

WITOLD PARYSIEWICZ

## WYSTĘPOWANIE I RODZAJE TAPAŃ

Streszczenie. Podano w pracy miejsca i warunki występowania tapani w Polsce i na świecie. Przeprowadzono podział tapani na stropowe, pokładowe i spągowe. W niniejszej pracy przeanalizowano przyczyny i mechanikę występowania tapani stropowych. W następnym artykule autor poda analizę przyczyn i mechanikę występowania tapani pokładowych i spagowych.

Tapania występują w skałach o pewnych właściwościach fizyczno-mechanicznych i petrograficznych.

W wyrobiskach w otoczeniu mocnych skał o dużej odkształcalności  $\epsilon$ , mniejszym module  $E$ , dużej wytrzymałości  $\sigma_z$ , to znaczy w skałach o zdolności akumulowania znacznych ilości energii, a następnie jej oddawania w krótkim czasie. Im krótszy czas oddania energii, tym większa moc tapania.

Możemy to zapisać następująco:

$$\frac{\text{energia obj.}}{\text{czas}} = \text{moc tapania}$$

przy czym, tylko pewna część energii akumulowanej w skale zużyta jest na wywołanie zjawiska tapania. Jest to w przybliżeniu energia objętościowa ciała.

Pod względem petrograficznym skały "tapiące" odznaczają się jednolitą budową i składem, przy czym są zwykle drobno krystaliczne lub drobno utworowe jak np. dolomity, kwarcyty, węgle durytowe lub łupki kennelskie.

### 1. Występowanie tapani w świecie poza Polską

Zjawiska tapani występują w górnictwie węglowym, rudnym, solnym i kamiennym. Najczęściej z tymi zjawiskami spotyka się górnik w górnictwie węglowym, najrzadziej w kamiennym. Na występowanie tapani przede wszystkim ma wpływ głębokość zalegania, a więc

wielkość działających ciśnień. Dlatego im kopalnia jest głębsza tym częstsze i gwałtowniejsze są zjawiska tapania.

Pierwsze zanotowane tąpnięcia miały miejsce w kopalni rudy w Derbyshire w Anglii w 1758 roku. W drugiej połowie ubiegłego wieku notowano tapania w Niemczech w kopalniach węgla w Zagłębiu Ruhry. W Polsce pierwsze zanotowane tąpnięcie wystąpiło w kopalni węgla w Zabrze w 1858 roku.

W miarę stałego zwiększania się głębokości kopalń, około 3,2 m rocznie w skali światowej, tapania stają się coraz częstsze i przybierają na mocy. Obecnie istnieje wiele rejonów i kopalń na świecie w których występują tapania.

W kopalniach węgla występują tapania:

ZSRR - w Zagłębiu Kizielewskim (Ural) i w Zagłębiu Kuźnieckim [1]

Czechosłowacja - w kopalniach w okolicy Przybrama [1],

Wielka Brytania - na niektórych kopalniach [5],

Kanada - bardzo wielkie tapania na kopalni Spring Hill (Nowa Szkocja),

USA - w południowo-zachodniej Wirginii w rejonie Gary,

Niemcy - Górna Bawaria kopalnia węgla smolistego lub pakowego,

Niemcy - kopalnia węgla brunatnego Hirschberg koło Grossalmeroda,

Niemcy - w Zagłębiu Ruhry,

Francja - w basenie Fuveau (Prowancja).

W kopalniach rud występują tapania:

Wielka Brytania - w wapieniu ołowionośnym na kopalni Derbyshire,

Południowa Afryka - Witwatersrand w kopalniach złota w kwarcytach, które przekraczają 3000 m głębokości [4],

India - kopalnie złota, żyły kwarcytowe w otoczeniu skał magmowych typu bazaltowego- zmetamorfizowane w krystaliczny łuppek hornblendowy. Kopalnie przekraczają 3600 m głębokości [3]

Australia - kopalnie złota w żyłach kwarcytowych,

Alpy - kopalnie cynku i ołowiu (Bleiberg-Kreuth) [14],

USA - miedzionośne konglomeraty w kopalniach nad Jeziorem Górnym.

W kopalniach soli występują tapania:

Francja - Alzacja - sole potasowe,

Niemcy - sól twarda i karnalit.

Poza tym notuje się tapania w kamieniołomach np. marmuru, dolomitu i b. rzadko bazaltu. Tapania występują również przy od-

kryciu skały po usunięciu piargu na wysokich stokach gór, podczas budowy zapór wodnych i przyczółków mostowych. Silne tapania występują podczas wykonywania tuneli i sztolni pod grzbieciami wysokich gór, na głębokości często kilku tysięcy metrów, w skałach bardzo mocnych jak np. granitach, gnejsach, łupkach krystalicznych itp.

Wszystkie tego rodzaju tapania zaliczamy do tapan górnictwa kamiennego. Ich przyczynami są wielkie głębokości (tunele) lub naprężenia pierwotne, występujące w skomplikowanej tektonice gór. Na przykład po usunięciu piargu działającego jako tłumiące i przeciwdziałające przykrycie, występowały bardzo silne tapania odprężające w górskiej odsłoniętej ścianie.

Ogólnie można stwierdzić, że tapania nawet na małych głębokościach mogą występować w skałach, które wskutek działania denudacji znalazły się nie głęboko pod powierzchnią ziemi lub w skałach zmetamorfizowanych np. kamieniołomy marmuru.

W świetle notowanych tapan do skał "tąpliwych" zaliczamy: węgiel, łupki, wapień, dolomit, konglomeraty, marmury, gnejsy, łupki krystaliczne, kwarciec, kwarcyt, porfir kwarcowy, niektóre rodzaje granitu, bazalt, sól twardą i karnalit.

## 2. Występowanie tapan w Polsce

W Polsce oprócz nielicznych przypadków odprężenia się ścian w kamieniołomach, tapania występują wyłącznie w kopalniach węgla kamiennego. Tapania występują w otoczeniu skał mocnych, a więc w pokładach o dużej wytrzymałości pod mocnymi i grubymi ławami piaskowców, dochodzących nawet do kilkuset metrów.

Tapania, tak pokładowe jak i stropowe występują przy wytrzymałych łupkowo piaszczystych spągach. A więc gdy wszystkie trzy rodzaje skał: stropowe, pokładowe i spągowe odznaczają się dużą wytrzymałością.

Główny Instytut Górnictwa w Katowicach od szeregu lat zbiera materiały dotyczące występowania tapan w Polsce. Wiele z tych materiałów zostało opublikowanych dzięki pracy zespołu z B. Neymanem na czele [8, 9, 10, 13].

Obecnie tapania prawie wyłącznie występują na obszarach północnej części Śląska, w którym to obszarze B. Neyman wyróżnia cztery rejony tapan, a mianowicie:

- rejon głębokiej niecki kazimierzowskiej,
- pas kopalń położonych na południowym stoku głównej niecki górnośląskiej,
- zachodnia część niecki bytomskiej i
- rejon siodła głównego.

Wyszczególnione obszary charakteryzują się grubymi i mocnymi pokładami grupy dolno-rudzkiej i siodłowej, zwięzłymi piaskowcami stropowymi oraz pierwotnymi naprężeniami występującymi w nieckach. Notowano również występowanie tapani w niektórych pokładach grupy brzeźnej.

