legyenek előállíthatók. A háborús zárlattal külföldi olajbehozattól elzárt Németország olajszükséglete nagy lendülettel vitte ezt a kérdést a gyakorlati megoldás felé. A Mühlheimben felállított szénkutató tudományos intézet szakadatlan láncolatban egymásután tisztázta az idevonatkozó kérdéseket, amelyeknek nyomán ma már Anglia és Franciaország újból féltékenyen tekint a német ipar poraiból megélemedő újabb főnixé elé.

Messze vezetne ezeknek a tudományos vizsgálatok menetének ismertetése, azért e helyen azok eredményeiből összegezzük azokat a megállapításokat, melyek a szénből nyerhető említett becses anyagok előállítására vonatkoznak. Már fentebb reámutattunk arra, hogy a tulajdonképpeni kátrányképződés általában már 450-500°C hőmérsékletnél befejezést nyer s a továbbhevítés során mennyiségileg és minőségileg is változást mutat. Az újabb eljárások tehát

azon az elven nyugszanak, hogy a kátrányképződést, illetve az abban levő értékes anyagokat további hevítés nélkül, alacsonyabb hőfokon valósítják meg. Ezt a célt kivonatolással (extrahálás), alacsony nyomású vagy alacsony hőmérsékletű lepárlással és hidrogénezéssel sikerült elérni. Valamennyi eljárásnak az a nagy előnye hogy nemcsak kőszénből, hanem barnaszénből sőt tüzelésre nem alkalmas, rossz minőségű égő kőzetekből, olajos palákból, tőzegeből is kitermelhetővé teszi az értékes anyagokat.

A kivonatolás szervesetlen, túlnyomórészt azonban szerves oldatokkal, folyékony kénssav, alkohol, éter, toluol, kloroform stb. történik. Ez az eljárás 50 légköri nyomásnál barnaszénből kedvezőbb eredményeket ad, mint kőszénél. A keletkező kivonat színre és szagra a petróleumra emlékeztet, de azzal nem azonos. A folyékony kénssavval kezelt szén kioldás után szétesik, ami arra utal, hogy a szén gyantanemű kötőanyagai oldódnak ki. Ez az eljárás még iparilag hasznosításra vár. Kissé költségesebb voltán kívül különösebb nehézségei nincsenek.

A csökkentett nyomás mellett történő száraz lepárlás iparilag ugyan még egyelőre nem valósítható meg, azonban az idevonatkozó vizsgálatok a barnaszén és petróleum között levő vegyi rokonságot megállapították. Az így kezelt barnaszénből ugyanis a petroleum nehéz olajaira emlékeztető kenőolaj állítható elő. Ezzel az eljárással a kőszén a rendestől eltérő kátrányt szolgáltatott, amelyből az aromatikusan kapcsolatok hiányoztak. Ez a kátrány megfelel a rendes kátrány előtt kikülönült vegyületek fokozatának.

A legjelentékenyebb s napjainkat uraló nagy jövőjű eredményeket szolgáltatott azonban az alacsony hőmérsékletű lepárlások, amelyek a szénből kenőolajat, hajtó- és fűtőanyagokat és paraffint szolgáltatottak. Ez az eljárás a jövőben minden szénrel rendelkező országnak ásványolajtermékekben messzemenő függetlenséget biztosíthat. Az eljárás lényege abban áll, hogy a szén illó alkatrészeit a koksizálásnál és gázgyártásnál jóval alacsonyabb hőfoknál, 450-500°C körül hajtják ki. Az alacsony hőfokon szintén keletkezik szilárd maradék, az úgynevezett félkoks, valamint kátrány, kátrányvíz és gáz is, azonban ezek a termékek lényegesen eltérnek a magas hőfokú lepárlás termékeitől. Ez a különbség legfőként a kátrányban mutatkozik, mely nemcsak mennyiségben, hanem vegyi összetételében is eltér a magas hőfoknál lepárolt rendes kátránytól. Az alacsony hőfokú kátrány ugyanis a szénből kétszer olyan mennyiségben kiszabaduló első eredeti folyékony párlat, amelyet eltérő sajátságai miatt *őskátránynak* neveznek. Az őskátrány a kőszénből és barnaszénből egyformán nyerhető, a petróleumhoz közelálló sajátságú s ahhoz hasonló módon kezelhető anyag. A koksizálás és gázgyártás magas hőmérsékletén az őskátrány elbomlik s azokká a magas hőfokon megálló anyagokká formálódik, amelyek a közönséges kátrányt szolgáltatják. Ezért az alacsony hőfokú lepárlás arra törekszik, hogy megfelelő berendezésekkel és eljárással ezt az átalakulást megelőzze s elsődleges kátrányt termeljen. Ennek ipari megoldását állandóan lassú forgásban levő széntartó egyenletes melegítése és a kiszabaduló kátránygőzök elvezetése teszi lehetővé.

Az alacsony hőfokú lepárlásnál a gáz és a koks csak melléktermékek, mert a főszűrés az őskátrány előállításán van. A keletkező gázok mennyisége aránylag csekély, túlnyomólag metánból, aethánból és nehéz szénhidrogénből állnak. A barnaszénénél nagyon sok a szén-sav (CO_2) jelenléte. A fennmaradó koks generátorgáz fejlesztésre is alkalmas, azonban csak tüzelőanyag gyanánt használatos.

Az alacsony hőfokú lepárlás legnagyobb jelentősége abban van, hogy nemcsak kőszénre, hanem barnaszénre, silányabb szénfajtákra, sőt hánók anyagára és bizonyos mértékig bitumenes kísérő kőzetekre, továbbá olajos palákra is alkalmazható. Az egyes szénfajták között az őskátrány mennyiségében nagy eltérések vannak. A lepárlásra kerülő őskátrány 2-20% között változik. Az őskátrány kenőcszerű, paraffinban gazdag anyag, mely nyers

