

wskazana, ale te zmiany mogą dać tak duże oszczędności na paliwie, że kosztą przebudowy w nader krótkim czasie opłacą się. Ale jakże częstszym jest wypadek, że zmiany przeprowadzone wewnątrz istniejących urządzeń domowymi, że tak powiem, środkami mogą mieć niemniej cenne następstwa, albowiem w dziedzinie zużytkowywania ciepła wiele się grzeszy, często bardzo bez świadomości tego, a częściej jeszcze przez niechęć do zmian u personelu, szczególnie niższego.

II. Materiały opałowe w Polsce.

Gospodarka cieplna w każdym kraju musi być dostosowaną do jego zasobów opałowych, inną ona będzie w obfitującej w siły wodne a pobawionej węgla Szwajcarii, inną w lesistej Rosji północnej i t. p.

Polska przy produkcji energii oprzeć się musi przede wszystkim na wyzyskaniu materiałów opałowych, energia wodna, wobec niżowego charakteru kraju, ma znaczenie pomocnicze. Siły wodne rozmieszczone są nierównomiernie, głównie na Podkarpaciu w dorzeczu górnej Wisły, Prutu i Dniestru, pozatem na Pomorzu, wreszcie w słabszej mierze w Województwie Kieleckim i Lubelskim.

Moc obecnie czynnych zakładów o sile wodnej¹⁾ wynosi 85 000 KM, z czego przeważająca ilość przypada na drobne urządzenia, bo na kilka tysięcy zakładów tylko 41 posiada moc większą od 100 KM. Największy czynny zakład wodno-elektryczny jest w Gródku na Pomorzu o mocy instalowanej 5 250 KM.

Zakłady dotąd zaprojektowane, w ilości 61, oprócz czynnych lub budowanych, pozwolą na uzyskanie łącznej mocy 457 000 KM. Oczywiście, wybudowanie tych zakładów i tak korzystne dla kraju czerpanie z nich energii jest sprawą dalszej przyszłości, dziś np. 92% elektryczności wytwarzane jest z energii cieplnej, ale i po ich uruchomieniu energia przez nie reprezentowana stanowić będzie tylko nieznaczny odsetek zapasów energii, tkwiącej w naszych materiałach opałowych.

Jednakże Polska, jakkolwiek posiada niemal wszystkie główne rodzaje paliwa i to w dostatecznej ilości, cierpi na bardzo nierównomierne ich rozmieszczenie w poszczególnych dzielnicach Państwa, czego dotąd nierównoważy nawet w słabym stopniu odpowiednio wysoki wewnątrz kraju rozwój komunikacji lądowych i wodnych.

Opał jest i być powinien materiałem tanim, a więc nieznoszącym kosztów drogiego transportu, który jednak przy dużych odległościach, ja-

¹⁾ Źródła energii w Polsce. Polski Komitet Energetyczny. 1924.

ike mamy w kraju, może dorównać cenie paliwa a nawet je przewyższyć. Oczywiście koszty przewozu silniej odczuwa opał lichej, mniej — wysoko-wartościowy i tem się tłumaczy, że przed wojną gatunki gorsze węgla na niektórych kopalniach nie znosiły transportu i musiały być składane na zwalach na kopalniach w oczekiwaniu na inne, miejscowe spożycie. Ten, między innymi, czynnik powołał do życia i w naszym Zagłębiu węglowym t. zw. elektrownie okręgowe, oparte na zużytkowaniu gorszych gatunków węgla, bardziej odczuwających koszt transportu, a które przesyłają wyprodukowany prąd na dalsze odległości.