W tablicy 1 zestawione są tapania za okres 13 lat. Chociaż tak liczba tapani jak i liczba kopalni w których występują tapania w tym okresie maleje, to jednak należy się liczyć z coraz większą liczbą tapani w przyszłości w miarę schodzenia na coraz niższe poziomy tak w czynnych jak i nowo budowanych kopalniach.

Bardzo ciekawe wyniki otrzymał B. Neyman wyprowadzając zależność liczby tapani od systemów eksploatacji względnie kształtu wyrobisk. Ilustruje to tablica 2.

Jak wynika ze statystyki największa liczba tapani przypada na wyrobiska chodnikowe (wąskie) i tak:

- 1) w chodnikach związanych z filarówymi systemami eksploatacji zanotowano ponad 58% wszystkich tapani z widocznymi skutkami,
- 2) w chodnikach związanych ze ścianowymi systemami eksploatacji ponad 15%,
- 3) w zabierkach ponad 10%,
- 4) w ścianach ponad 10%.

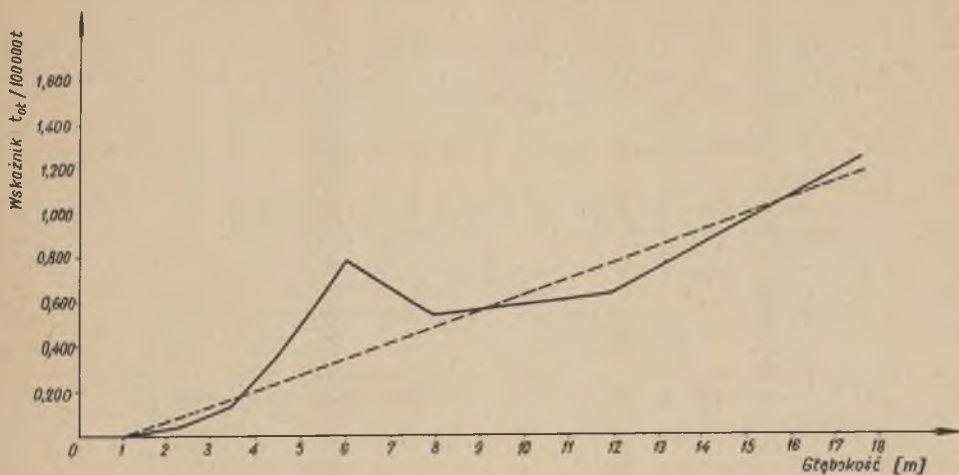
Pozostałe 6% tapani zanotowano na przekopach i specjalnych systemach eksploatacji.

Na liczbę tapani duży wpływ ma grubość pokładów co obrazuje rys. 1. Odchylenie od pewnej idealnej prostej wzrostu liczby tapani w przedziale 4-7 m grubości pokładów tłumaczy B. Neyman wybieraniem pokładów na całą grubość systemami zabierkowymi przy których występują tapania zarówno w chodnikach jak i na zabierkach. Autorowi wydaje się, że nieprawidłowość na wykresie jest wynikiem stosunku wybierania pierwszej warstwy, w której występują tapania, do całej grubości pokładu.

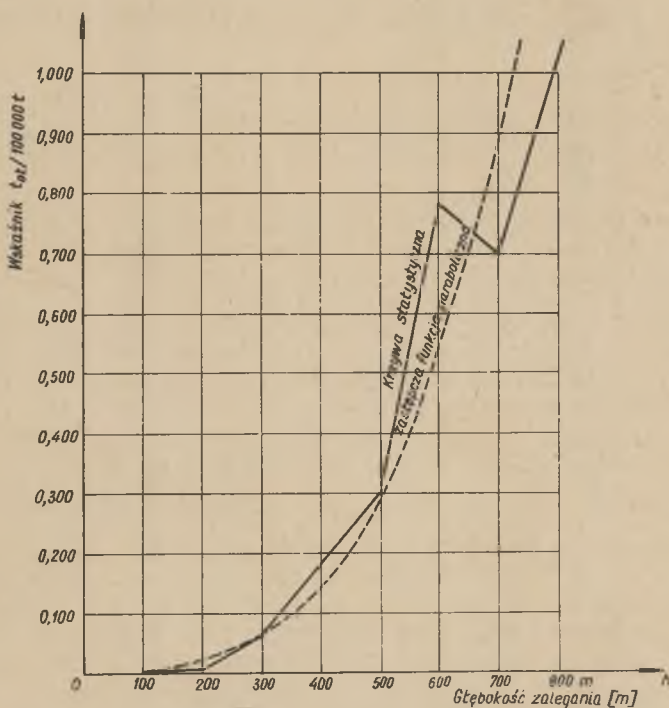
Przy grubości pokładu 4-7 m dzieli się go zwykle na dwie warstwy - przeważnie równej grubości. Powyżej 6-7 m pokłady dzielimy na 3 warstwy (tapię tylko w pierwszej). W celu ograniczenia ilości tapani należy dla danych warunków dobrąć właściwy stosunek grubości pierwszej warstwy do grubości całego pokładu.

Z wykresu (rys. 2) można sądzić, że wzrost liczby tapani zależy również od głębokości wybierania i przebiega według pewnej krzywej pochodzącej z rodziny parabol o ogólnym równaniu

$$t_{ot} = a \cdot h^c$$



Rys.1. Zależność występowania tapan od grubości pokładów za lata 1950-1961 (wg Neymana GIG)



Rys.2. Zależność występowania tapan od głębokości eksploatacji za lata 1950-1961 (wg Neymana GIG)

Tablica 1

Lp.	Rok	T a p a n i a			S k u t k i				Liczba kopalń tąpiących	Wskaźnik tępai z widocznymi skutkami na 100.000 t wydobycia		
		wszystkie	z widocznym skutkiem	bez widocznych skutków	wypadki		wyrzyska			t <sub>gł</sub>	t <sub>ot</sub>	t <sub>kt</sub>
					kat. I	kat. II-V	zawalone m	uszkodzone m				
1	1949	506	350	156	22	161	3.364	10.314	29	0,51	0,64	0,85
2	1950	426	365	61	19	135	3.909	12.483	26	0,49	0,59	0,84
3	1951	288	249	39	12	145	2.284	9.316	28	0,32	0,41	0,54
4	1952	244	186	58	22	89	4.176	9.546	27	0,23	0,29	0,29
5	1953	162	138	24	17	76	2.202	3.988	23	0,16	0,21	0,39
6	1954	243	200	43	20	137	3.378	7.303	24	0,23	0,31	0,50
7	1955	226	209	17	37	77	2.923	5.416	28	0,24	0,31	0,50
8	1956	181	132	49	11	36	1.567	4.597	23	0,14	0,20	0,37
9	1957	109	87	22	4	60	1.645	3.285	22	0,10	0,14	0,26
10	1958	173	139	34	11	61	2.384	5.369	22	0,15	0,21	0,42
11	1959	113	102	11	9	28	1.674	2.841	21	0,10	0,15	0,31
12	1960	113	106	7	1	34	1.574	3.929	18	0,10	0,14	0,37
13	1961	167	127	40	10	71	1.565	4.055	18	0,12	0,17	0,39
S-a	13 lat	2.951	2.390	561	204	1.110	32.644	82.442				

Uwaga: t<sub>gł</sub> - wskaźnik przeliczony na tony wydobycia węgla z Górnego Śląska,

t<sub>ot</sub> - wskaźnik przeliczony na tony wydobycia węgla z obszarów w których występują tąpnięcia (GOP),

t<sub>kt</sub> - wskaźnik przeliczony na tony wydobycia tylko z kopalń, w których występowały tąpnięcia w danym roku,

(Wg GIG Neyman).

