

Analiza i ocena ryzyka procesowego

Ryszard Sauk
UDT Oddział w Szczecinie

- Wstęp
- Geneza potrzeby analizy i oceny ryzyka procesowego
- Podstawowe definicje
- Etapy oceny ryzyka
- Kryteria akceptacji ryzyka – zasada ALARP
- Kryteria akceptacji ryzyka – Miary i wskaźniki ryzyka
- Ryzyko indywidualne – ryzyko scenariusza
- Metody analizy i oceny ryzyka procesowego
- Cykl życia obiektu, a metody analizy i oceny ryzyka procesowego



Postęp techniczny poza korzyściami pociągną za sobą pojawienie się nowych zagrożeń na niespotykaną wcześniej skalę

XVI w. Piece do wytapiania ołowiu z rudy,
(King's safety in process industries, 1998)

IXX/XX w. (*wiek pary*)

Rewolucja przemysłowa spowodowała, iż na poważne zagrożenia narażona została duża liczba pracowników. Pracownicy narażeni są na zagrożenia wywołane przez pojedyncze maszyny np.

- Kotły,
- Dźwigi,
- Maszyny wirujące

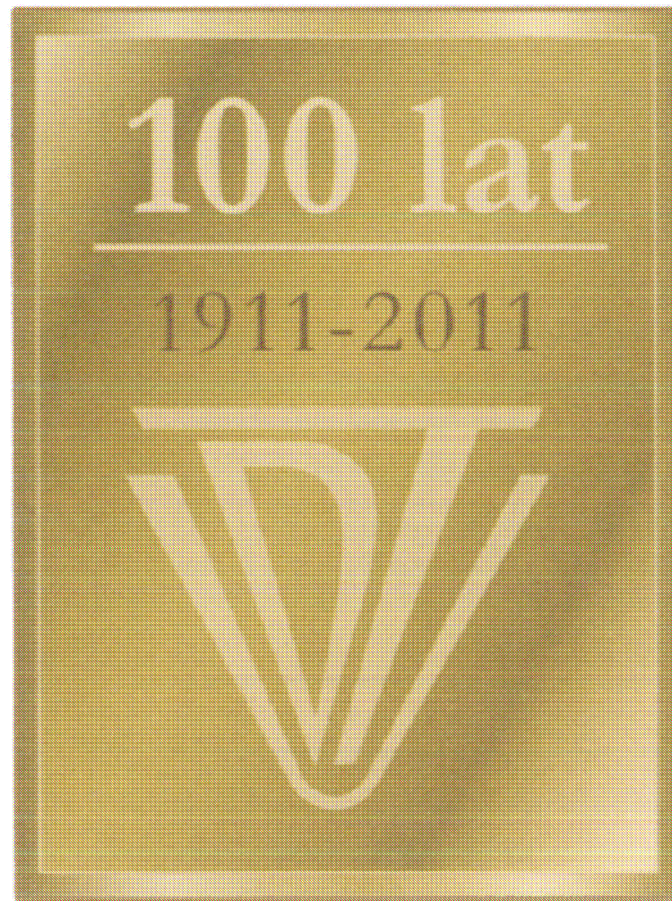
„Wiek pary”
Nowe możliwości, nowe zagrożenia



Odpowiedzią państw i społeczeństw na nowe zagrożenia było pojawienie się odpowiednich:

- Przepisów i specyfikacji technicznych
 - instytucji
- których zadaniem było zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa urządzeń

100 Lat Dozoru Technicznego





На подлинномъ написано:
„Утверждаю“
Министръ Торговли и Промы-
шленности
(подписаль) С. Тимашевъ
25 Декабря 1910 г.
Вѣрно: За Члена Дѣлопроизво-
дителя Главнаго Присутствія
(подписаль) А. Левинъ

УСТАВЪ

Варшавскаго Общества для Надзора
за Паровыми Котлами.

Обція постановленія.

§ 1.

Варшавское Общество для надзора за паровыми котлами имѣетъ цѣлью производство осмотровъ, освидѣтельствований и испытаній паровыхъ котловъ.

§ 2.

Надзору Общества подлежатъ паровые котлы, принадлежащіе его членамъ. Помимо сего Общество можетъ принять на себя надзоръ за паровыми котлами, принадлежащими правительственнымъ установленіямъ и общественнымъ учрежденіямъ, хотя бы и не состоящимъ членами Общества.

§ 3.

Кромѣ надзора за паровыми котлами, Общество можетъ оказывать, какъ своимъ членамъ и указаннымъ въ § 2 установленіямъ и учрежденіямъ, такъ равно и постороннимъ лицамъ научную и техническую помощь въ области примѣненія въ ихъ предпріятіяхъ всякаго рода двигательной силы.

Na oryginalnie napisano:
„Zatwierdzam“
Minister Handlu i Przemysłu
(podpisano) S. Timaszew.
25 Grudnia (7 Stycznia) 1910 r.
Zgodnie: Za Członka Sekretarza
Głównego Zarządu
(podpisano) A. Lewin.

USTAWA

Warszawskiego Stowarzyszenia dla dozoru
nad Kociłami Parowymi.

Przepisy ogólne.

§ 1.

Warszawskie Stowarzyszenie dla dozoru nad kotłami parowymi ma na celu dokonywanie badań, rewizji i prób kocił parowych.

§ 2.