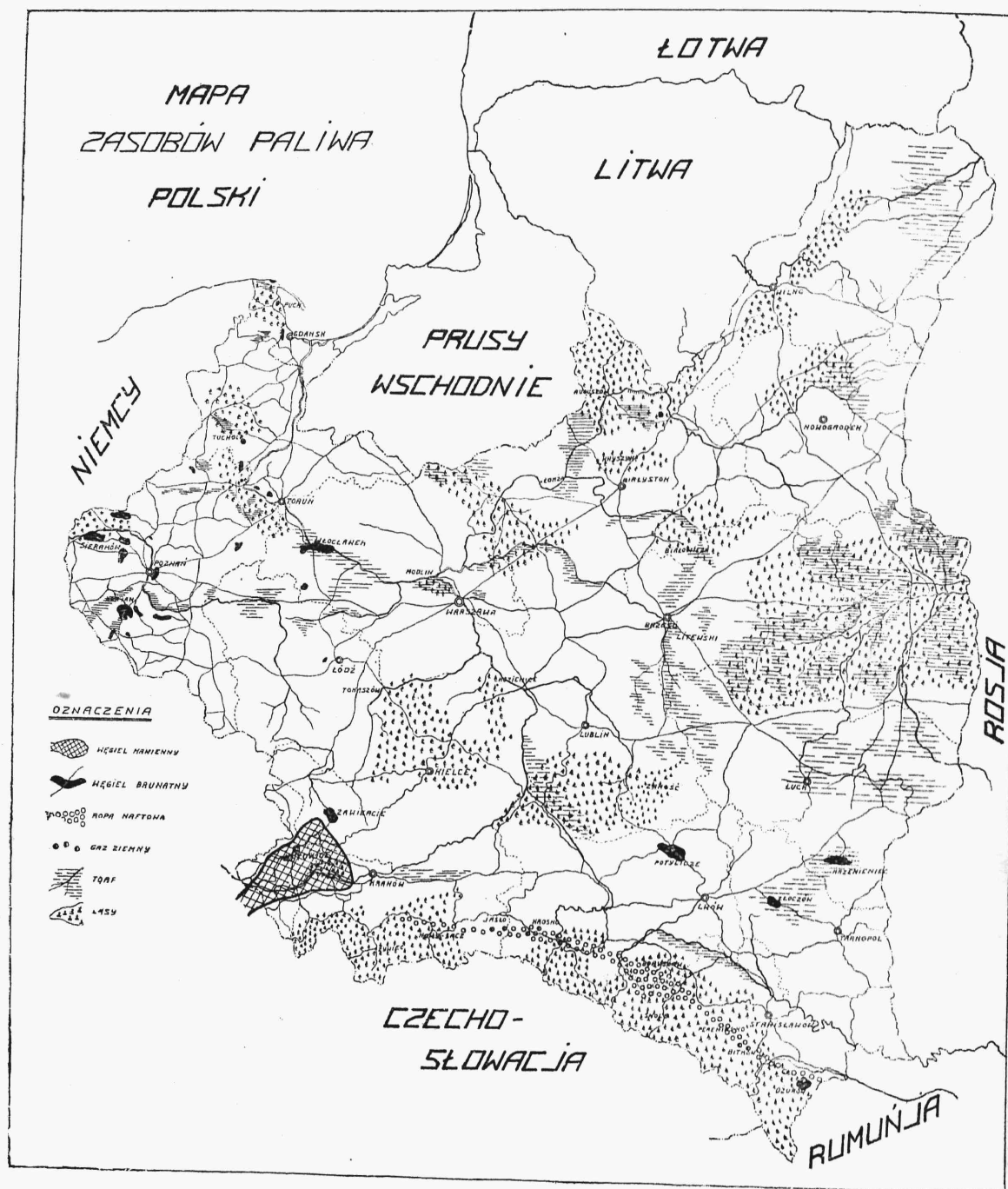
Główny surowiec opałowy, węgiel kamienny, znajduje się w południowo-zachodnim kącie Państwa, t. zw. Polsko-Śląskim Zagłębiu węglowym, tuż nad samą granicą. (Patrz rys. 1). Odległości dzielące to Zagłębie od północno-wschodnich rubieży są ogromne, dochodzące do tysiąca kilometrów, natomiast te właśnie północno-wschodnie części Państwa — obfitują w torfy. Na przyszłość, po pokonaniu trudności finansowych i technicznych, przedstawić sobie można doskonale wzajemne uzupełnianie się tych krajów: północ pokryta siecią mniejszych elektrowni opartych na torfie, względnie częściowo na drzewie, nietylko pokrywa swoje zapotrzebowanie prądu elektrycznego, ale i zasila nim w równej mierze środek Państwa, zabezpieczając je bodaj częściowo od braku energii elektrycznej na wypadek chwilowych powikłań politycznych i możliwości odcięcia od Zagłębia węglowego.