Tablica 2

Rok	Liczba tapani II i III	System ścianowy				Suma	Systemy filarowe i długich zabierek				Suma	Inne systemy ekspl.	Prze-kopy
		z podsadzką		bez podsadzki			z podsadzką piynna		bez podsadzki				
		ściana-ny	chod-niki	ściana-ny	chod-niki		filary	chod-niki	filary	chod-niki			
1949	350	14	9	11	13	47	28	203	11	56	298	4	1
1950	365	5	23	2	9	39	30	238	6	51	325	-	1
1951	249	3	24	-	5	32	22	160	1	30	213	1	3
1952	186	8	19	3	4	34	24	78	2	29	133	4	15
1953	138	17	22	-	1	40	17	47	2	21	87	1	10
1954	200	19	27	1	4	51	18	100	1	28	147	-	2
1955	209	10	33	-	3	46	15	75	18	50	158	-	5
1956	132	13	30	-	1	44	10	62	-	13	85	1	2
1957	87	18	18	-	1	37	7	34	2	2	45	3	2
1958	139	29	50	2	3	84	8	34	1	-	43	1	11
1959	102	15	24	7	5	51	9	29	1	1	40	-	11
1960	106	32	24	4	1	61	5	30	-	3	38	3	4
1961	127	34	39	-	1	74	12	14	1	13	40	5	8
Suma	2.390	217	342	30	51	640	205	1.104	46	297	1.652	23	75

(Wg GIG Neyman)

gdzie a i c są pewnymi stałymi zależnymi od budowy geologicznej złoża i układu stratygraficznego warstw, systemów wybierania i sposobów kierowania stropem.

Ponieważ głębokość wybierania stale wzrasta, dlatego należy się liczyć z coraz większą liczbą i mocą tapan w przyszłości na nowo otwieranych poziomach. Aby tego uniknąć muszą być bezwzględnie stosowane prawa i przepisy eksploatacji w warunkach tąpnięć, jak również stale opracowywane na podstawie teorii i praktycznych obserwacji nowe sposoby i systemy wybierania.

### 3. Przejawy tapan

Tapania w kopalni występują z reguły jako nagłe zruszenie skał w kierunku wyrobiska. Energia zruszenia jest często tak znaczna, że żadna obudowa nie zabezpiecza wyrobiska przed jego zniszczeniem. W zależności od budowy pokładu, zruszone okruchy skalne mogą być różnej wielkości, od zupełnie drobnych paromilimetrowych do kęsów o wymiarach ponad 300 mm. A nawet były wypadki przesunięcia do wyrobiska całego pokładu z częściowym tylko rozpadem. Zruszeniu skały towarzyszy zawsze głośny huk, a potem trzaski obudowy i dalsze huki pękających skał w pokładzie i często w stropie. Nieraz potrzeba kilku godzin do całkowitego uspokojenia górotworu. Wielkim tąpnięciom, zwłaszcza stropowym, towarzyszy z reguły silny podmuch powietrza niszczący tamy wentylacyjne, a nawet przewracający wozy z urobkiem. Podmuch powietrza powoduje niejednokrotnie wypadki u ludzi.

Autor, podczas swojej praktyki zauważył, że niektórym tapaniom towarzyszyły zjawiska świetlne. Nie można twierdzić, czy są to zjawiska cieplne czy elektryczne. Występowanie i jednych i drugich na skutek tarcia skał może mieć swoje uzasadnienie. Zjawiska tapan występują również jako nagłe wypiętrzania spągu z pęknięciami w osi wyrobiska korytarzowego lub rzadziej na jego ociosie. Nagłe wypiętrzenie spągu powoduje translokacje, a nieraz zniszczenie urządzeń transportowych. Wypiętrzenia spągu o charakterze uderzeniowym są niejednokrotnie przyczynami wypadków ludzi w postaci np. łamania nóg, podstawy czaszki - wskutek uderzenia głową w strop lub obudowę.

Tapania połączone są w kopalniach gazowych z silnymi wpływami lub nawet wyrzutami gazów ( $\text{CH}_4$  i  $\text{CO}_2$ ). O związku między tapaniami i wyrzutami gazów i węgla wspomina np. W. Budryk [2]. Holland [5] podaje, że w Zagłębiu Crow's Nest Pass w Brytyjskiej Kolumbii miało miejsce tąpnięcie podczas którego wydzieiliło się około 55.000 m<sup>3</sup> metanu. Bywają tąpnięcia z wyrzutami węgla dochodzącymi do 5.000 t i gazu do kilkuset tysięcy metrów sześciennych. Katastrofy tego rzędu powodują zatrzymanie ruchu kopalni na szereg tygodni, a nawet miesięcy.



Wydzielane gazy działają dusząco, a rozdrobniony na pył węgiel wypełnia szczelnie setki metrów wyrobisk chodnikowych. Pęknięcia mocnych i grubych ławic stropowych powodują nie tylko tąpnięcia w wyrobiskach, ale również wstrząsy na dole i powierzchni. Znane są silne wstrząsy, które nie powodując tąpnięć na dole obejmowały swym zasięgiem polskie zagłębie, a nawet były notowane przez odległe zagraniczne stacje sejsmiczne jak Praga, Paryż, Zurich itd.

Zwykle jednak, co uzasadniono w rozdziale o tąpnięciach stropowych (rozdz. 4), pęknięcia stropu powodują zarówno tąpnięcia na dole jak i wstrząsy na powierzchni. Znane są wstrząsy o niebywalej sile na powierzchni. W promieniu 0,5 km od epicentrum nateżenie wynosiło 6 wg skali Mercalii-Cancani-Sieberg to znaczy "silne". Ludzie opuszczali w panice swoje mieszkania, obrazy spadały ze ścian i następowały przesunięcia mebli. Występowały drobne rysy w budynkach. W budynkach z błędami konstrukcyjnymi, występowały nawet poważne uszkodzenia. Przy wielkich pęknięciach stropu, obserwuje się zwykle powstałe głębokie rysy i pęknięcia ziemi, a nawet progi, wdarcie wód powierzchniowych do kopalni, uszkodzenie torów kolejowych itp.

Znane są wstrząsy na powierzchni, których czas wystąpienia zgadzał się co do sekundy z silnymi tąpnięciami na kilku kopalniach, oddalonych od siebie nawet o 10 km.

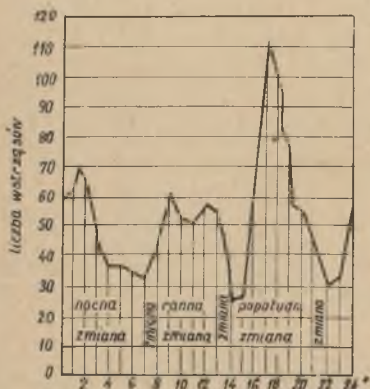
Najsilniejsze wstrząsy równoczesne z tąpnięciami na dole miały nateżenie  $7/8$  wg skali M-C-S to znaczny "bardzo silne" i "niszczące". Budynki leżące nad epicentrum uległy od fundamentów aż pod dach pionowym spękaniem. Około 25% budynków uległo bardzo poważnym uszkodzeniom.

Statystyka wykazuje, że większa część tąpnięć, nawet dość silnych, powoduje bardzo małe oddziaływanie na występowanie wstrząsów wyczuwalnych na powierzchni. Z drugiej strony wiele, nawet silnych wstrząsów na powierzchni nie zostało nawet odczuty na dole.