Dozorowi Stowarzyszenia podlegają kotły parowe, należące do jego członków. Niezależnie od tego Stowarzyszenie ma prawo podjąć się dozoru nad kotłami parowymi, stanowiącymi własność instytucji rządowych oraz organizacji społecznych, chociażby te nie były członkami Stowarzyszenia.

§ 3.

Oprócz dozoru nad kotłami parowymi, Stowarzyszenie ma prawo, zarówno swoim członkom i wskazanym w § 2 instytucjom i organizacjom, jako też i osobom obcym, okazywać pomoc naukową i techniczną w zakresie stosowania w ich przedsięwzięciach wszelkiego rodzaju energii motorowej.

XX/XXI w. Koncentracja przemysłu, łączenie pojedynczych maszyn / aparatów w instalacje procesowe



XX/XXI w. Skutki realizacji zagrożeń przekraczają granice przedsiębiorstw i państw



Eksplzja saetry amonowej w Oppau 1921r. Niemcy

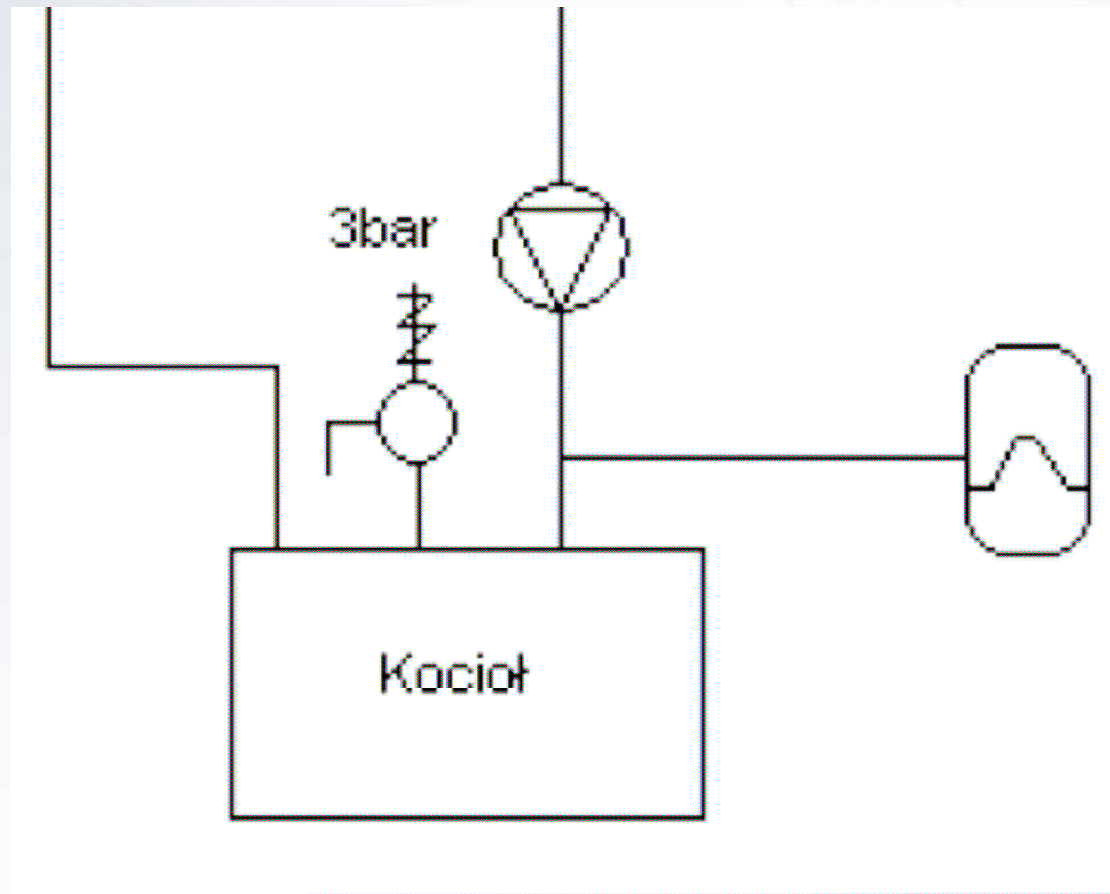
Buncefield 11 XII 2006



Łączenie pojedynczo bezpiecznych urządzeń w instalacje powoduje wzajemne interakcje będące źródłem nowych niepożądanych scenariuszy awaryjnych

Spełnienie wymagań przepisów czy specyfikacji technicznych przez pojedyncze urządzenie nie zapewnia bezpieczeństwa instalacji procesowej jako całości