alakjában is használható hajógépek fűtésére és olaj vagy telítőanyag gyanánt. Összes értékes anyagainak teljes kihasználása céljából azonban további lepárlás alá kerül. 150°C hőmérséklet körül megfelelő tisztítással, használható benzint kapunk; 150-220°C között mintegy 25% égőolaj gyanánt használható anyagok (solar- és sárgaolaj) különülnek ki. 220-300°C között különböző 8600 hőegységű, motorhajtásra alkalmas olajokat kapunk. 300-325°C-nál a kátránynak további 22%-a fenoltartalmú olajok mutatkoznak, végül 22-24% szurok marad vissza. E lepárlási anyagok között a hajtóolajok s a paraffin különös fontosságúak s az őskátrány jellemző termékei. Különösen finom anyagok állíthatók elő, ha a lepárlás nem nyitott tűzön, hanem túlhevített gőzzel történik. A kőszén és barnaszén őskátrány-termékei között főként mennyiségi eltérések vannak. Leginkább föltűnő a barnaszénből nyert őskátrány nagy paraffintartalma a kőszénhez szemben, míg az utóbbiban több a szurok és gyanta. A barnaszén alacsony hőfokú lepárlási termékeit szolgáltató eljárás nem mutatja még azt a szerteágazó dús családfát, mint a kőszénkátrány iparáé, mert ez az eljárás még nagylendületű fejlődés kezdetén áll. A gázvíz és gázfelhasználás, valamint a koksztértékesítés még csak most van kialakulóban. Az eljárás gazdasági jelentősége olyan mértékben növekedik, amilyen mértékben sikerül a lepárlás termékeit minden részükben értékesíteni. Ilyen módon ugyanis a kevésbé értékes szenek magas értékű anyagokká lesznek, azaz megnemesednek. Éppen ezért az alacsony hőfokú lepárlás nyersanyagai a barnaszén, olajos palák és a tőzeg. Az utóbbiak, magas víztartalmuknál fogva, igen körülményes szárítási berendezkedést tesznek szükségessé. Általában legjobb eredményeket az illó alkatrészekben gazdag, gázdús szenek s a bituméntartalmú egyéb közetek adják. Az utóbbiaknak világító olajok előállítására való felhasználása egyébként régi keletű s a múlt század elejére nyúlik vissza. Említettük ugyanis, hogy a petróleumtermelés megindulása előtt a kőszénolaj előállítása általánosan el volt terjedve Angliában és különösen Észak-Amerikában.

A petróleumjellegű anyagoknak szénből való előállítására *Bergius* a hidrogénezést alkalmazta. Ez az eljárás abban áll, hogy a szenet 300°C hőfokon 200 légköri nyomás mellett, hidrogénnel vagy hidrogéntartalmú gázokkal egyesítik. Ilyen módon a hidrogénben dús szénvegyületek keletkezését elősegítik. Az így létrejövő szénhidrogének petróleumjellegűek s ezek mellett még ammóniák is keletkeznek. Ezzel a *berginizálásnak* nevezett eljárással, mely Mannheimban nagy ipartelepben már alkalmazásban van, 50-60% kőolaj-jellegű terméket nyerhetünk a szénből. Ezen az úton az 1913. évi német barnaszéntermelés feléből (kb. 44 millió tonna) 375 millió márka értékű benzint és olajat lehetett volna termelni. A berginizálás részben közvetlenül a barnaszén, részben az abból nyert őskátrány további földolgozásánál nyer alkalmazást.

Végigtekintve a szén itt vázolt fölhasználási módjain azt találjuk, hogy a csupán egyszerű melegfejlesztést célzó, közvetlen elégetéstől eltekintve, valamennyi eljárás három cél felé tart. A szénfogyasztás legnagyobb része a szénben rejlő hőenergiának mozgási energiává való átalakítására törekszik, másik része a világító anyagok előállítására megy, végül egy tekintélyes résznél a szén kizárólag mint különböző értékes anyagok kútforrása, nyersanyag gyanánt szerepel. Ez utóbbi esetben is különösen nagyjelentőségű a barnaszénből előállítható motorikus olajok gyártása, amely nemcsak a petróleum anyagainak pótlására van hivatva, hanem egyszersmind a barnaszén is kiemeli eddigi lenézett, hamupipőke szerepéből, s a jövő technikai fejlődés mesebeli királynőjévé avatja. Azok az anyagok, amelyeket mindeddig kizárólag csak a petróleum lepárlásából nyertünk, ma már a barnaszénből nagyoobbbrészt előállíthatók. Így a paraffin-gyertyák anyaga, fényszóró- és bőrápolószerek, cipőkrém, lakkok, fatelítő-anyagok, szénpapírok, mindmégannyi ékesszóló hirdetői a tudományos szénvizsgálat eredményeinek s a tudományos munka megbecsülhetetlen fölényének.

Ha a szén felhasználásának kimeríthetetlen változataitól és lehetőségeitől testvéranyagának, a petróleumnak felhasználása felé fordulunk, úgy itt is megtaláljuk a szénél megállapított hármas irányt. A petróleumtermékek világítási, motorikus és vegyi nyersanyagok céljaira szolgálnak. A felhasználás fejlődése itt is gyors méretekben haladt. Az ókori és középkori primitív felhasználás csak nyers állapotban égetésre, világításra, gyógykenésre vagy építkezésre alkalmazta a petróleumot. A múlt század hatvanas éveiben megindult termeléssel egyidejűleg létesültek a petróleumfinomítók is, melyek a nyers petróleumot különböző hőmérsékletnél szétváló alkatrészeire bontják s ezek egyenként nyernek természetüknek megfelelő alkalmazást. A petróleum felhasználása tehát a nyers petróleum lepárlásán alapszik. A lepárlás alapelve megegyezik a kátránylepárlással s a különböző hőfoknál kiváló párlatok szétkülönítésében nyilvánul. A gyakorlatban a petróleumpárlatok három csoportját különböztetik meg. 150°C hőmérsékletig leválnak a könnyű olajok, 150-270°C között a világító olajok, ezenfelül pedig a nehéz olajok, illetve szilárd maradékok. Mindhárom csoportban a különböző hőfokon kiváló eltérő fizikai jellegű és vegyi összetételű anyagok serege különíthető el, amelyeket külön névvel jelölünk meg. Ilyenek a könnyű olajok között érzéktelenítő szerül használt rhigolin, a hasonló célokra kívül gyanták, olajok, kaucsuk oldószerül és fagyasztóul használatos petróleum-éter, világításra, zsírtalanításra és hajtóanyagul használt gazolin és petróleum-nafta, mely utóbbi olajfestékek oldószere és motorhajtásra is alkalmas. A világító olajok közül legismertebb a közhasználatban alkalmazott petróleum, melyet kéntartalmától szódával megtisztítva hoznak forgalomba. A 300°-on felül visszamaradó nehéz olajok sűrűségük szerint osztályozhatók kenőolajokra és paraffin-olajra. Az utóbbiból a barnaszén-kátrányból is előállítható paraffin készül, mely a gyertyagyártás főanyaga és szigetelésre is használatos. A nehéz olajok kiválasztása után visszamaradó petróleumkocsz kitűnő tüzelőanyag s azonkívül villanyos ívlámpák szénszállainak gyártására is használható.