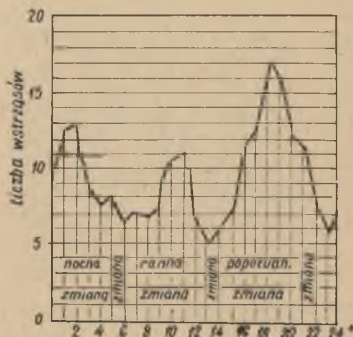
Ażeby rozróżnić wstrząsy od tąpnięć poniżej scharakteryzowano te pojęcia:

- 1) tąpnięcia pokładowe nie są najczęściej odczuwalne na powierzchni,
- 2) tąpnięcia stropowe przeważnie są odczuwalne na powierzchni jako wstrząsy,
- 3) pęknięcia stropu nie przebiegające nad wybieraną częścią pokładów nie wywołują tąpnięć, ale mogą wywołać nawet silne wstrząsy na powierzchni,
- 4) wstrząsy, możliwie tektonicznego pochodzenia lub wywołane wieloletnią eksploatacją, mogą wywołać refleksowe tąpnięcia w pokładach w kilku punktach naraz na kopalni lub na kilku kopalniach.

Rozważając zagadnienie tępań dotychczas uzależnia się je od pęknięcia grubych warstw mocnego i zwięzłego stropu. Autor uważa, że po wybraniu pokładu lub pokładów na wielkiej powierzchni i dużej głębokości, mogą nastąpić odprężające tąpnięcia nawet grubych warstw spągowych. Ich pęknięcia mogą spowodować również katastrofalne skutki jak pęknięcia stropu. Do tej hipotezy powrócimy przy opisie tępań spągowych. W każdym razie stacje sejsmiczne notowały głębokość wstrząsów 1000-2000 m, a więc głębiej niż eksploatacja (400-800 m), natomiast płycej aby móc zaliczyć te wstrząsy do typowych tektonicznych trzęsień ziemi. Niektórzy badacze łączą nasilenie występowania tępań i wstrząsów z porą dnia rys. 3 i 4.



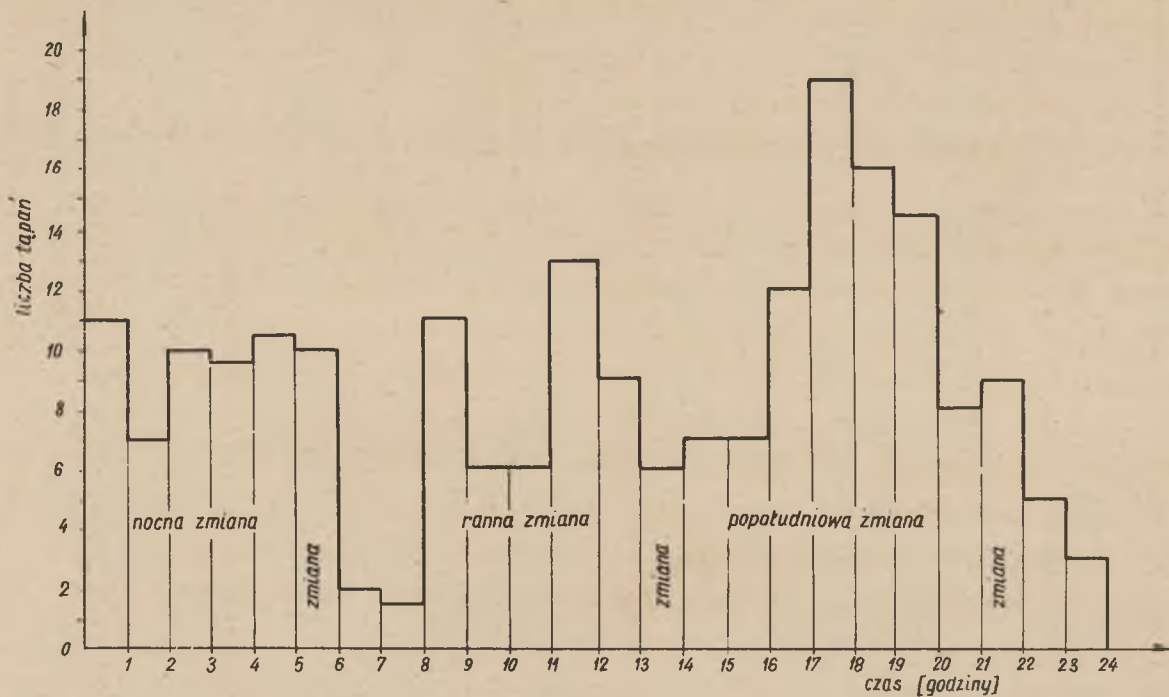
Rys. 3. Mikrosejsmicznymi badaniami ustalone wstrząsy górotworu 1935-1939 r. Zagł. 25hra)



Rys. 4. Mikrosejsmicznie ustalone wstrząsy górotworu 1927-1933 r. G. Śląsk (wg Rellensmanna)

Największe nasilenie tępań występuje w godzinach 17-18, co obserwował autor z K. Pietrzykiem przez szereg lat na kopalni "Wujek" rys. 5.

Inni znów łączą możliwość występowania wstrząsów i tępań ze zniżką ciśnienia barometrycznego. Obserwacje nad wpływem wielkości i zwrotu ciśnienia barometrycznego na wstrząsy i tąpnięcia przeprowadzał autor z A. Gałązką na kopalni "Wujek" w ciągu czterech lat 1945-1949. Wydaje się, że istnieje pewien związek między częstotliwością występowania tępań, a wielkością i zwrotem ciśnienia barometrycznego. Mianowicie większa liczba tępań występuje w trakcie zniżki barometrycznej. W każdym razie uważam, że powinny być przeprowadzone dalej badania nad częstotliwością występowania tępań zależną od pory roku (obserwacje wskazują największe nasilenie w I kwartale), pory dnia, położenia księżyca w stosunku do ziemi i słońca oraz stanu barometrycznego.



Rys.5. Liczba tapani w zależności od pory dnia i zmiany 1.I.1947 - 7.V.1963 r.  
218 tapani kop. Wujek (wg Parysiewicza)

#### 4. Rodzaje tapani występujących w kopalniach

Tapania występujące w złożach pokładowych<sup>x)</sup> dzielimy na trzy rodzaje:

- 1) tapania stropowe,
- 2) tapania pokładowe,
- 3) tapania spągowe.

W zasadzie nagłe zruszanie skał do wyrobiska następuje z ociosów pokładu lub ze spągu. Bardzo rzadko zdarzają się właściwe tapania stropu, kiedy zruszony strop nagłe zostaje z siłą zrzucony do wyrobiska. Aby mogło wystąpić typowe tąpnięcie stropu, analogiczne do tąpnięcia spągu, pokład musi być bardziej wytrzymały niż strop, a strop winien posiadać właściwości akumulowania energii przy dużej odkształcalności i małej wartości modułu Younga  $E$ .

Taki warunek można czasem spotkać w grubych pokładach węgla o ławach różnej wytrzymałości. Na jednej z kopalń autor był kilkakrotnie świadkiem typowych tąpnięć stropu węglowego przy eksploatacji na warstwy. Strop nagłe zruszony w drobne odłamy z dużą siłą "wrzucony" został do wyrobiska ścianowego, przy czym nie zauważono wyraźnego odrzutu ociosów ani wypiętrzenia spągu.