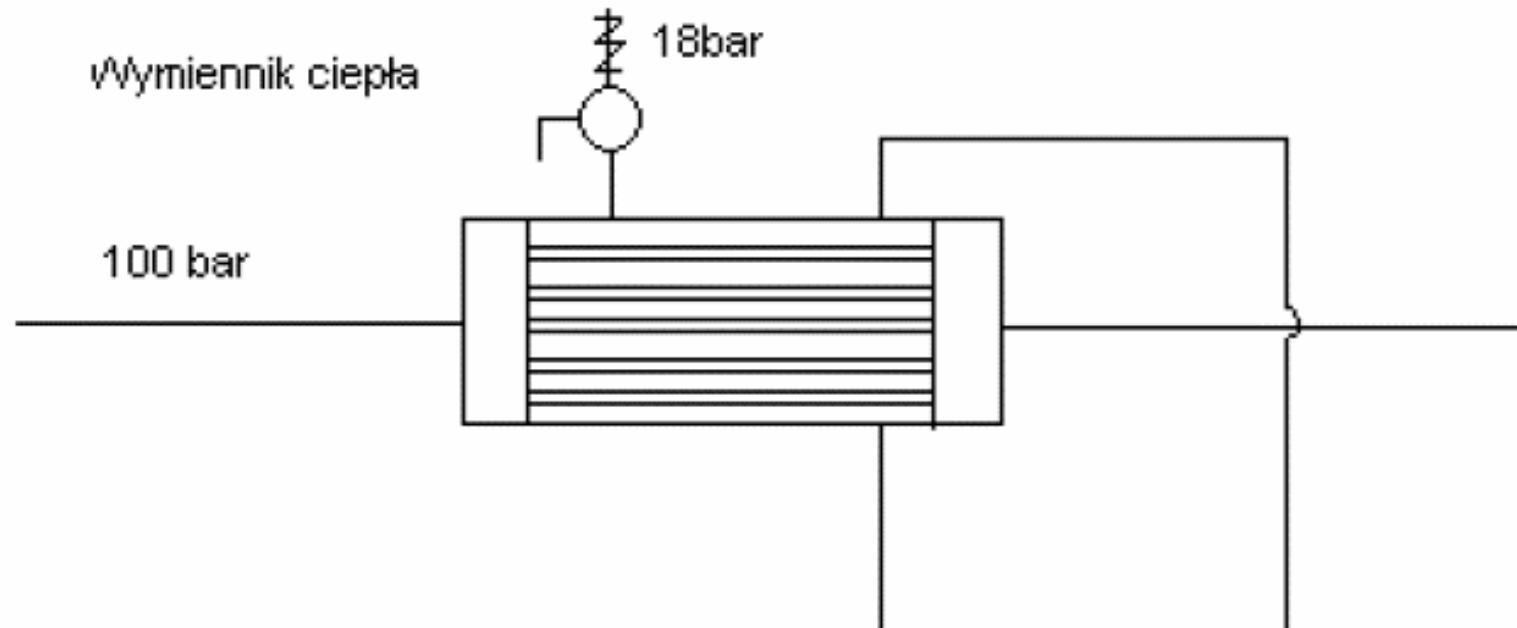
kocioł wodny niskotemperaturowy
 $m = 3600 \cdot N/r$ [kg/h]