E főbb lepárlási termékeken kívül, a kikülöníthető olajok és különböző kenőcsökön kívül, nagyon sok vegyi ipari anyag állítható elő. Az egyes termékek mennyisége és minősége a különböző petróleumelőfordulások, valamint a lepárlás kivitele szerint, más és más. A kikülöníthető anyagok sokszor ugyanazon petróleumkút nyersanyagában is eltérők aszerint, amint frissen termelt vagy régebbi nyersanyag kerül feldolgozásra. A lepárlás módja, a hőmérséklet és nyomás különösen befolyásolja az eredményt. A könnyű és világító anyagok valamennyi előfordulásban nagyobb mennyiségben vannak jelen. Az egyes típusok százalékos aránya szerint szokás, mint fentebb láttuk, a különböző olajtípusokat megkülönböztetni. Minden új petróleumkút anyagának lepárlási módját a laboratóriumi kísérletek szabják meg. Az ipari üzemből azonban a könnyű- és középölajok hozama mindig nagyobb a kísérleti mennyiségnél.

A különböző petróleumfajták fűtőértéke 8500-11.000 hőegység között változik. A fűtőérték általánosságban éppúgy, mint a kőszénél, az elemi szénmennyiséggel növekedik, az oxigéntartalommal csökken. Általában másfélszer nagyobb a kőszén fűtőértékénél. Mivel a kőszén mintegy másfélszer nagyobb faj súlyú, mint a petróleum, azért elméletileg azonos fűtőértékű mennyiség előállítása mindkét anyagból egyenlő térfogatot venne igénybe, azonban a széndarabok a teret nem töltik ki teljesen, tehát több helyet foglalnak. Ez, valamint a könnyebb szállítási kezelhetőség, teszi a petróleumot a járművek, különösen a térkihasználásra utalt hajókra nézve megbecsülhetetlen hajtóanyaggá.

A petróleum felhasználása főként az említett lepárlási termékek alkalmazásában áll. A petróleumtermelés- és felhasználással kapcsolatban ezért a lepárlók vagy finomítók száma is gyorsan növekedett. Az Egyesült-Államok gigantikus méretű petróleumtermelésére jellemző, hogy 1921-ben mintegy 500 finomítójában naponta 1.9 millió hordó petróleum került feldolgozásra. Ez a mennyiség a belföldi termelésből nem adódik ki, úgyhogy a finomítók behozatalra szorulnak. Ez a mennyiség túlnyomólag az Egyesült-Államokban nyer elhelyezést

és felhasználást. 1921-ben mindössze 890.000 hordó kivitel áll 5 és negyedmillió belföldi felhasználással szemben.

A petróleummal legtöbbször együtt előforduló földgáz használata is nagyon régi keletű. A bakui öröktüzek környékén, a természetes gázforrások helyein ásott gödrökbe rakott mészkő kezdetleges kiégetésére használták ősidők óta a meggyújtott földgáz tüzet. Egyes régen ismert gázterületeken hamumaradványok nélkül talált égetett cserepekből következtetik, hogy már a történelemelőtti korok embere is hasznosította ezt a természet szolgáltatta tüzet. Legrégebben Kínában használják a Csen-Liu-Csing körüli sóskutaknál, mégpedig nemcsak világításra, hanem sóbepárolgatásra is. Nálunk Aknaszlatinán már 1786-ban világították földgázzal a bányát.

Kisebb mennyiségű szűkebb körzetű felhasználása világításra és motorhajtásra szorítkozhatott. Nagyterjedésű gázterületeken azonban a nagymennyiségben termelhető földgáz kihasználása távolabbi körzetekben is megoldást nyert. Ennek műszaki előfeltétele a gázutak megfelelően szabályozható elzárása és távvezetékek létesítése olyan módon, hogy minél kevesebb gázvesztés legyen. Ezeknek műszaki megoldása az egyes kutak gázszolgáltatásától, nyomásától függ, tehát minden egyes esetben más-más kivitt igényel. Ezek a körülmények sokszor igen nehezen oldhatók meg. Emlékeztet, hogy a kissármási gázkút elzárása is hosszú idő után sikerült, s akkor is távolabbi körzetre kiható, ismételt kirobbanásokra vezetett. 1911 októberében egyik ilyen kitörés négy ponton erős gázömlést szolgáltatott, amely meggyúlva explodált. Egyik helyen 120 m hosszú, 20 m széles és 1.5 m magas gát keletkezett a kidobott kőzetekből, melyek között 50-100 kg-os darabok is voltak.

A földgázt iparilag elégetik vagy sűrítik. Az elégetés tüzelőberendezésekben, motorokban és világításnál jön tekintetbe. A földgáz világító ereje kisebb a mesterségesen előállított gázénál, ezért csak kisebb körzetben nyer ilyen célokra alkalmazást, annál is inkább, mivel a vezetékek eldugulása gyakori. Tüzelési célokra legnagyobb hatásfokkal azok a gázok alkalmazhatók, melyek a könnyű szénhidrogének gázaiban dúsak. A paraffin sorozatot tartalmazó, úgynevezett olajgázok inkább sűrítésre használhatók. A gázsűrítés vagy cseppfolyósítás iparilag mindazoknál a gázoknál lehetséges, melyeknek megfelelő nyomás mellett 0° fölötti kritikus hőfokuk van, azaz 0° felett cseppfolyósíthatók. A tiszta metán 50 légköri nyomás mellett, -95°-nál volna cseppfolyósítható, ami iparilag ma még nagy nehézségekbe ütközik. Ezért a cseppfolyósítás főként a könnyű és sűrű, nedves gázokra szorítkozik. Az amerikai eljárás szerint a sűrítésnél ezek alapján négyféle terméket nyerünk. Gázalakban marad a túlnyomólag metánból álló rész. Félfolyékony a gázol nevű folyékony földgáz, amelyet acélpalackokban raktározunk. További termék a könnyű gázolin, végül a nehezebb petróleum-gázolin.