Na południu, na Podkarpaciu są złoża naftowe, które mogłyby dostarczyć nietylko cennych materiałów pędnych i opałowych, ale przez pyrogenację ropy naftowej zaopatrzyć przemysł farmaceutyczny, wojenny i farbiarski w konieczne półprodukty chemiczne, których normalnie dostarczają koksownie Zagłębia węglowego.

Dla wyrobienia sobie właściwego sądu o sprawie opałowej rozpatrzmy warunki produkcji i zasoby poszczególnych rodzajów paliwa oddzielnie.

Węgiel kamienny. Węgiel kamienny mieści się tylko na południowo-zachodnim krańcu Państwa (patrz rys. 1) tworząc część t. zw. Polsko-Śląskiego Zagłębia węglowego o ogólnej powierzchni do 6000 km², z czego 75% przypada na Polskę. Obszar ten można podzielić na trzy Zagłębia: Dąbrowskie, Krakowskie i Śląskie. Zasoby węgla liczone do głębokości 1000 m, przy uwzględnieniu pokładów o minimalnej grubości 0,5 m, wynoszą według obliczeń Państwowego Instytutu Geologicznego:

M i l j o n ó w t o n n			
Zagłębie Dąbrowskie	Krakowskie	Śląskie	Razem
2 300	14 200	45 400	61 900



Rys. 1.

z czego, według przypuszczeń, przypada:

na węgiel koksujący	5 000
„ gazowniczy	8 000
„ opałowy	48 900

Wartość opałowa teoretyczna (górna) węgla polskiego, zależnie od pokładu i kopalni, waha się w granicach 4800—7600 *kal/kg*.

Większość kopalni pracuje na grubych pokładach, dochodzących do 18 m. Węgiel polski, naogół, należy do węgla twardych, długopłomiennych.

Wydobycie węgla wynosiło w tonnach:

Rok	Z a g ł ę b i e			Razem
	Dąbrowskie	Krakowskie	Śląskie	
1913	6 819 209	1 970 790	31 937 475	40 727 474
1921	5 751 767	1 672 512	22 393 807	29 818 086
1922	7 054 968	1 985 525	25 791 612	34 832 105
1923	7 417 575	2 049 269	26 630 153	36 097 987

Spożycie węgla w 1923 roku w cyfrach ogólnych, zaokrąglonych, było następujące:

eksport zagraniczny	40%
przemysł	18%
komunikacje	17%
opał domowy	10%
hutnictwo	9%
koksownie	6%

Szczegółowo spożycie węgla kamiennego w ilości 31 408 340 t w roku 1923 przedstawia się następująco:

1.	Koleje żelazne	16,31%
2.	Wojskowość	0,70%
3.	Inne instytucje państwowe	0,28%
4.	Żegluga	0,21%
5.	Koksownie	5,35%
6.	Kopalnie rud i kopalnie bez węgla	1,70%
7.	Przemysł naftowy	0,76%
8.	Przemysł solny	0,33%
9.	„ metalurgiczny żelazny	4,94%
10.	„ innych metali	1,80%
11.	„ mechaniczny i metalowy	1,25%
12.	„ cukrowniczy	1,54%

13.	Przemysł włókienniczy	2,40 %
14.	„ cementowy i ceramiczny	1,96 %
15.	„ garbarski	0,07 %
16.	„ rolniczy	1,27 %
17.	„ chemiczny	1,28 %
18.	„ papierniczy	0,66 %
19.	Inne gałęzie przemysłu	2,68 %
20.	Gazownie, elektrownie, wodociągi i t. p.	3,69 %
21.	Opał domowy	3,87 %
22.	Pośrednicy	6,96 %
23.	Wywóz zagranicę	39,99 %
		<hr/> 100,00 %.