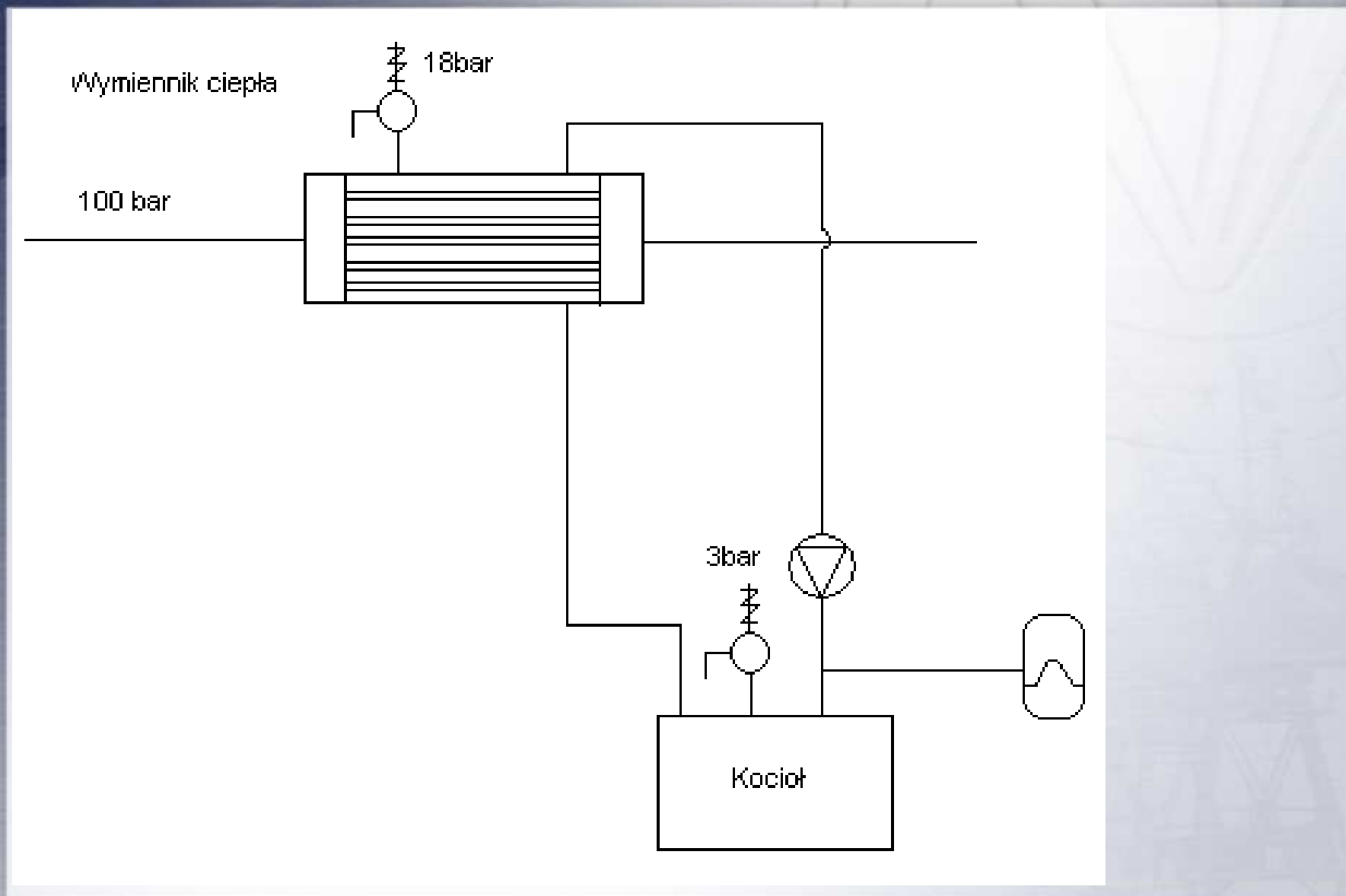


Wymiennik ciepła

Przestrzeń grzana (rurki): gaz $p=100$ bar

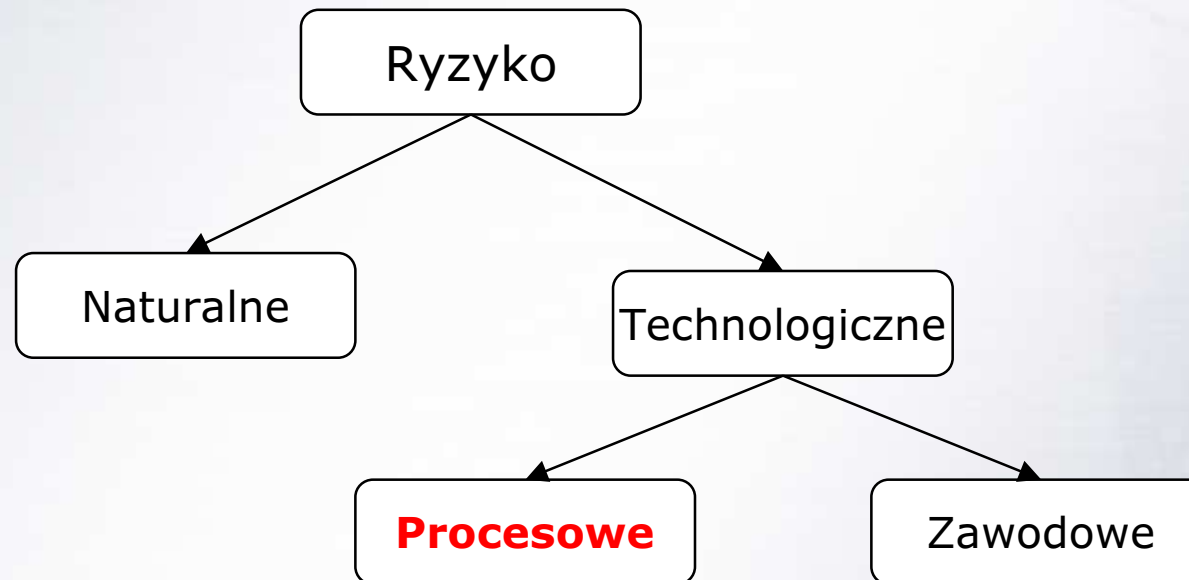
Przestrzeń grzejna (płaszcz): woda z układu c.o. $p=3$ bar





Ryzyko (*risk*) – kombinacja częstości lub prawdopodobieństwa wystąpienia określonego zdarzenia niebezpiecznego i konsekwencji związanych z tym zdarzeniem

Kategorie ryzyka



Zagrożenie (*hazard*) – źródło potencjalnej szkody lub okoliczności potencjalnie szkodliwej

Szkoda (*harm*) – uraz fizyczny lub uszczerbek na zdrowiu, uszkodzenie mienia lub degradacja środowiska

Zdarzenie niebezpieczne (*hazardous event*) – zdarzenie, które może powodować szkodę