Naturalnie, że tego rodzaju zjawiska nie należy utożsamiać z normalnym zawałem lub nawet z zawałem stropu, jaki się zdarza czasem po silnym tąpnięciu ociosów lub nawet po pęknięciu stropu. Opisane zjawisko jest tąpnięciem naprężeniowym wyzwolonej energii nagromadzonej w ławie stropowej wyrobiska.

Jednak do kategorii tapani stropowych zaliczać będziemy również zjawiska tapani w pokładzie, a często i w spągu na skutek pęknięć grubych warstw mocnego stropu. W skałach jednorodnych tąpnięcia stropowe mogą wystąpić w wyrobiskach łącznie z tąpnięciami ociosów i spągu. Całe wyrobisko zostaje naraz wypiętrzone ze wszystkich stron skałą. Takiego rodzaju tapania zdarzają się na bardzo głębokich kopalniach rud lub soli.

A więc tapania, to jest nagły odrzut ociosów, rzadko stropu, nagłe wypiętrzenie stropu lub łącznie występujące zjawiska, są skutkiem przekroczenia wytrzymałości skał, przy dużej zdolności akumulacji energii sprężystości. Natomiast przyczyną może być pęknięcie stropu i przekroczenie wytrzymałości, lub też tylko przekroczenie wytrzymałości skał. Odpowiednio będą to tapania stropowe lub naprężeniowe. Tak jedne jak i drugie mogą więc występować w stropie wyrobiska, w ociosach lub spągu.

<sup>x)</sup> Tapania w złożach jednorodnych skał, opisane są jako szczególne przypadki tapani w złożach pokładowych.

#### 4. Tapania stropowe

Do tapani stropowych zaliczamy:

- 1) właściwe tapnięcie stropu (naprężeniowe),
- 2) skutki pęknięcia mocnych warstw stropowych objawiające się tapnięciami stropu, ociosów, spągu lub odpowiednio występującymi zjawiskami łącznie,
- 3) nagłe rozgniecenie przez sztywne warstwy stropowe filarów pozostawionych podczas eksploatacji. W zależności od właściwości skał we filarach, rozgniecenia mogą nastąpić z objawami tapani ich ociosów, często i spągu lub bez objawów tapani.

ad 1) Jak już zauważyliśmy we wstępie do rozdziału 3 właściwe tapnięcia stropu ze zruszeniem i wyrzutem stropu do wyrobiska, zdarzają się rzadko. Oprócz ciśnienia pionowego musi istnieć silnie działające ciśnienie boczne. Dlatego tapnięcia te zdarzają się w wyrobiskach wąskich: na chodnikach, zabierkach lub na ścianach, ale tylko przy ich rozruchu.

ad 2) Istnieje szereg teorii i tłumaczeń sposobów zadziałania pękającego stropu na pokład w którym może nastąpić tapnięcie, połączone czasami z tapnięciami spągu.

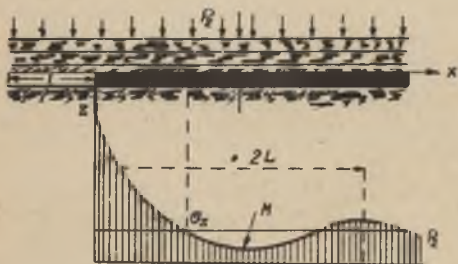
Przeprowadzimy próbę usystematyzowania czynników fizyczno-mechanicznych mających znaczenie dla wywołania tapnięcia w pokładzie i ewentualnie spągu przy pęknięciu stropu. Nie analizując chwilowo mechanizmu przeniesienia energii pęknięcia stropu na pokład, stwierdzić należy, że aby zaistniało zjawisko tapnięcia:

- 1) energia pęknięcia musi być wystarczająco wielka,
- 2) obszar zadziałania energii pęknięcia musi się znaleźć w bliskości lub nad wyrobiskiem,
- 3) pokład lub spąg jest tapliwy, to znaczy ma właściwości nagłego zakumulowania energii sprężystej, jak również nagłego jej oddania w postaci energii kinetycznej zruszonych odłamków skalnych w kierunku wyrobiska.

Aby energia pęknięcia stropu była wystarczająco wielka, strop powinien odpowiadać pewnym warunkom, a mianowicie: musi być odpowiednio gruby, wytrzymały, posiadać również właściwości akumulowania energii sprężystej, posiadać budowę monolityczną, to znaczy o słabo wykształconych płaszczyznach podzielności. Natomiast płaszczyzny uławiczenia, jak autor zaobserwował, nie mają tak wielkiego wpływu na wielkość energii pęknięcia stropu jak płaszczyzny kłupności.

Holland [5] twierdzi, że uławicony strop rozciąga się nad wyrobiskiem działając jak szereg dźwigarów lub płyt położonych na sobie. Tego rodzaju konstrukcje "resorowe" stwarzają wielkie naprężenia w okolicach podpór i powodują zmniejszenie naprężeń poza okolicami podpór. Należy przypuszczać, że pęknięcia obejmują szereg warstw uławiczenia, niekoniecznie jed-

nak na całą grubość stropu zasadniczego. Pęknięcia wyższych warstw stropu, poza linią wyrobisk i w kierunku wybranego, należy tłumaczyć występowaniem wstrząsów na dole i na powierzchni bez zjawiska tąpnięć. Strop zasadniczy nie musi znajdować się bezpośrednio nad pokładem, jak to przyjęto w dalszych rozważaniach w celu łatwiejszego wytłumaczenia zachodzących zjawisk. Znański słusznie zauważa, że zadziaływanie pękającego stropu na pokład, jak twierdzą niektórzy badacze [6, 10] nie ma charakteru udaru (uderzenia), gdyż warstwy górotworu przylegają w rzeczywistości do siebie i ich niezależne uginanie się jest skrępowane warstwami sąsiednimi. Natomiast, co wynika zresztą z teorii fali ciśnienia, mamy do czynienia ze zmiennymi wartościami ciśnienia stropu na pokład w zależności od różnych miejsc w poprzek strefy eksploatacyjnej rys. 6.



Rys. 6. Rozkład naprężeń w pokładzie podług teorii fali ciśnienia (wg Budryka)

6) wynika, że strop jest w różnym stopniu "zawieszony" nad pokładem". Najsilniejsze "zawieszenie" stropu występuje w punkcie M, gdzie ciśnienie na pokład jest nawet mniejsze od ciśnienia pierwotnego  $p_z$ .