Pozatem kopalnie na własne potrzeby zużytkowały średnio 12,69% wydobytego węgla, t. j. 4581815 t, w tem 3577216 t na cele techniczne.

Węgiel brunatny. Ten rodzaj węgla, dzięki dużej zawartości popiołu a przede wszystkim wilgoci, posiada wartość opałową, która waha się od 2 500 — 5 500 kkal/kg. Złóża węgla brunatnego¹⁾ rozrzucone są w postaci niewielkich terenów po Zachodniej i Południowej Polsce (patrz rys. 1). Wydobycie węgla brunatnego zazwyczaj połączone jest z pewnemi trudnościami technicznymi, dzięki wodzie i kurzawce, które zwykle z nim razem występują. Węgiel ten po wydobyciu posiada do 50% wody, a po wysuszeniu — do 15%. Wydobycie węgla brunatnego wzrosło niepomieranie, szczególnie w byłej Kongresówce, pod koniec wojny i bezpośrednio po jej zakończeniu, co wywołane było ówczesnym głodem węglowym. Dziś wydobycie węgla tego spada, gdyż może on konkurować z węglem kamiennym tylko przy bardzo dużych odległościach transportowych tego ostatniego, a przedstawia zasób energii do potrzeb opałowych o znaczeniu miejscowem (woj. Poznańskie). Nadaje się również do brykietowania i przemysłu chemicznego oraz ma znaczenie na wypadek powikłań wojennych.

Polski węgiel brunatny jest o wiele gorszy od brunatnego węgla np. saskiego i czeskiego, który tam stał się podstawą rozwoju okolicznego przemysłu.

Cała Polska	Wydobycie węgla brunatnego w t
1921	270 000
1922	220 000

Torf jest dość równomiernie rozmieszczony na terenie Państwa, jednak trudności eksploatacji na wielką skalę są ogromne, dzięki czemu

¹⁾ Celichowski. Przegląd Techniczny 1922.

torf dotąd ma znaczenie tylko miejscowe, jako opał do mieszkań i małych zakładów przemysłowych, zasilanych nim z małych odległości.

Trudności techniczne towarzyszą torfowi od chwili wydobywania go aż do spalania, rosnąc współmiennie z rozmiarami produkcji i zużycia. Przy wydobywaniu torfu polegają one na tym, że warunki pracy są nader ciężkie, przeważnie w wilgoci lub wodzie, a eksploatacja odbywać się może tylko sezonowo przez 5—6 letnich miesięcy; przy większych rozmiarach robót sprawia poważne trudności sprawa sezonowego zebrania odpowiedniej ilości robotników w związku dużymi kosztami ich umieszczenia i zaopatrzenia.

Jakkolwiek dziś istnieje już szereg specjalnych maszyn a nawet i metod wydobywania i przerabiania torfu, jednakże sprawa ta nie może być dotąd uważana za technicznie rozwiązana. Pozatem nasze torfowiska, przeważnie nizinne, posiadają niewielką miąższość, jak przyjmują, średnio 1—2 m przy niezbyt dużych rozległościach i niewysokim gatunku masy torfowej dzięki dużej domieszce obcych ciał.