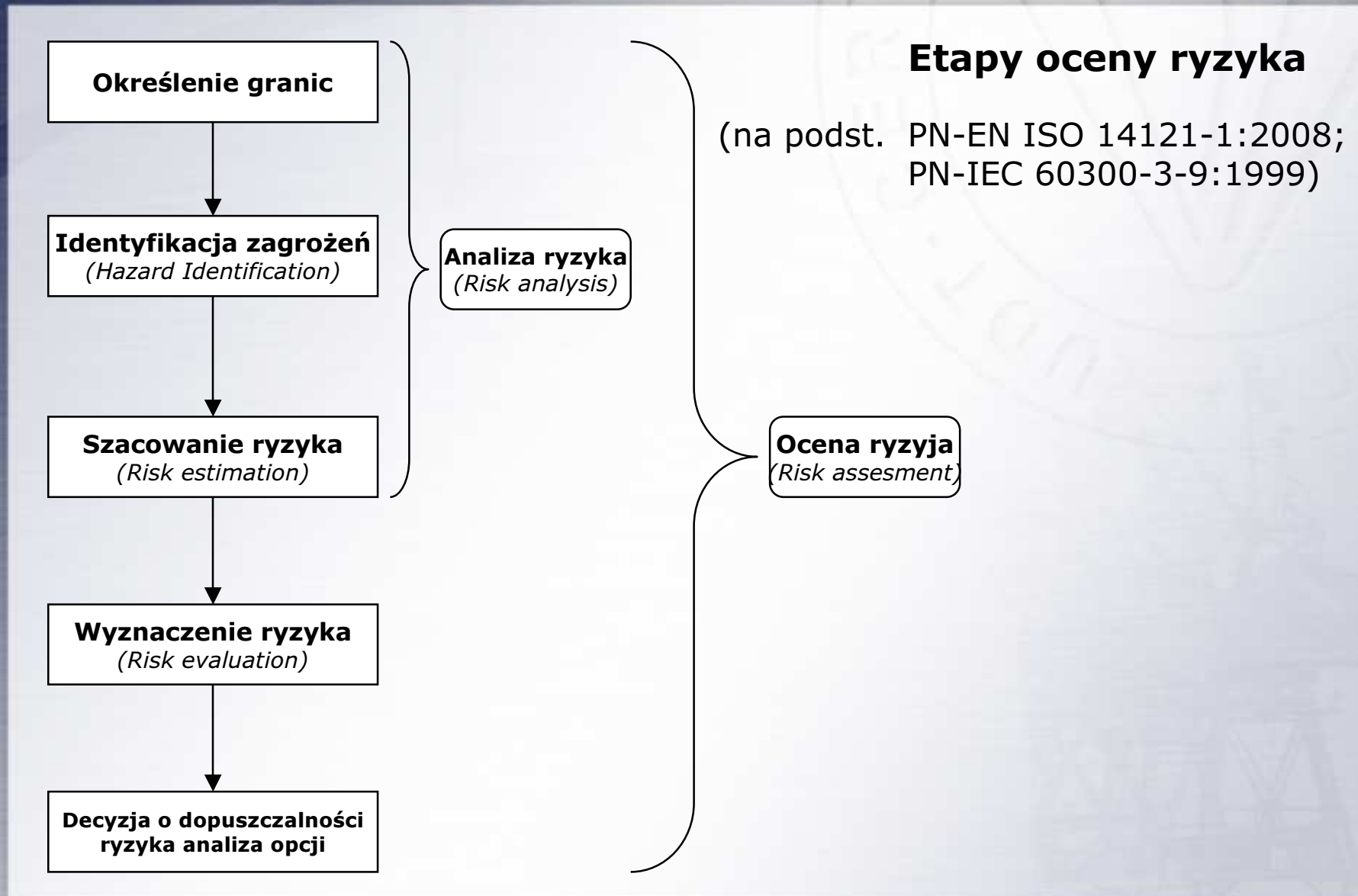
Identyfikacja zagrożeń (*hazard identification*) - proces rozpoznawania, czy zagrożenie istnieje oraz definiowanie jego charakterystyk

Szacowanie ryzyka (*risk estimation*) – proces stosowany do stworzenia miary poziomu analizowanego ryzyka. Szacowanie ryzyka składa się z następujących kroków: analizy częstości, analizy konsekwencji i ich połączenia

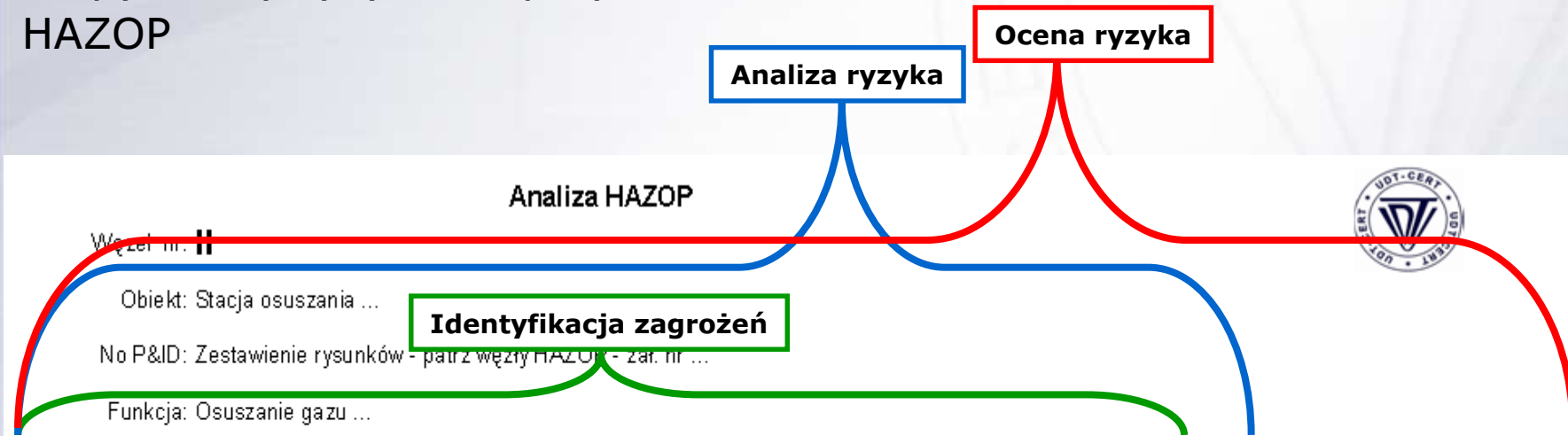
Wyznaczenie ryzyka (*risk evaluation*) – proces, w którym na podstawie analizy ryzyka przeprowadza się oceny dopuszczalności i rozpatruje się jakie czynniki, jak aspekty socjoekonomiczne i środowiskowe