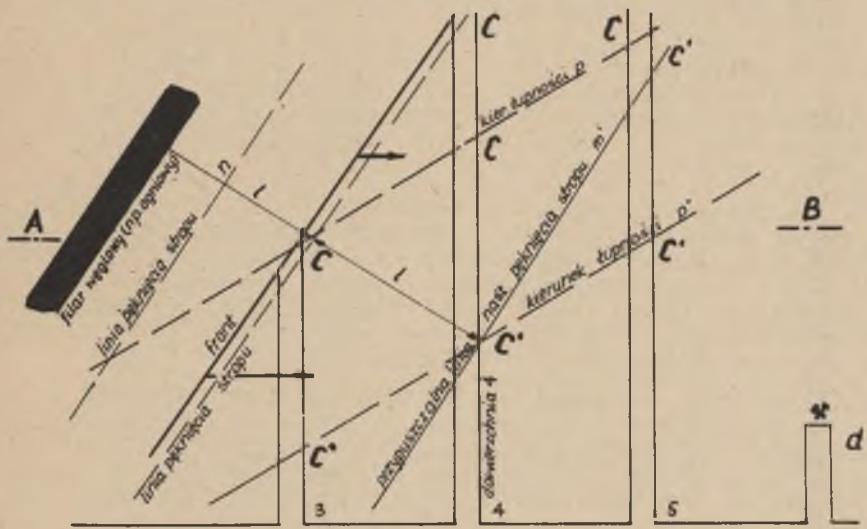
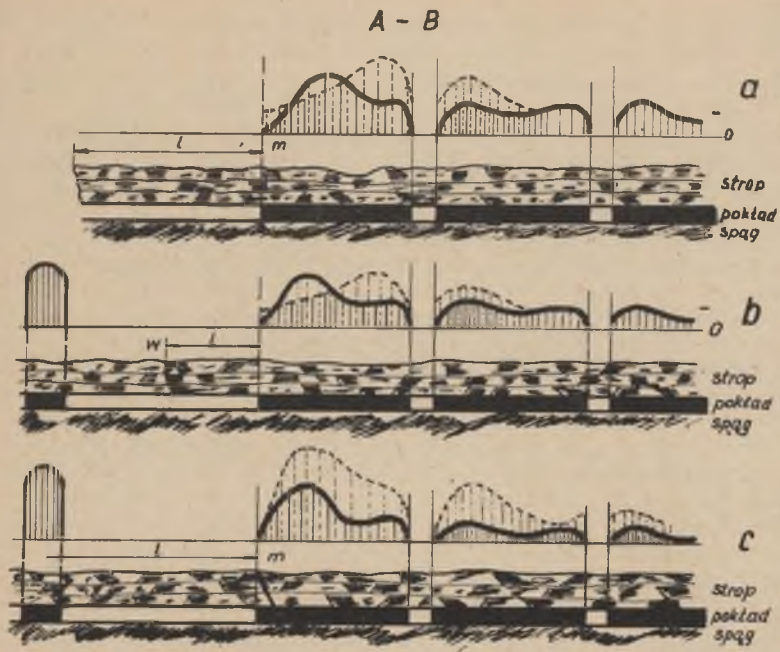
W zależności od przebiegu linii pęknięcia stropu, w stosunku do krzywej rozkładu naprężeń, różna będzie bezwzględna wartość energii nagłego zaciężenia stropu na pokład. Zwykle tąpnięcia stropowe niszczą wyrobiska chodnikowe - przygotowawcze, prowadzone przed posuwającym się frontem eksploatacji.

Powyższe rozważania pozwalają na wyróżnienie trzech rodzajów odmian tąpnięć stropowych na skutek pęknięć mocnego stropu akumulującego znaczne ilości potencjonalnej energii sprężystości (rys. 7):

- tąpnięcia na skutek pęknięcia wspornika o długości wzdłuż linii m (rys. 7a),
- tąpnięcia na skutek pęknięcia wzdłuż linii n płyty stropu opartego na caliźnie i na pozostawionym filarze, pniałku, wyspie itp. (rys. 7b),

A więc w przypadku pęknięcia stropu może zadziałać na pokład znane ze stereomechaniki dynamiczne obciążenie nagłego przyłożenia [7]. Obciążenie takie ma miejsce gdy np. zawieszony ciężar przylega szczelnie do ciała i nagle zostanie zwolniony z zawieszenia, równocześnie wywierając nacisk na ciało do którego przylegał. A więc wysokość wolnego spadku ciała równa jest zero. Obliczono, że w takim przypadku odkształcenie dynamiczne będzie dwa razy większe od siły statycznej, wynikającej z ciężaru zawieszenia [7]

Z wykresu krzywej naprężeń (rys



Rys. 7. Naprężenia przed i po pęknięciu mocnego stropu  
 — linie naprężenia przed pęknięciem stropu, - - linie naprężenia natychmiast po pęknięciu stropu — — — — — kierunek ruchu fałli ciśnienia, C - miejsca szczególnie zagrożone tapaniami

- tąpnięcia na skutek nagłego rozgniecenia filaru i pęknięcia długiego wspornika wzdłuż linii  $m$  (rys. 7c).

Na rys. 7 przyjęliśmy, że linia załamania stropu jest równoległa do linii frontu. Tymczasem pęknięcia stropu zasadniczego mają tendencję przebiegać równoległe do głównych kierunków łupności np. według linii  $p$ . Wówczas bezpośrednie zadziaływanie pękającego stropu może się przenieść w głąb calizny nad punkty  $C$  - przecięcia się powierzchni z linią pęknięcia wzdłuż kierunku łupności. Obserwowano przy tym, że raz zapoczątkowane pęknięcie stropu rozszerza się okresowo w miarę posuwu frontu eksploatacji. Zastanowić się należy jakim zmianom ulegną wielkości naprężeń przed pęknięciem stropu (na rysunku zaznaczono ciągłą linią) po jego pęknięciu (linia przerywana). Autor stawia następującą hipotezę. Rozkład naprężeń w strefie eksploatacyjnej przebiega według zanikającej krzywej falistej. Wobec tego przy nagłym pęknięciu stropu nastąpi faliste i tłumione jego zadrganie w stronę calizny. Podobnie, tylko z przeciwnie skierowaną rzędną w każdym miejscu i czasie przebiega fala wartości naprężeń  $\sigma_z$  w pokładzie. Przebiegająca fala naprężeń może spowodować tąpnięcia w osłabionych wyrobiskami miejscach pokładu. Urban [15] obserwował pęknięcia piaskowców nad niewybranymi filarami w zmiennej odległości od frontu eksploatacji.

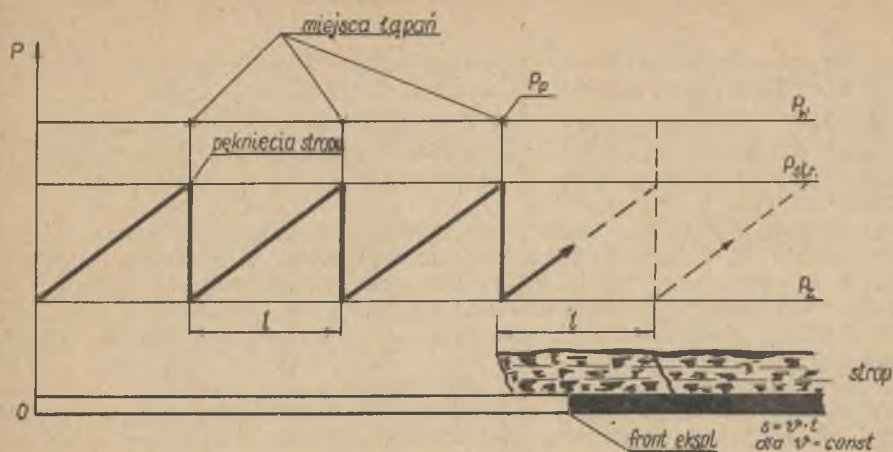
Maksymalna wartość dynamicznego obciążenia nagłego przyłożenia pękniętego stropu do pokładu przesunie się wraz z falą zadrgania stropu w głąb calizny. Na rys. 7 pokazać można tylko momentalny wykres naprężeń bezpośrednio po pęknięciu stropu i kierunek przesunięcia się fali. Jak z rys. 7 wynika największe, a zatem najgroźniejsze ciśnienia występują w przypadku (c) rozgniecenia filaru, następnie mniejsze lecz jeszcze groźne przy załamaniu się wspornika (a), najmniej groźne przy pęknięciu płyty bez rozgniecenia filaru (b).