Érdekes az a megfigyelés, hogy a földgázüzemekben dolgozó munkások között ritka a tüdőbaj vagy a fertőző betegség. Ugylátszik a földgáznak bizonyos mértékig fertőtlenítő hatása van, belélegezve kezdetben megkönnyebbülő érzést s gyors légzést okoz, nagyobb mértékben azonban fülzúgás, szédülés, szívdobogás és általános elgyengülés jelentkezik.

A könnyű olajok megsűrűsödött természetes terméke a földi viasz vagy ozokerit, melynek egyik jelentős bányászata a galíciai Boryslawban régen ismeretes. Felhasználása ugyanúgy történik, mint a petróleum-lepárlás hasonló termékei. Főként ceresin és paraffin készül belőle, a ceresinből pedig nálunk a háború alatt kellemetlenül megismert »ételzsírt« gyártják.

A nehéz olajok megsűrűsödött terméke az aszfalt vagy tulajdonképeni természetes bitumen. Vízben nem oldódó, savakkal nem támadható volta miatt becses építkezési és szigetelő anyag. Festék-és gummigyárakban, sokszorosító iparban is széleskörű alkalmazást talál, nem is említve az uccák burkolását és a csatornázási munkálatoknál való felhasználását.

Fölemlíthetjük végül még az olajpalákat, amelyekről már fentebb is szoltunk. Ezeknek felhasználása bitumentartalmuktól függ. Bizonyos esetekben közvetlen elégetésre is használatosak, bár ez nagy hamutartalmuk miatt nem nagyon gazdaságos. Sokkal eredményesebb a száraz lepárlás, melynek kivitele és eredménye szintén olajtartalmuktól függ. Angliában, Németországban már régi idők óta vannak ilyen palalepárlók üzemben, amelyek olajat, gázt, melléktermékeket szolgáltatnak éppúgy, mint a barnaszénlepárlás. A visszamaradó szilárd palaanyag is felhasználható, a lepárló üzemben tüzelésnél, vagy megőrölve cementgyártásra szolgál. A keletkező olajok nitrogénben és kénben gazdagok.

A múlt század elején megindult palalepárlás a század második felében hanyatlásnak indult. Az angol olajpalatermelés jelenleg évi 300.000 tonna olajat szolgáltat. A föld petróleumkészletének kitermelésével előreláthatólag sor kerül az olajpalák lepárlására is, annál is inkább, mivel ezek kiterjedése tetemes olajmennyiséget jelent. *Szajnocha* szerint Galiciában mintegy 50 m vastagságú menilitpala legalább 1000 km² területen csak 1% bitumentartalommal, 600 milliárd kg bitument szolgáltatna. Ha ennek csak fele petróleum, úgy ez 300 millió tonnának felelne meg. Ezzel a mennyiséggel szemben a galíciai olajtermelés ötven év alatt mindössze 12 millió tonnát tett ki. Az északamerikai Colorado-palák helyenként 100 m vastag olajtartalmú összlete 6000 km² területen tíz méteres kitermelhető átlaggal számítva, 100 millió hektoliter olajat adnának. Kiszámították, hogy ezeknek az olajpaláknak egy méteres rétegében tonnánként egy hektoliter olajtartalom mellett tízszer annyi petróleumot kell tartalmazniuk, mint amennyit az Egyesült-Államok 1859 óta fúrásokkal kitermeltek. Nem indokolatlan tehát, hogy az Egyesült-Államok olajkészletük becslésénél, mint fentebb láttuk, a palákból kipárolható mennyiséget 70 milliárd hordó petróleumban állapították meg. Említettük azonban, hogy a palák olajtermelésének gazdaságos volta a bányaműveléssel és az ezzel kapcsolatban szükségessé váló óriási meddő közetmennyiségek mozgósításával a jövőben is nagyon problematikus.

A jövő kérdései.

...»De hogyha látjátok, mi dőre a cél,
Mi súlyos a harc, melybe utatok tér;
Hogy csüggedés ne érjen e miatt,
És a csatától meg ne fussatok:
Egére egy kicsiny sugárt adok,
Mely biztatand, hogy csalfa tünemény
Egész látás - s e sugár a remény.«

Mögöttünk a földtani mult, előttünk a jövő örökkévalósága, melyek közrefogják az emberi történettel mért jelent. Anyag, energia és élet sokszoros kapcsolatban, állandó átförmálódásban uralják a multat és jelent. Az energiatermelés két legbecsesebb anyagát, a szén és petróleum csoportját, ősi élet energiahalmazó működése gyanánt ismertük meg. A szén egykori növények gazdag tenyészetéből, a petróleum ősrégi állatok anyagának átalakulásából létesült. Növények és állatok a napmeleg éltető hatásának eredményei. A levegő szén-savát testi anyagává áthasonító növényi élet csak a napmeleg hőenergiáját raktározza, amelyből az emberi találékonyság újból elővarázsolja az energiát. A növényekben földhalmozódó energiát *Arrhenius* 160.000 billió hőegységre becsüli. Az első élet megjelenése óta ez az energia-földhalmozódás állandó körforgásban szakadatlanul tartott s reánkmaradt nyomait a szén- és petróleumelőfordulások rögzítették.

Fölösleges ma már hosszasan időznünk annál a ténynél, hogy mit jelentett a tűz megismerése, főként azonban az abban rejlő hőenergia földhasználása az emberi művelődésben. Kifejezésre jut ez nemcsak a vad népek tűzimádásában, hanem kultúrnépek vallásos szokásaiban is. A görögök Prometheust félisten gyanánt tisztelték, mivel a tüzet Zeustól ellopta s az embernek ajándékozta. A rómaiak öröktüze a Veszta-szüzek örködtek, vigyázva arra, nehogy kialudjon. A katolikus templomokban ma is ég az örök mécses. Milyen hosszú fejlődés van ettől a tűztisztelettől annak kihasználásáig! Évszázadokig tartott, míg a tüzelőanyagokban rejlő energia megismerésre s alkalmazásra került s az ember a Prometheustól neki ajándékozott tűz szolgájából annak urává lett. A fejlődés kezdetben nagyon lassú, s mint láttuk, csak a legújabb korban vált gyorsabbá, majd a közelmulttól napjainkig mindinkább fokozódó gyorsaságot vett.