Dalszą trudność sprawia suszenie wydobytego surowca, zawierającego do 90% wody. Mechaniczne jej wyciskanie, ze względu na budowę torfu, nie daje wyników, sztuczne suszenie pochłania ogromne ilości opału i może, niekiedy, przy suszeniu zupełnie mokrego torfu doprowadzić do tego, że ilość zużytego do suszenia paliwa dorówna ilości wysuszonego torfu, pozostaje więc metoda suszenia naturalnego na otwartym powietrzu. Można doprowadzić w krótkim czasie, przy tym ostatnim sposobie, do 50% a nawet następnie do 25% wilgotności, lecz jest się tu zależnym od pogody, a pozatem, przy eksploatacji na większą skalę, czynności te wymagają ogromnych przestrzeni. Ujemną stronę torfu stanowi trudność transportu i magazynowania, podczas których cegielki torfowe doznają poważnych uszkodzeń. Dość powszechnie jest stosowane prasowanie torfu i to różnymi metodami, co polepsza znacznie jakość cegiełek, jednak promień pola zbytu nawet i takiego torfu jest niewielki.

Zagranicą istnieje szereg elektrowni okręgowych, opartych na torfie, dwie bodaj największe są Wiesmoor koło Aurich (Meklenburgja) i w Bogorodsku koło Moskwy, lecz doświadczenia tam porobione, mimo dobrych gatunków torfów i znacznych rozmiarów torfowisk, raczej potwierdzają powyżej wypowiedziane zdanie, że oparcie się wyłącznie na torfie przy produkcji energii jest możliwe tylko do pewnej mocy, oba wspomniane zakłady zasilane są obecnie w znacznej mierze także węglem.

Zagadnienie wyzyskania torfu do celów energetycznych ma dla Polski pierwszorzędne znaczenie, mianowicie dla wschodnich i północno-wschodnich województw, pozbawionych przemysłowego opału, a bardzo oddalonych od Zagłębia. Pomyślnie rozwiązanie elektryfikacji miast i miasteczek, przemysłu i kolei w tych prowincjach przy oparciu się na torfie,

jako paliwie, miałyby olbrzymie znaczenie nie tylko miejscowe, ale państwowe, a poza dziedziną gospodarczą, także i strategiczne.

Torf nadaje się również do gazowania w generatorach specjalnej budowy przy możliwości wyzyskania ubocznie związków azotowych, w nim zawartych.

Torf polski nie należy do najlepszych, średnio przy 25% wody przyjmując można jego wartość opałową około 3000 *kal/kg*. Dane co do torfowisk są bardzo jeszcze niepewne, na podstawie dawnych i obecnie zbieranych, lecz przeważnie nie na ścisłych badaniach opartych, zestawieniach, można przyjąć, że w Polsce obszar torfowisk wynosi 2 380 000 *ha*, czemu odpowiada, pod założeniem, że miąższość warstwy wynosi tylko 1 *m*³ i że 1 *m*³ torfu suchego odpowiada 8 *m*³ surowego, 3000 milionów tonn masy torfowej o 25% wilgotności.

Ropa naftowa stanowi cenne paliwo, lecz dziś tylko wyjątkowo stosowane do bezpośredniego spalania, a natomiast stanowiące surowiec, dający produkty, które bądź można spalić bezpośrednio w silnikach, bądź stanowią niezmiernie ważne materiały techniczne.

Tereny naftowe położone są wzdłuż Karpat, będąc jeszcze mało zbadanymi, niepozwalają się należycie ocenić co do swej zasobności. Przybliżone obliczenia (Grzybowski) ustalają zasoby ropy w ziemi na 85 milionów tonn, lecz cyfra ta może się okazać przy bliższych badaniach zbyt niską. Dotąd wydobyto w Polsce od początku istnienia przemysłu naftowego około 26 mil. tonn. Eksploatacja ropy przy pomocy szybów wiertniczych odbywa się obecnie w siedemdziesięciu kilku miejscowościach, z których do najwydatniejszych należy okolica Borysławia. Ilość szybów wynosi 2400 a ich głębokość dochodzi do 1700 *m*.