W zależności od grubości i wytrzymałości stropu zasadniczego, różne mogą być długości wsporników między poszczególnymi pęknięciami. W warunkach śląskich, na niektórych kopalniach, odległości linii poszczególnych pęknięć dochodzą, a nawet przekraczają 100 m. Przeciętnie odległości te wynoszą 60-80 m. Przy równomiernym postępie frontu eksploatacji mamy do czynienia ze zjawiskiem okresowych tępnięć [12].

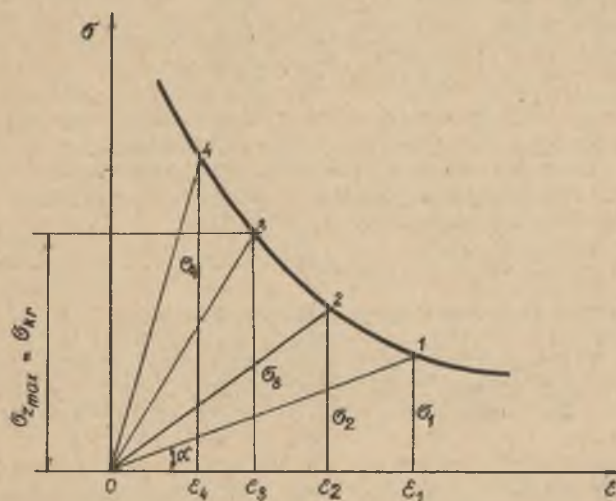
Schemat rys. 8 tłumaczy okresowe pęknięcia piaskowca i okresowe tąpnięcia. Front eksploatacyjny przesuwa się z jednakową prędkością. Naprężenia w stropie wzrastają do wielkości  $p$  przy których następuje okresowe załamanie stropu o długości wspornika  $l$ . Po pęknięciu stropu następuje jego nagłe zadziaływanie na pokład. Naprężenia raptownie wzrastają i w pewnych punktach w sąsiedztwie wyrobisk wzdłuż linii pęknięcia stropu występują tąpnięcia.

W przypadkach tępnięć pokładowych (naprężeniowych) nie obserwuje się takiej regularności występowania jak w przypadkach tępnięć stropowych. Najgroźniejsze skutki tępnięć stropowych wy-





Rys.8. Okresowe tapania stropowe (wg Parysiewicza)



Rys.9. Zależność naprężeń i odkształceń dla różnych prędkości obciążenia (wg Filoka)

stępują, gdy grube ławy mocnego stropu zalegają bezpośrednio nad pokładem.

Pęknięcia stropu wyzwalają tak wielką energię sprężystą, że bardzo często są przyczyną wstrząsów górotworu, które notowane są na obszarach nie tylko Śląska, ale nawet dlatego poza granicami Kraju.

Z wykresu (rys. 9) widać zależności między prędkością obciążenia, wielkością naprężeń, wytrzymałością i mocą tąpnięcia. Im dynamiczne obciążenie przyłożenia stropu na pokład zadziała z większą prędkością i z większą energią, tym tąpnięcie będzie miało gwałtowniejszy przebieg przy coraz większej mocy co potwierdza praktyka.

Przy grubych, mocnych, drobnoziarnistych piaskowcach stropowych, mających właściwości dużej akumulacji energii sprężystej (duża wartość  $\epsilon$ , mała wartość  $E$ ), tąpnięcia wywołane ich pęknięciem mają niezwykle ostry przebieg. Nagłe zadziaływanie "podnosi"<sup>x)</sup> nie tylko chwilową wytrzymałość pokładu, ale również jego kruchość, co przejawia się w gwałtownym przebiegu zjawiska tąpnięcia. Np. stal, która jest ciałem sprężysto-plastycznym na skutek nagłego obciążenia pęka wykazując własności materiału kruchego (Huber).

Tym tłumaczy się przy wielkich i nagłych pęknięciach stropu, że pokłady uchodzące za nietłapliwe, o małej wytrzymałości i niejednorodnej budowie makro-petrograficznej, tapiają często w gwałtowny i katastrofalny sposób. Dlatego pod grubymi ławami mocnego stropu, przy jego pęknięciu, zawsze można się spodziewać tąpnięcia w pokładzie lub w pokładzie i spągu.

Tąpnięcia wywołane pęknięciami stropu są najbardziej niebezpieczne i mają najgwałtowniejszy przebieg ze wszystkich ich rodzajów. Ich niebezpieczeństwo polega również na zaskoczeniu, gdyż normalnie nie obserwuje się zjawisk poprzedzających, jak zwiększone ciśnienia, zmiany w strukturze ociosów, wyciskanie spągu w dużych płytach itp. Natomiast znając kierunki łupliwości wzdłuż których następują okresowe pęknięcia stropu, odległości od jednego załamania do następnego i sieć wyrobisk, można z dużym prawdopodobieństwem określić miejsce i czas w którym należy się spodziewać tąpnięcia.

Ilustruje to rys. 7 na którym naniesiono przypuszczalną linię następnego pęknięcia stropu  $m'$  lub  $p'$  w odległości  $l$  od poprzedniego oraz przewidywane miejsca tępnięć  $C'$ .

Tak więc tąpnięcia stropowe zaliczymy do tępnięć okresowych. Tąpnięcia, na skutek odrzutów ociosów w stronę wyrobiska powodują zniszczenie obudowy, zawały i nieszczęśliwe wypadki z ludźmi.

x) Autor użył słowa "podnosi" dla lepszego zobrazowania zjawisk. W rzeczywistości własności ciała, jak wytrzymałość lub kruchość nie ulegają zmianom i są dla każdego ciała stałe.

Na skutek pęknięcia stropu bardzo często łącznie z tąpnięciem pokładu występuje tąpnięcie spągu. Nim pokład tąpnie po załamaniu się stropu, następuje w nim nagłe zwiększenie naprężeń  $\sigma_z$ , które przenoszą się na spąg. I tu znów mamy do czynienia z "podniesieniem" się wytrzymałości i kruchości spągu. Jeżeli przy tym spąg jest silnie odkształcalny przy małym module  $E$ , to w przypadku przekroczenia wytrzymałości nastąpi niezwykle gwałtowne jego wypiętrzenie niszczące obudowę, a często powodujące nieszczęśliwe wypadki z ludźmi.

Załamania stropu powodować mogą również wystąpienie tak tąpnięcia ociosów jak i tąpnięcia spągu.

ad 3). W górnictwie rudnym, a zwłaszcza solnym, rzadziej węglowym spotkać się można ze zjawiskami nagłego rozgniecenia filarów, względnie pniaków, jako pozostałości po komorowych systemach wybierania.

Wielkie powierzchnie stropu spoczywają na pozostawionych filarach względnie słupach mających za zadanie nie dopuścić do jego zawalenia. Na skutek fałszywego obliczenia wytrzymałości tych podpór lub też nagłego pęknięcia stropu i zadziałania jego na podpory lub wreszcie skutkiem wstrząsu tektonicznego, następuje nagłe ich zniszczenie.