A szén és petróleum életében az anyagföldhalmozódás és energiaraktározódás keletkezési időszaka képviseli a *földtani multat*, a megismerés, kitermelés és földhasználat az emberi *jelent*. Ez utóbbi, mint láttuk, napjainkig óriási mennyiségek fogyasztásáig fokozódott. Ezek a nem pótolható elfogyasztott mennyiségek mindinkább reáirányították a figyelmet arra, hogy e megbecsülhetetlen nyersanyagkészletek emberileg kiszámítható élettartamúak, miért is az emberiségnek számot kell vetni egyrészt az anyagok minél gazdaságosabb földhasználásával, másrészt újabb anyagok és erőforrások igénybevitelével. Ebben a kettős törekvésben rejlik a *jövő*.

A tüzelőanyagok gazdaságos földhasználásának kérdése a legutolsó évtizedekben mindinkább időszerűvé vált s a háborús szükségben jelentős eredményeket mutat. Az idevonatkozó sokirányú tevékenység főként a tüzelőberendezések tökéletesítésében, a hamuba került tüzelőanyag visszanyerésében, a szenek nemesítésében, azaz értékes alkatrészeinek előállításában s petróleumpótlásra való földhasználásban nyilvánul. Ezeknek részletesebb tárgyalása, amennyiben már föntebb nem vázoltuk, meghaladja ismertetésünk célját. Csak általánosságban kell még megjegyeznünk, hogy a tüzelőberendezések tökéletesítése minden egyes tüzelőanyag

tulajdonságainak leginkább megfelelő különleges elégetésre törekszik. Ezzel az eljárással a legkevesbé gazdaságos szénfőlhasználásnál, a közvetlen elégetésnél az elérhető legnagyobb hatásfok kihozását célozzák.

A tüzelőberendezésekkel szorosan összefügg a hamuba kerülő anyagok visszanyerésének kérdése. A széntüzelésre berendezett üzemek hamujában ugyanis, még szakembereket is meglepő mennyiségű el nem égett vagy félig égett szén és koks van, amely a hamumennyiség 30-50%-át is elérheti. Ez a mennyiség legtöbbször kárba vész, mert voltak ugyan szórványos törekvések egyes üzemek, főként a vasutak hamu és salakjának értékesítésére, azonban ezek a régebbi idők alacsony szénárai és a tökéletlen berendezések miatt alig voltak számításba vehetők. Ujabb időben azonban gyakorlatilag is kitűnően bevált eljárásokkal történik a hamu-, szén- és koksztartalmának a salaktól való elkülönítése. Régebben ez tökéletlen mosással történt. Ujabbban azonban víz helyett nagyobb sűrűségű folyadékok használatosak, amelyekben a szétkülönítés fajsúly alapján megy végbe. Ennél a nedves eljárásnál sokkal alkalmasabb a mágneses eljárás, amely azon alapszik, hogy a csaknem minden szénben több-kevesebb mennyiségben található pirit elégetéskor többé-kevésbé mágneses vasoxid- és oxidullá alakul. Ez a mágneses vasoxid éghetetlen anyagokkal együtt a hamuba kerül, amely így mágnesessé lesz és mágneses szétkülönítő eljárással a széntől és koksztól elválasztható. Az erre a célra gyártott készülékek olyan tökéletesek, hogy a hamuban levő használható tüzelőanyag 80-90%-át kikülönítik.

A háború alatt Mühlheimben létesített szénvizsgáló intézet olyan nagyjelentőségű eredményeket ért el rövid idő alatt, amelyek széles perspektívát nyújtanak a szén jövő főlhasználására és az ezzel kapcsolatos ipari berendezkedések szempontjából. Ezek a vizsgálatok ugyanis mind nagyobb mértékben egyengetik a szén nyersanyag gyanánt való ipari földolgozásának útjait. Ezek szerint a szenet nem fogjuk többé közvetlen elégetés útján erőtermelésre vagy fűtésre használni, hanem magas nyomás mellett, alacsony hőfokon gázosítva, összetevő alkatrészeire bontva, az utóbbiakat külön-külön értékesíthetjük.

Az »Industrie und Technik« c. folyóirat egyik közelmúltban megjelent száma eleven képzelőerővel rajzolja meg a szén ipari földolgozásával járó műszaki átalakulásokat, melyek Németországban 50 év múlva várhatók. A szén többé nem lesz szállításra váró anyag, mivel legnagyobb részét már a termelés helyén létesített nagy ipari központokban földolgozzák. Vasúti elszállításra csak a legkiválóbb minőségű és a kiviteltre szánt kőszén kerül, míg a többi gáz-, koks- és félkoksztterményekre dolgozzák föl. A kokszt és félkokszt részben gázosítani fogják, részben pedig porrá őrölve, szénportüzelésre használják gázfejlesztőkben vagy gőzkazánok fűtésénél. Az utóbbiak ugyanis még használatban lesznek azzal a módosítással, hogy az erőtermelésre főlhasznált gőz tovább vezetve, fűtésre is szolgál s így egész melege kihasználható.

A szénből előállított gázok és hajtóolajok a termelés központjából nagy távvezetékhalózatra jutnak, melyek az egész országot behálózzák. E csővezetékek megfelelő helyeken, csapoló állomások útján a mezőgazdasági motorokat, az autókat és repülőgépeket állandóan ellátják hajtóolajokkal. Végső állomásaik a német tengeri kikötőkben vannak, ahol a hajók is főlvehetik hajtóanyagukat. Az olajvezetéken kívül a termelt gázokat két külön csővezetékben vezetik. Az egyik vezetékben magas értékű, nagy nyomású, a másikban alacsonyabb nyomású, a háztartásokat közepes fűtőértékű anyaggal ellátó gáz halad. Ez a gázvezeték szolgál a mezőgazdasági termények előnyösnek főlismert szárítására is, amely ezeknek tartósságát nagymértékben fokozza. Ezzel a szárító eljárással és kénsavas ammóniákkal végzett erős műtrágyázással a belföldi termelés olyan mértékűvé fokozódott, hogy a szükségletet behozatal nélkül fődözi.

Az egész országot ugyancsak a széntermelés központjából kiinduló magasfeszültségű áramvezetékek hálózák be sűrűn. A vasutak helyi és teherforgalma külön pályákon bonyolódik le, mégpedig elektromos úton. A távolsági forgalom azonban nem elektromos, hanem Diesel-lokomotívokkal történik, amelyek hajtóolajukat szintén a fentebb említett olajvezetékekből veszik.