Wydobycie ropy przedstawia się następująco:

Rok	Tonn
1913	1 071 040
1921	704 870
1922	713 100
1923	736 401

Jakość ropy polskiej nie jest jednakowa, pochodząc z różnych kopalń wykazuje różną zawartość benzyny, ciężkich węglowodorów i parafiny. Średnio ropa naftowa daje u nas przy przerobie następujące produkty:

benzyny	12 %
nafty	30 %
olejów gazowych	15 %
smarów płynnych	15 %
parafiny	5 %

reszta przypada na półprodukty, wazelinę, asfalt, koks i t. p. Wartość opałowa ropy wynosi 10 000 do 11 000 kal/kg . Ropa może być całkowicie przerobiona w rafinerjach w kraju, a mniej więcej połowa produkcji jest spożywana wewnątrz kraju, drugą połowę eksportuje się.

G a z z i e m n y. Bardzo poważnym źródłem energii jest gaz, wydobywany z szybów na terenach naftowych przy ciśnieniu kilku do kilkunastu atmosfer a będący mniej lub więcej czystym metanem, o wartości opałowej dochodzącej do 8500 kal/m^3 . Gaz ten nosi nazwę naftowego lub ziemnego i występuje zazwyczaj w związku z ropą naftową, lecz niekiedy jak np. w okolicy Krosna lub Kałusza, pojawia się w szybach czysto gazowych bez ropy. Gaz ziemny rozprowadzany rurociągami publicznymi, mierzonemi już dziś na dziesiątki kilometrów, zasila urządzenia górniczo-wiertnicze, zakłady przemysłowe i okoliczne miasta, spalany bądź pod kotłami, bądź w silnikach gazowych, bądź wreszcie w piecach domowych ogrzewalnych ¹⁾.

Wydobycie gazu ziemnego przedstawia się następująco:

Rok	Miljonów m^3
1921	405
1922	400
1923	390

Przez sprężanie i skraplanie gazu ziemnego otrzymuje się t. zw. gazolinę, t. j. bardzo lekką benzynę o ciężarze właściwym niższym od 0,67. Obecna jej roczna produkcja wynosi 1 500 tonn.

D r z e w o już od dawna na Zachodzie przestało być uważane jako paliwo przemysłowe, u nas jednak, szczególnie w województwach wschodnich, może być przy produkcji energii brane pod uwagę, jest to bowiem opał przemysłowy pierwszorzędny, dający się bądź spalać bezpośrednio, bądź gazować w generatorach, a możliwość stosowania go zależy tylko od jego ceny, powiększanej, zresztą, przede wszystkim przez koszt transportu. Wskutek słabego rozwoju dróg lądowych i wodnych właśnie w rejonach leśnych, na Kresach, transport opału drzewnego z kompleksów leśnych położonych dalej od linii komunikacyjnych natrafia na duże trudności i są wypadki, że cena samego tylko przewozu do najbliższego miejsca konsumpcji opału drzewnego jest wyższa, niż cena na tym rynku drzewa, dowiezionego z bliższych lasów.

Dziś w Polsce mamy szereg, choć jeszcze niedostateczny, zakładów pierwszorzędnie urządzonych, a mogących zamienić drzewo nie tylko na budulec, lecz również wykorzystać na materiał stolarski, przerobić na celu-

¹⁾ Traczyk. Przegląd gazowniczy 1922.

łożę oraz wydzielić z niego wysokocenne produkty chemiczne (octan wapnia, spirytus metylowy, terpentyna, smoła drzewna, węgiel drzewny i t. p.).

Normalny przyrost masy drzewnej rocznie w Polsce obliczają na 50 milionów metrów sześć., jednak wskutek spustoszeń, poczynionych w lasach podczas wojny, wydajność lasów w Polsce w okresie obecnym jest mniejsza, statystyka urzędowa oblicza ją dzisiaj na 23 mil. m^3 , w tem około 30% t. j. 7 000 000 m^3 przypada na opał.

Normalny przyrost masy drzewnej przy podziale na województwa przedstawia się następująco:

	Miljonów m^3
Woj. Poznańskie i Pomorskie	14,0
B. Kongresówka	13,5
Województwa Wschodnie	12,5
Małopolska	10,5

Wartość opałowa drzewa wysuszonego na powietrzu wynosi około 3 000 kal/kg .