Ocena ryzyka (*risk assessment*) – pełny proces i wyznaczania dopuszczalności ryzyka

Ryzyko resztkowe* (*residual risk*) – ryzyko pozostałe po zastosowaniu zabezpieczeń



Etapy oceny ryzyka na przykładzie arkusza HAZOP

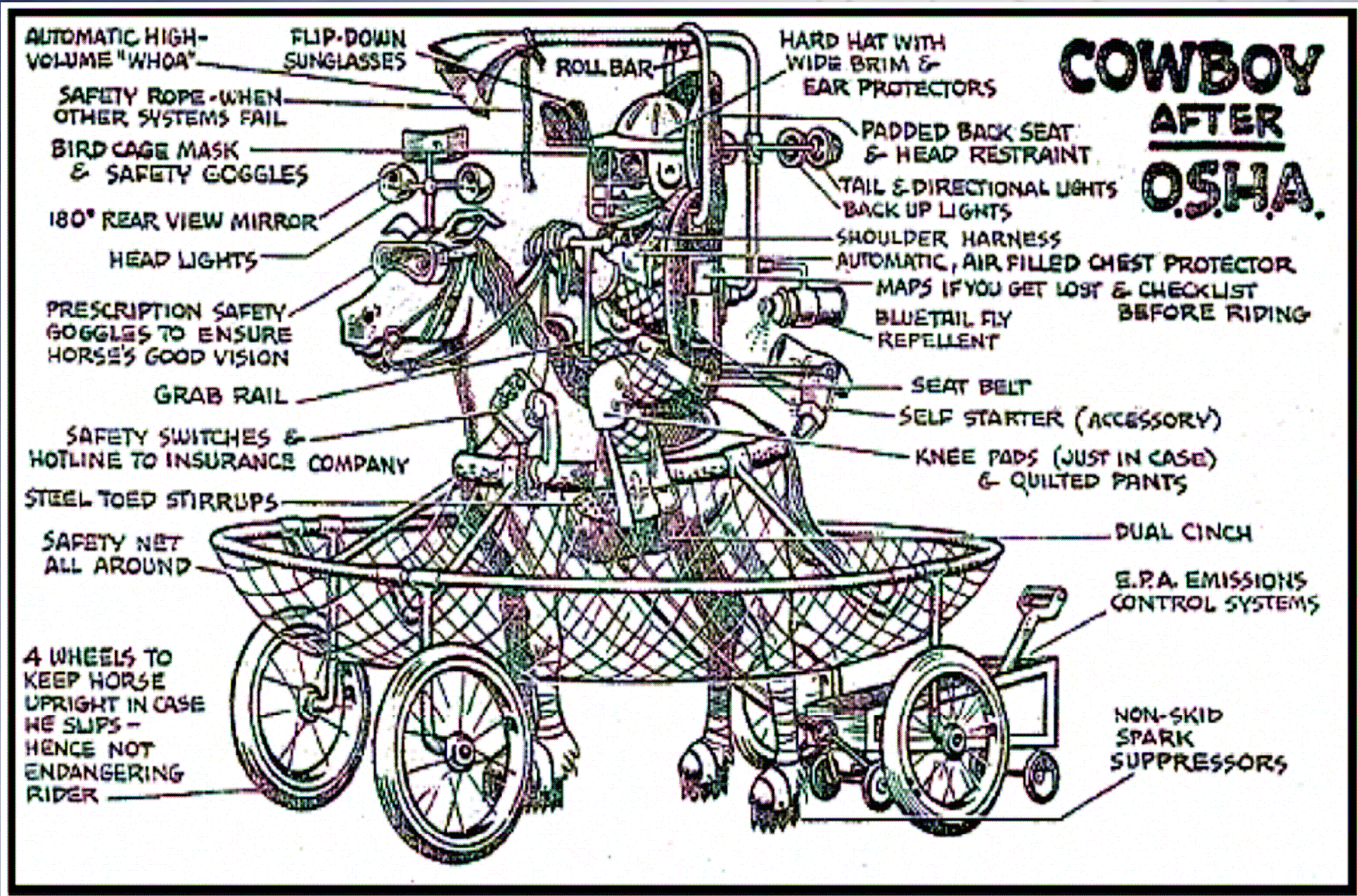


No	Parametr	Odchylenie	Przyczyna	Skutki	Zabezpieczenia (P) i (S)	Ryzyko			Zalecenia / Uwagi
						Częstość	Skutki	Ryzyko	
II.1.	Przepływ	II.1.1. Większy przepływ gazu procesowego	II.1.1.1. Zbyt wysoki przepływ z węzła I	Uszkodzenie wypełnienia absorbera C-200X1	Pomiar ciśnienia różnicowego 20PDI0X1 - działania operatora	5	3	TA	