Az ipari központok gáztüzelésre vannak berendezve s így füstmentesek. Végleg eltűnik tehát a fekete füstbe borult ipari tájkép s a gyárvidék egészséges levegőjű marad, nem is szólva arról, hogy a tiszta levegő kevesebb ruhát és tisztálkodáshoz szükséges anyagokat igényel. Szerves kiegészítői a szén gázra, koksra és kátrányra nemesítő üzemi központnak a vegyi üzemek, melyek a már eddig ismert anyagokon kívül egész sor újabb terméket állítanak elő. A kátránygázból szintetikus úton az autókerekek kaucsukanyaga készül. Az anilin-alizarinfestékek, az illatszerek, robbanóanyagok, konzerváló, dezinficiáló és gyógyszerek, szacharin, lakkok, mesterséges szaru, celluloid, fényképezési cikkek, stb. gyártása mind a kátránytermelés központjában történik. Ezekhez járul azonban még a margaringyártás, gyertya- és szappankészítés, sőt még a szénfüstből kivont kéngyártás is.

Ötven év nagy idő a technika fejlődésében. Ötven év előtt indult útjára az elektrotechnika s a megelőző ötven év a gőzüzemek fejlődési ideje volt. A német elképzelés a következő ötven évet a ma meginduló gáztechnika ideje gyanánt állítja elénk s ismerve a termelő német munkaerőt, nem lehetetlen, hogy a fantáziában megrajzolt fentebbi kép ötven év múltán csakugyan valóság lesz.

A szénkihasználás gazdaságossá tételében más úton halad *Ramsay* világhírű angol fizikus ötlete. Rámutatunk arra, hogy a világ összes szénkészletének kitermelését a vékony széntelepek bányászatának műszaki nehézségei és költségessége nagyon problematikusá teszi. *Ramsay* ezeknek a vékony telepeknek földalatti elgázosítását ajánlotta, hogy így a kitermelés és szállítás költségei, valamint az ezzel járó munka megtakarítható legyen. Ez a módszer egyes vékonyabb sótelepek kihasználásának mintájára történhetik, amelyekbe fúrólukakon vizet szivattyúznak, hogy a sót kioldja s egy másik csövön visszaszivattyúzva, a sót bepárologtatás útján nyerik. Hasonló módon gondolja *Ramsay* a vékonyabb széntelepek eredeti földalatti helyzetükben való elgázosítását s megfelelő csővezetékeken a gázokat fölhozva, gépek, generátorok hajtását. A széntelep meggyújtása elektromos úton történhetik s az égés lehetővé tételére megfelelő levegő adagolásra van szükség. Ez a fantasztikusnak tetsző terv technikailag nem megoldhatatlan, mindeddig azonban gyakorlatilag kipróbálva nincs. A szénkihasználás ezzel az elégetéssel nem tökéletes ugyan, mégis nyereséget jelentene a széngazdálkodásban, mivel olyan széntelepekre volna alkalmazható, amelyeknek kitermelése bányászati úton nem elég gazdaságos.

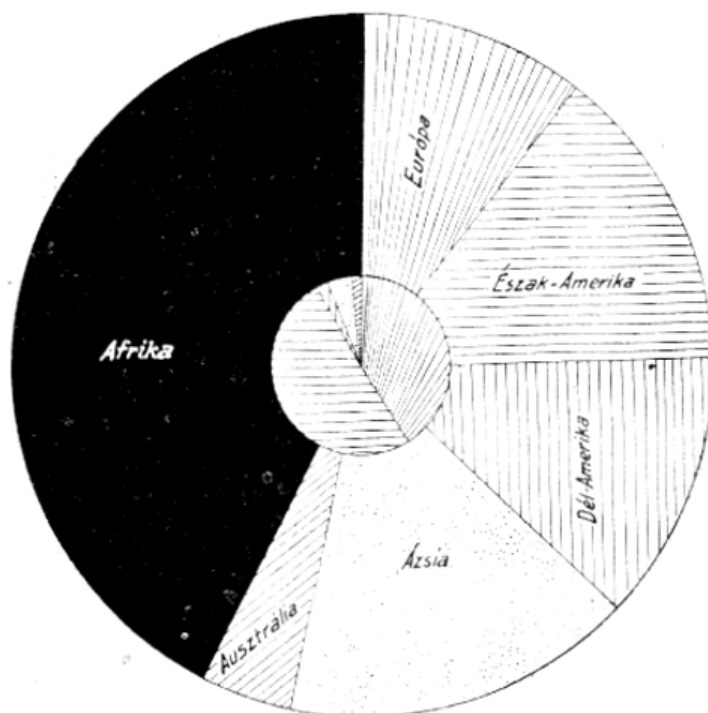
A sokféle különböző tervek és vizsgálatok földünk szénkincsének minél tökéletesebb fölhasználását és kímélését célozzák. Bizonyos mértékben a szénkincs kímélését teszi lehetővé a petróleum fölhasználás gyors térhódítása is, ami viszont a petróleumtermelés szédületes fokozódására vezetett. Már pedig fentebbi tárgyalásunkból kitűnik, hogy földünk petróleumkészlete, a legújabb becslések szerint, súlyban kifejezve, legalább nyolcszázszor kisebb a szénmennyiségnél, (20. kép), úgyhogy a mai szükséglet és termelés mellett is igen rövid idő alatt kifogy. Éppen ezért a petróleum nem alkalmas a szénkincs kímélésére, sőt az újabb törekvések éppen ellenkezőleg a szén cseppfolyósításával törekednek a petróleum pótlására. A szén mennyiségi túlsúlya tehát a két anyag versenyében állandóan biztosítja a távoli jövőben is a szén fölhasználását, amely sokáig még a közvetlen tüzelés lesz javított tüzelőberendezésekkel és gázosítással. A jövő fejlődés itt a jelenlegi kőszénfölhasználásról az eddig elhanyagolt barnaszén megbecsülésében, termelésének fokozásában és kihasználásában várható. Megfelelő berendezésekkel és nemesítéssel a barnaszén minden üzemben pótolni fogja a kőszént, ami különösen olyan országokra nagyjelentőségű, amelyek kőszénben

szegények, de elegendő barnaszénnel rendelkeznek. A hetven év óta ismert, de csak a legutolsó évtizedben hatalmasan fejlődött barnaszén-lepárlás, őskátrány-félkoksztérmekei előreláthatólag reácafolnak a szénkincs kimerülésének minden jóslatára is.