Obok paliwa naturalnego ma znaczenie przy produkcji energii paliwo sztuczne stałe, płynne i gazowe, a więc: brykiety węglowe, koks, naftalina, benzyna, nafta, olej gazowy, gaz świetlny, generatorowy i t. p.

Miał węglowy przerabiany bywa przez prasowanie z dodatkiem smoły, a przy węglu brunatnym, jako bardziej smolistym, i bez tego dodatku, na brykiety. Wyrób brykietów ma szczególne zastosowanie na Śląsku, gdzie np. w 1923 roku wyprodukowano 280 000 tonn. Używane są one nie tylko do celów domowo-opałowych, ale także w przemyśle i kolejnictwie.

K o k s. Koks rozróżniamy jako hutniczy i gazowniczy, różniący się od siebie twardością i odpornością na zgniecenie oraz wielkością brył. Koks hutniczy jest większy i lepiej odgazowany, przeto trudniej ulega spalaniu w palenisku i nie daje niemal zupełnie płomienia. Obydwa gatunki koksu otrzymywane są przez suchą destylację węgla, jednak otrzymanie koksu hutniczego jest właściwym celem destylacji, podczas gdy koks gazowniczy otrzymuje się przy wyrobie gazu węglowego (świetlnego) jako produkt uboczny. Koks hutniczy ma zastosowanie w hutnictwie, odlewnictwie oraz przy produkcji gazu wodnoczadowego w generatorach, koks gazowniczy używany jest jako opał domowy. Koks ten stosowany jest powszechnie w centralnych ogrzewaniach w miastach, gdyż, będąc pozbawiony ciężkich węglowodorów, nie daje przy spalaniu dymu oraz łatwiej pozwala miarkować tempo opalania. Wartość opałowa koksu, zależnie od jego wilgotności oraz zawartości popiołu, wynosi 6000—7000 kal/kg .

Produkcja koksu hutniczego odbywa się tylko w województwie Śląskiem i w 1923 roku wynosiła 1 400 000 t.

Niekiedy używane bywa jako paliwo do silników gazowych naftalina, otrzymywana jako jeden z produktów destylacji węgla. Silnik jest puszczany w ruch zazwyczaj w inny sposób, a spaliny gorące ogrzewają naftalinę, która gazując następnie służy jako opał przy normalnym ruchu. Naftalina miała szczególnie zastosowanie w Niemczech podczas wojny wobec braku paliwa płynnego.

Sztuczne paliwo płynne pochodzi z destylacji ropy naftowej lub węgla kamiennego. W pierwszym wypadku otrzymuje się jako materiały opałowe do silników: benzynę, naftę, olej gazowy, wszystkie o zbliżonej wartości opałowej ponad 10 000 kal/kg , o różnym jednak ciężarze właściwym i przede wszystkim o różnym punkcie zapłonu, a stosuje się je zależnie od typu silnika i jego zastosowania. W drugim wypadku, przy destylacji węgla kamiennego, otrzymuje się jako paliwo płynne: benzol i oleje pędne lżejsze i cięższe, używane we współczesnych silnikach spalinowych również zależnie od typu i przeznaczenia jego.

Wreszcie, jako paliwo sztuczne, używane są różne rodzaje gazów, więc gaz świetlny, generatorowy, wodny, wodnoczadowy, olejowy, wielkopiecowy i koksowniany. Gazy te są otrzymywane bądź przez zgazowanie węgla przy celowej, całkowitej zamianie paliwa w generatorze na gaz, bądź jako produkt uboczny przy innych procesach termochemicznych w wielkich piecach i koksowniach, bądź, wreszcie, w celu lepszego wykorzystania palnych składników lichych materiałów opałowych lub odpadkowych, jak węgiel brunatny, lesz z dymnic parowozów, odpadki drzewne, lubki bitumiczne i t. p.