W zależności od właściwości fizykomechanicznych skał w filarach lub słupach rozgniecenie ich może być połączone ze zjawiskiem tąpnięcia lub nie. W jednym i drugim przypadku fizyczne skutki rozgniecenia są katastrofalne. Następuje zniszczenie nie tylko podpór w wybranym, ale również czynnych robót znajdujących się nawet w znacznym oddaleniu (do 100 m) od frontu. Jeszcze gorsze skutki występują kiedy dwa fronty eksploatacyjne zbliżają się do siebie, przy pozostawieniu z obu stron w wybranym wyrobisku podpór mających utrzymywać strop. W takim przypadku może nastąpić odcięcie załogi czasem bez możliwości ratunku. Na skutek pęknięcia stropu następuje ogromny wstrząs w górotworze i na powierzchni, niszczący wyrobiska, a na powierzchni obiekty.

Nagły zawał i obniżenie się stropu powodują podmuch powietrza o ogromnej sile. Przy efektach tąpnięcia dodatkowo zostają wyrzucone ociosy do wyrobisk, a często występuje nagłe tąpnięcie i wypiętrzenie spągu.

Charakterystyczny jest fakt, że rozgniecenie podpór następuje dopiero po wybraniu dużej powierzchni, często nawet kilku kilometrów kwadratowych, kiedy w zasadzie nie powinno już wzrastać ciśnienie eksploatacyjne na krawędziach frontu, ani ciśnienie wewnątrz wybranego, na podpory.

Pęknięcie stropu należy tłumaczyć nierównomierną podpornością i nierównomiernym rozmieszczeniem filarów względnie pniaków w wybranym połu.

Poza tym w warstwach stropowych przebiegają płaszczyzny osłabionej wytrzymałości. Raz zapoczątkowane pęknięcie stropu powoduje przez dynamiczne nagłe obciążenie przyłożenia, roz-



gniecie podpór sąsiadujących z linią pęknięcia. Nastąpi zachwianie równowagi w górotworze i lawinowe rozwinięcie zjawiska pęknięcia stropu wzdłuż szeregu płaszczyzn, jak również rozgniatanie dalszych podpór (rys. 10).

W górnictwie solnym i rudnym komorę zaczyna się zwykle z chodników bez wcinek. Wskutek tego występują tylko filary między komorami, natomiast brak filarów wzdłuż chodników, co obniża podporność stropu. Mniejsza i mniej statyczna podporność występuje, gdy zamiast filarów stosuje się pniaki (niektórzy autorzy używają nazwy kolumny) co zachodzi przy częściowym wspieraniu filarów, które nieraz zastępuje się podporami betonowymi. Filary wybiera się sukcesywnie dla uniknięcia obniżenia stropu. Jednak najważniejszą sprawą dla uniknięcia tego rodzaju tapani jest prawidłowe obliczenie stosunku powierzchni otwartego stropu komór do powierzchni podpór.

Ciśnienie stropu w górotworze nienaruszonym eksploatacją wynosi:

$$p_z = \frac{\gamma \cdot h}{10000} \text{ kg/cm}^2$$

Jeżeli komory będą miały szerokość  $b$  metrów, a filary pozostawione szerokość  $a$  metrów, to naprężenia pionowe będą w nich wynosić:

$$\sigma_z = p_z \cdot \frac{a+b}{a} = \frac{\gamma \cdot h}{10000} \cdot \frac{a+b}{a} \text{ kg/cm}^2$$

Naprężenie  $\sigma_z$  nie powinno przekroczyć wytrzymałości skały filarów na ściskanie  $R_c \geq \sigma_z$

Więc:

$$\frac{\gamma \cdot h}{10000} \cdot \frac{a+b}{a} < R_c$$

W przypadku stosowania podpór odpowiednio zmienia się stosunek  $b/a$ . Podany sposób obliczenia jest słuszny tylko do pewnej grubości pokładu, gdy mamy pewność, że nie nastąpi wyboczenie filarów (podpór) na skutek smukłości, jak również przy pokładach nachylonych, że nie nastąpi ścięcie filaru (podpory) wzdłuż płaszczyzn uławiczenia.

Jak wykazały doświadczenia, katastrofalne tapania, na skutek rozgnięcia podpór stropowych, występowały również skutkiem przyjmowania do obliczeń laboratoryjnie zbadanych wartości wytrzymałości skał. Jeszcze bardziej skomplikowany przebieg działań i skutków obserwuje się przy eksploatacji pod mocnymi warstwami stropu zasadniczego kilku pokładów w niewielkim od siebie oddaleniu sposobem pozostawiania podpór.

W praktyce górniczej występują również tapania pokładowe i spągowe o których będzie mowa w następnej pracy autora.

## LITERATURA

- [1] Awierszyn C.G.: Gornyje udary. Ugletechizdat Moskwa 1955r.
- [2] Budryk W.: Eksploatacja złóż PWT Katowice 1952 r.
- [3] Cowlin W.R., Isaacson St.A.: Badania i projekty szybu Biddick. Mine and Quarry Engineering Nr 1 1959.
- [4] Denkhaus, Hill, Roux: Przegląd ostatnich badań nad tapaniami i ruchami górotworu kopalń głębokich w Południowej Afryce. Bull. Inst. Mining Metall. London 1958, t.68, nr 629.
- [5] Holland Ch.T.: Tapania w kopalniach węgla. Colliery Engineering Nr 4, 1955 r.
- [6] Jarlier: Annales des mines 1925 r. str.271 i 361.
- [7] Kurowski, Niezgodziński: Wytrzymałość materiałów. Państwowe Wydawnictwo Naukowe Warszawa 1961.
- [8] Neyman B.: Analiza tapani w kopalniach Górnego Śląska. 1948-1951 GIG Komunikat nr 1. Katowice 1953.
- [9] Neyman B.: Sposoby zwalczania tapani w górnośląskich kopalniach węgla. GIG Komunikat nr 2. Katowice 1953.
- [10] Lindemann: Gebirgsschläge im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau. Glückauf Berg- u. Hüttenm. Zeitschr. 1926 r. str.293.
- [11] Neyman B.: Rejonizacja tapani w kopalniach węgla górnośląskich w Zagłębiu Węglowym. Arch. Górn. Tom II, Zeszyt 4, Warszawa 1957.
- [12] Parysiewicz W.: Okresowe i seryjne tapania. Przegląd Górniczy nr 11, Katowice 1951 r.
- [13] Neyman B., Izdebski K.: Sposoby zapobiegania tapaniom.
- [14] Tschering E.: Gebirgsschläge in ostalpinen Blei - Zink - Bergbau. Berlin Ak. Verlag 1958 r.
- [15] Urban J.: O wstrząsach, tapaniach i nagłych zawałach w kopalniach węgla. Wyd. CZPW Katowice 1947 r.

## ВЫСТУПАНИЕ И ТИПЫ ГОРНЫХ УДАРОВ

## Резюме

В работе приводятся места и условия выступления горных ударов в Польше и в других странах. Произведена классификация горных ударов. Они подразделены на: кровельные, пластовые и почвенные. В настоящей работе подвергаются анализу причины и механика выступления кровельных горных ударов. В следующей статье автор даст анализ причин и механику выступления пластовых и почвенных горных ударов.

## THE AREAS OF APPEARING AND THE KINDS OF ROCK BURSTS

## Summary

In the paper places and conditions of appearance of rock bursts in Poland and in the world were given. Rock bursts were divided in three kinds as follows: roof - rock bursts, seams - rock bursts and underlay - rock bursts. In this work the causes and the mechanics of the appearance of the roof - rock bursts were analyzed. In the next paper autor will give the analysis of causes and mechanics of the appearing of seams - and underlay - rock bursts.