20. kép. A föld összes szénkészletének viszonya az összes petróleumkészlethez, tonnában.

Mindennek dacára azonban az emberiségnek elegendő oka van arra, hogy a szén és petróleum, bármilyen gazdaságos fölhasználás mellett, állandó kitermeléssel mégis csak fogyó mennyiségét egyéb erőtermelőkkel pótolja. Mióta ez a kérdés napirenden van, a számításba vehető energiák között a vízierő került az érdeklődés központjába. A földkerekség gyors sodrú folyóvizei, különösen megfelelő esés mellett, sok helyen már eddig is kihasználás alatt állanak s közvetlenül gépeket hajtának, vagy elektromos áramszolgáltatással adják át a bennük levő mozgási energiát. Míg a szénben és petróleumban rejlő hőenergiát elégetés által kell mozgási energiává változtatni, addig a fehér szénnek nevezett vízierő közvetlenül szolgáltatja azt.



21. kép. Az egyes földrészek valószínű (külső kör) és kihasznált (belső kör) vízierő mennyisége.

A föld folyóvízhálózatának egyenlőtlen eloszlásából következik, hogy a kihasználható vízierő még egyenlőtlenebb, mint a szén és petróleum eloszlása. A kihasználás előfeltétele itt is a számításba vehető vízierő nagyságától függ, amelynek megállapítása az utóbbi időben mind nagyobb fontosságot nyert. A különböző vizsgálatokból, számításokból és becslésekből nyert adatokat összehasonlítva, azonban nagy eltéréseket látunk még ugyanazon területekre nézve is. Önként következik ez azokból a nehézségekből, melyek a vízierő nagyságának kiszámításával kapcsolatosak. Az egész földre kiterjedő egységes vizsgálatok legújabb időkig hiányoztak, azért lényeges haladást jelentenek ebben az irányban is az Egyesült-Államok földtani intézetében készült számítási eredmények, melyeket az egyes földrészekre vonatkozó összegezésben közlünk. A mellékelt rajban ezen az alapon az egyes földrészek összes számított vízierőmennyisége és az abból kihasználás alatt álló mennyiség van föltüntetve. (21. kép) A számítások bizonytalan volta itt is nyilvánvalóvá válik az *Arrhenius* által számított s a következő oldal elején közölt táblázatban foglalt mennyiségekkel való összehasonlításból, mert az utóbbi lényegesen nagyobb mennyiségeket ad.

Földrész	Vízierő mennyisége az Unió földtani intézete szerint					Arrhenius szerint	
	összes 1000 ló- erőben	ki- hasz- nált	%	egy lakosra esik		össze- sen 1000 ló- erőben	egy la- kosra
				ki- hasz- nált	öss- zes való- színű		
Észak- és Közép- Amerika	62.000	12.210	19.69	0.035	0.485	160.000	1.17
Dél-Amerika	51.000	421	0.79	0.009	1.100	94.000	5.30
Európa	45.000	8.877	19.73	0.020	0.101	65.000	0.13
Ázsia	71.000	1.160	1.63	0.001	0.078	236.000	0.27
Afrika	190.000	11	0.0058	—	1.371	160.000	1.14
Ausztrália és Oceánia	17.000	147	0.86	0.020	2.323	30.000	3.75
Összesen.....	439.000	23.000	5.24	0.014	0.261	745.000	0.5

Ebből az összeállításból kitűnik, hogy a fölhasználható vízierő mennyiségében Afrikáé az első, s utána Ázsia és Észak-Amerika következik. Kihasználás tekintetében azonban az utóbbi a vezető szerep, aminek oka az Egyesült-Államok ipari fejlettségében rejlik. Ez a fejlettség viszont szoros kapcsolatban van azzal a ténnyel, hogy az Egyesült-Államok az egyetlen politikai terület, amely az összes energiatermelő eszközöknek, szénnek, petróleumnak, vízierőnek egyformán birtokában van. Erőforrásainak mennyiség viszonyát az alábbi rajzunk szemlélteti. (22. kép)



22. kép. Az Egyesült-Államok erőforrásainak mennyiségi aránya.

Bármilyen ingatag alapon áll is a vízierő nagyságának kiszámítása, tagadhatatlan, hogy jelentékeny erőmennyiséget képvisel s mint láttuk, nagyobb részében még kihasználatlan. Kiszámították, hogy a földünkön levő összes vízierő percenként nyolc milliárd lóerőt képvisel. Olyan erőmennyiség ez, amelyet földünk egész szénkészletének fölhasználásával ötven év alatt lehetne előállítani. A vízierő különös bece azonban állandóságában van, amennyiben a fölhasználásra kerülő erőmennyiség nem jelent hiányt, fogyást, mint a szén és petróleum elhasználása, hanem folytonosnak mondható táplálója az erőtermelésnek. Ezzel a nagy előnnyel szemben azonban hátránya a kihasználás lehetőségének a vízierő helyhez kötött volta, amely még távvezetékes elektromos központok létesítése esetén is csak bizonyos körzethez köti a fölhasználást. A nagy távolságra vezetett elektromos áramhoz ugyanis nemcsak igen nagy feszültség szükséges, hanem a vezetésnek egyéb nehézségei is vannak. Így a világ legnagyobb elektromos távvezetéke a pittsburgi egy millió voltos áram 1600 km távolságban van vezetve. Ilyen erősségű áram azonban csak igen nagy magasságban vezethető, mert 4-5 méteres körzetben halálos. E nehézségek miatt a vízierő sohasem lehet a szén teljes pótlására alkalmas, bár az erőtermelés terén jelentős tehermentesítést nyújthat a szénkincs kimélése tekintetében a jövőben még lényegesen növelhető mértékben.

Ha a természetben rendelkezésünkre álló egyéb erőforrásokat vesszük szemügyre, úgy elsősorban csak az általános elterjedésűek vehetők tekintetbe a szén pótlására. Ilyen elsősorban a *légköri elektromosság*, amely ma még lekötetlen és nincs kihasználva mivel egyelőre még nincs megfelelő megoldás a lekötésére. A jövő kilátásai itt kecsegtetőbbek a vízierő kihasználásánál, mert a légkörben általános elterjedésű elektromosság nincs helyhez kötve.