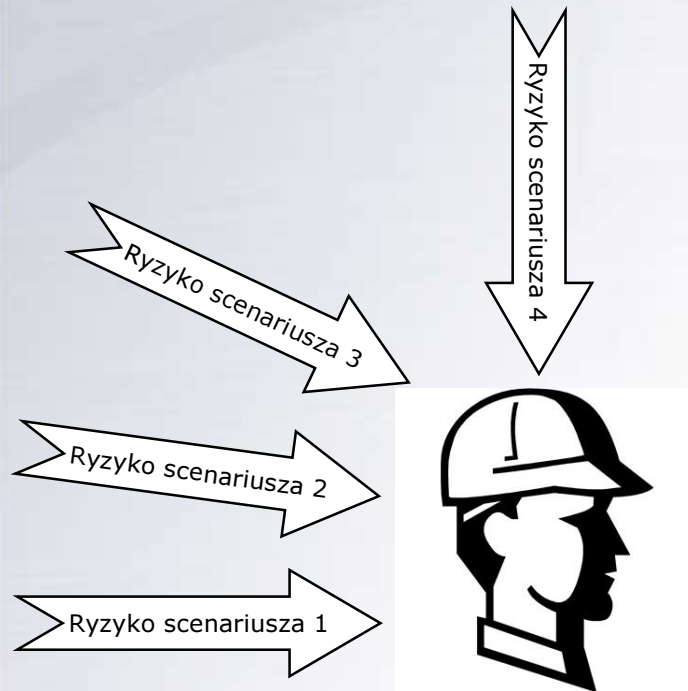
Częstość skutków 1/rok	Kategoria skutków	kat. 1	kat. 2	kat. 3	kat. 4	kat. 5
		pomijalne	małe	średnie	duże	katastrofalne
1	10 ⁰ - 10 ⁻¹ bardzo często	TA	TNA	NA	NA	NA
2	10 ⁻¹ - 10 ⁻² często	TA	TNA	TNA	NA	NA
3	10 ⁻² - 10 ⁻³ możliwe	TA	TA	TNA	TNA	NA
4	10 ⁻³ - 10 ⁻⁴ sporadycznie	A	TA	TA	TNA	TNA
5	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵ rzadko	A	A	TA	TA	TNA
6	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶ bardzo rzadko	A	A	A	TA	TA
7	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁷ prawie niemożliwe	A	A	A	A	TA



Czy przed każdym zagrożeniem
należy się zabezpieczać?



ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) – **Tak nisko jak to jest racjonalnie uzasadnione** – zasada wg której wysiłki mające na celu redukcję ryzyka powinny być kontynuowane, do punktu gdy przyrost wydatków związanych z redukcją ryzyka powoduje nieproporcjonalnie mały spadek ryzyka



MIARY RYZYKA

- Ryzyko indywidualne
- Ryzyko grupowe
- Ryzyko obszarowe

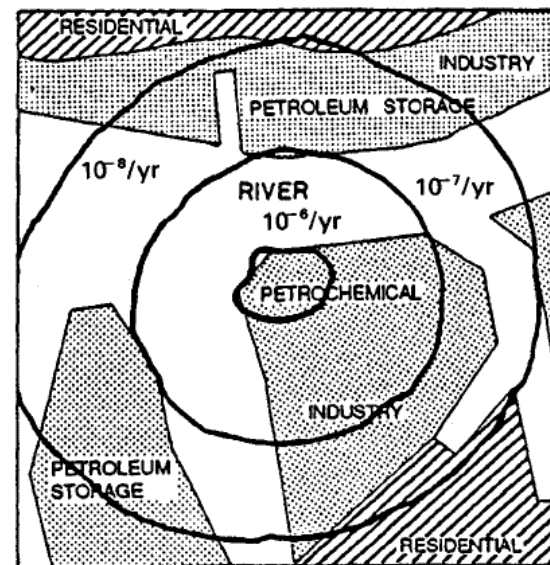
$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i}$$

Ryzyko indywidualne $IR_{x,y}$ prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych skutków w wyniku określonego zdarzenia wypadkowego, poniesionych przez indywidualnego człowieka znajdującego się w punkcie (x,y) strefy zagrożenia

Przekroje ryzyka indywidualnego

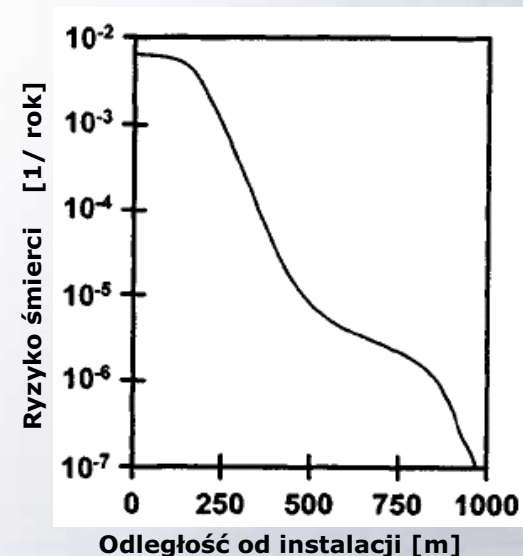
Kontur ryzyka

Wartości indywidualnego ryzyka w różnych punktach naniesiona na mapie zagrożonego obszaru. Linie wokół instalacji posiadające tę samą wartość ryzyka indywidualnego nazywana jest *izoliną ryzyka*