Wartość opałowa w przybliżeniu wynosi dla:

gazu świetlnego	4 500 kal/m^3
„ wodnego	2 300 kal/m^3
„ generatorowego	1 100 kal/m^3
„ wielkopiecowego	880 kal/m^3 .

Był okres przed dwudziestu kilku laty, kiedy w związku z nadzwyczajnym rozwojem wielkich silników gazowych, dających wysoką sprawność przy zamianie ciepła na pracę, i w związku z początkiem rozwoju w owym czasie techniki wysokich napięć, poruszana była w Niemczech na zjazdach i w prasie technicznej myśl gazowania wogóle nadających się do tego gatunków węgla na kopalniach, przetwarzanie ciepła w wielkich silnikach gazowych na elektryczność i rozprowadzanie energii w tej formie po kraju. Ta jednak zasada nie weszła w życie, bo po za innymi względami, wielkie silniki gazowe, choć pod względem sprawności ogólnej doskonałe, pokładanych nadziei nie ziściły wobec ich wysokiej ceny, trudnej obsługi i ograniczonej mocy.

Dziś sprawa gazowania węgla stała się znów aktualną, lecz teraz przyświeca inna myśl, mianowicie w związku z destylacją przy niskich temperaturach jest możliwość wydzielenia z węgla szlachetnych produktów, mających duże w gospodarce cieplnej znaczenie nie tylko pod względem energetycznym, ale także jako surowców podstawowych dla różnych gałęzi przemysłu chemicznego.

III. Prawidłowe wywiązywanie ciepła w paleniskach.

Przy wytwarzaniu energii Polska oprzeć się musi, jak to wynika z poprzedniego rozdziału, nie tylko dziś, ale i w przyszłości, przede wszystkim na energii cieplnej, otrzymywanej przez spalanie materiałów opałowych. Im ten proces prowadzony będzie prawidłowej, tem energia wywiązana będzie tańszą, tem większa oszczędność w rozchodzie paliwa.

Do tego by spalanie, t. j. termochemiczny proces egzotermiczny, polegający na szybkim utlenianiu się składników paliwa z wydzielaniem światła, odbywało się korzystnie—potrzebne są dwa czynniki: odpowiednia temperatura i ilość powietrza (tlenu).

Jeżeli temperatura jest zbyt niska przebieg zjawiska palenia odbywa się w sposób niepożądany, następuje wydzielanie się sadzy, a gdy temperatura spadnie poniżej pewnej wysokości, palenie się wręcz ustaje.

Jeżeli ilość powietrza, dostarczana do procesu palenia się, jest zbyt mała, to przy zachowaniu nawet właściwej temperatury, nie każda cząstka składników palnych może się utlenić i albo ujdzie niespalona albo nastąpi spalanie niezupełne, więc węgiel, zamiast w ostateczną formę utlenienia t. j. bezwodnik węglowy, przejdzie w tlenek węgla, wydzielając mniejszą ilość ciepła. Jeżeli doprowadzać będziemy powietrze zbyt obficie nastąpi częściowe rozproszenie wydzielanej energii cieplnej przez obniżenie się temperatury zjawiska dzięki temu, że kosztem wydzielonego ciepła będzie musiał być ogrzany nie tylko zbędny tlen, ale i doprowadzany z nim w nadmiarze azot i to w stosunku objętościowym 79:21. Ilość powietrza potrzebna do spalania zależy od składu paliwa oraz od warunków spalania, w każdym razie, doprowadzić należy powietrza L więcej, niż teoretycznie do reakcji potrzeba L_t i to w pewnym stosunku, który nazywamy współczynnikiem nadmiaru powietrza:

$$\lambda = \frac{L}{L_t}$$

Przy współczynniku nadmiaru powietrza równym jedności, gdy cała ilość tlenu wejdzie w reakcję, tworząc bezwodnik węglowy, otrzymalibyśmy go w spalinach 21%, resztę stanowiłby azot. W miarę doprowadzania po-