Különböző berendezések és kísérletek történtek már eddig is a *szél, napmeleg, árapály, vulkáni meleg* kihasználására. Ezek mindegyike kisebb mértékű, helyileg értékesíthető erőforrás gyanánt jöhet csak tekintetbe, helyhez kötött vagy időszakos jellegük miatt. A szél és napmeleg fölhasználásánál olyan berendezkedésekre van szükség, melyek az energiát raktározzák szélesendes vagy borús időre is. Ennek a raktározásnak nagyobb méretű megoldása nehézségekbe ütközik. Az árapály és vulkáni meleg fölhasználása pedig helyileg jöhet csak tekintetbe.

Végeredményben tehát ezidőszert alig találunk olyan erőforrást, mely a szenet és petróleumot teljesen pótolni tudná. Kétségbeesésre azonban nincs okunk, mert ha valóra válnék is a szén és petróleumkészletek kifogyása, a még rendelkezésre álló mennyiség időtartama elegendő arra, hogy az emberi találékonyság a tudomány eszközeivel megtalálja a további fejlődés útját. Addig is a szén és petróleum napról-napra tökéletesebbé váló fölhasználásával halad az emberi világ a magasba szökött művelődés további útján.

»Elveszett világoknak szétrombolt romjaiból, elporladt napoknak kódéből újra kél újabb világ, alkot tovább az örökös mindenség hatalmas törvénye, a változó levés.«

»Örök csupán a mindenség,
Mert örök csupán, mi egy.
S egy csak maga a mindenség,
Kezdet nélkül, végtelen.«

VÉGSZÓ.

Az a világtörténelmi és világgazdasági forgatag, melynek különösen hazánkban mindannyian szenvedő részesei vagyunk, mindnyájunkba beidegzette a szén- és petróleumnak, e nélkülözhetetlen erőtermelő nyersanyagoknak, nagy jelentőségét. A mintegy egy évtized óta nálunk is megindult kutatások napirenden tartották ezt a kérdést anélkül, hogy annak sokoldalúságát megismerték volna. Ostwald szerint minden az energia s az anyag csak üres szó, hiú kép. Ezzel szemben az anyag helyes ismerete nélkül nincs célszerű energiatermelés, okszerű fölhasználás és helyes kutatás. A szén és petróleum tudományos megismerése az újabb időben nagy haladást tett. Eredetileg csak ezeknek az újabb vizsgálatoknak ismertetését tűztem ki célul. Éveken át folytatott gyakorlati tevékenység során merült föl az idevonatkozó sokoldalú kérdések összefoglaló átnézetének szükséglete s ezzel a földtani tárgyalás lényegesen bővült.

A tárgy természete szerint a földtani vizsgálatok a munka gerincét teszik. Ebben a részben eredeti megfigyelések és adatokon kívül a kérdés kritikai szemléletére törekedtem. Egyéb vonatkozásokban a legújabb irodalom és statisztikai adatok fölhasználásával a mai állapotok hű képét adtam. A világgazdasági szemléltetést szolgáló statisztikai adatok hézagossága és egyenlőtlenségei a háború utáni irodalmi zavarokkal magyarázhatók. Könyvem nem tetszeni akar, hanem az idevonatkozó kérdések sokféleségét regisztrálja s anélkül, hogy azok kimerítésére törekednék, fontosságuknak megfelelő érdeklődés ébrentartását célozza. A tárgyalás közben különös súlyt helyeztem az egyes anyagok és kérdések közti összefüggések, analógiák és törvényszerűségek kidomborítására.

Budapest, 1924 június havában.

Irodalom.

Arber: The natural history of coal. Cambridge, 1911.

Ambrohn: Die Aufgaben der angewandten Geophysik. (Zeitschr. f. angew. Geophysik I. 1922, Berlin).

- Die Verwertung der physikalischen Aufschlussarbeiten in Berg-, Tief- und Wasserbau (»Die Umschau« XXVI. Jg.).

Beyschlag: Neue und alte Wege der Braunkohlen- und Schieferverschmelzung. Berlin, 1920.

Blumer: Die Erdöllagerstätten. Grundlagen der Petroleumgeologie. Stuttgart, 1922.

Dannemann: Geologie der Steinkohlenlager.

Engler-Höfer: Das Erdöl, seine Physik, Chemie, Geologie, Technologie und sein Wirtschaftsbetrieb. 5 kötet. Leipzig.

Frech: Aus der Vorzeit der Erde. V. Steinkohle, Wüsten und Klima der Vorzeit (Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 211.)

- Die Kohlenvorräte der Welt. Stuttgart, 1917.

Fischer: Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle. Bd. I-V., Berlin.

Fischer: Die Umwandlung der Kohle in Öle. Gebr. Bornträger in Berlin 1924.

Gibson: The geology of Coal and Coal-mining. London, 1908.

Höfer: Das Erdöl und seine Verwandten. 4. Aufl. Braunschweig, 1923.

Königsberger: Die Verwendung geophysikalische Verfahren in der praktischen Geologie. (Zeitschr. f. prakt. Geologie 30. Jg. 1922.)

Krüger: Erdöl, Ölvorkommen, Ölförderung, Ölschiefer, Ölpolitik. Stuttgart, 1924.

Kukuk: Unsere Kohlen. (Aus Natur und Geisteswelt. No. 396.).

Philipp: Die Methoden der geologischen Aufnahme. 1923.

Pois: Das Erdgas, seine Erschließung und wirtschaftliche Bedeutung. 1917.

Potonié: Die Entstehung der Steinkohle und der Kaostobiolite überhaupt. 6. Aufl. 1920.

- Die rezenten Kaostobiolite und ihre Lagerstätten. Berlin, 1908-1912.

- Die Steinkohle, ihr Wesen und Werden. (Reclams Universal Bibl. No. 6212-6214).

R. Potonie: Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie. Berlin, 1924.

Scheithauer: Die Braunkohlenteerprodukte (Bibl. d. gesamten Technik. Bd. 296. Leipzig, 1924).

Schreiber: Die Industrie der Steinkohlenveredelung. Braunschweig, 1923.

Strache-Lant: Kohlenchemie. Leipzig, 1924.

Stutzer: Allgemeine Kohlengeologie. 2. Aufl. Berlin, 1922.

The coal resources of world. Toronto, 1913.