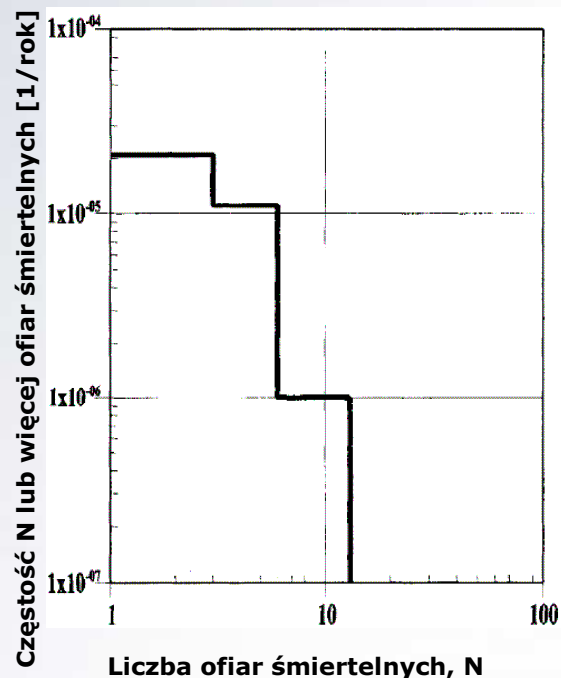


Profil ryzyka

Wykres ryzyka indywidualnego w funkcji odległości od źródła ryzyka



Ryzyko grupowe prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych skutków na które narażona jest grupa osób wskutek wystąpienia określonego scenariusza danego zdarzenia awaryjnego. Przedstawiane jest zwykle za pomocą krzywej rozkładu ryzyka grupowego F-N (*Frequency – Number of Fatalities*) F – kumulatywna częstość występowania scenariuszy awaryjnych, N – liczba ofiar w każdym z tych scenariuszy



Ryzyko obszarowe rozkład ryzyka otrzymany przez dodanie poszczególnych wartości ryzyka z różnych źródeł w danym obszarze geograficznym (x,y) . Do prezentacji ryzyka obszarowego można stosować izolinie ryzyka jak i krzywe F-N

FAR (*Fatal Accident Rate*) – określona liczba wypadków śmiertelnych w czasie 10^8 godzin narażenia (około 1000 pracowników przez cały okres pracy zawodowej)

ROD (*Avarage Rate of Death*) – średnia liczba oczekiwanych wypadków śmiertelnych ze wszystkich możliwych wypadków w jednostce czasu



Trójkąt wypadkowości Bird'a



Analiza HAZOP

Węzeł nr: **7**

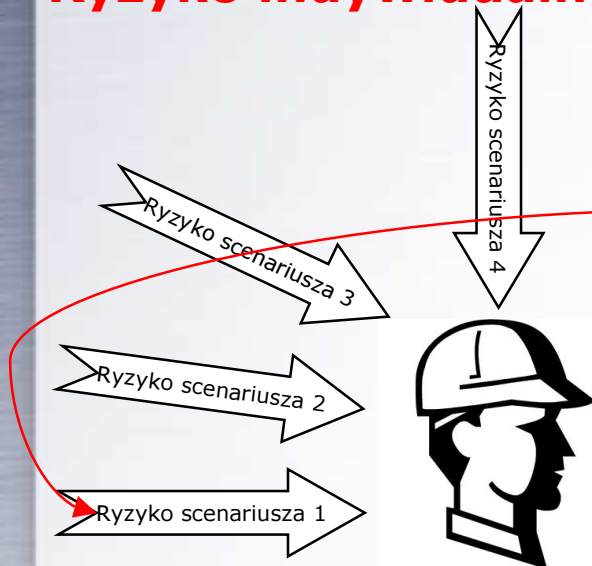
Obiekt: Zbiornik kondensatu

No P&ID: Patrz: Wykaz węzłów z przynależnymi rysunkami P&ID

Funkcja: Odprowadzenie i magazynowanie kondensatów

Nr	Parametr	Odchylenie	Przyczyna	Skutki	Zabezpieczenia (P) i (S)	Częstość	Skutki	Ryzyko	Zalecenia / Uwagi
7.5	Skład medium	1. Inne medium przebicie gazu do zbiornika T-1101	1. Awaria układów kontroli spustu kondensatu w węzłach 2 i 3	1. Wzrost ciśnienia, uszkodzenie zbiornika, emisja gazu, powstanie atmosfery wybuchowej, wybuch, pożar - utrata życia lub zdrowia ludzkiego	Kryzy ograniczające na układach spustu kondensatu Blokady w ESD na układach spustu kondensatu od niskiego poziomu Zawór oddechowy PRV1101 zamontowany na zbiorniku T-1101 Wyznaczenie stref zagrożenia wybuchem, aparatura Ex	6	5	TA	Brak

Ryzyko indywidualne $IR_{x,y}$



$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i}$$

Kategoria skutków

	Pracownicy	Ludność	Środowiski	Majątek
kat. 1	Bardzo drobne urazy	-	-	Minimalne
kat. 2	Pojedyncze urazy	Odór, hałas	Małe, odnotowane w raportach	Do 100 000 PLN
kat. 3	Średnie urazy, pojedyncze ciężkie	Małe urazy	Średnie zniszczenia	Do 5 000 000 PLN
kat. 4	Liczne ciężkie urazy	Średnie urazy	Poważne zniszczenia	Do 50 000 000 PLN
kat. 5	Ofiary śmiertelne	Ciężkie urazy	Katastrofa ekologiczna	Od 50 000 000 PLN

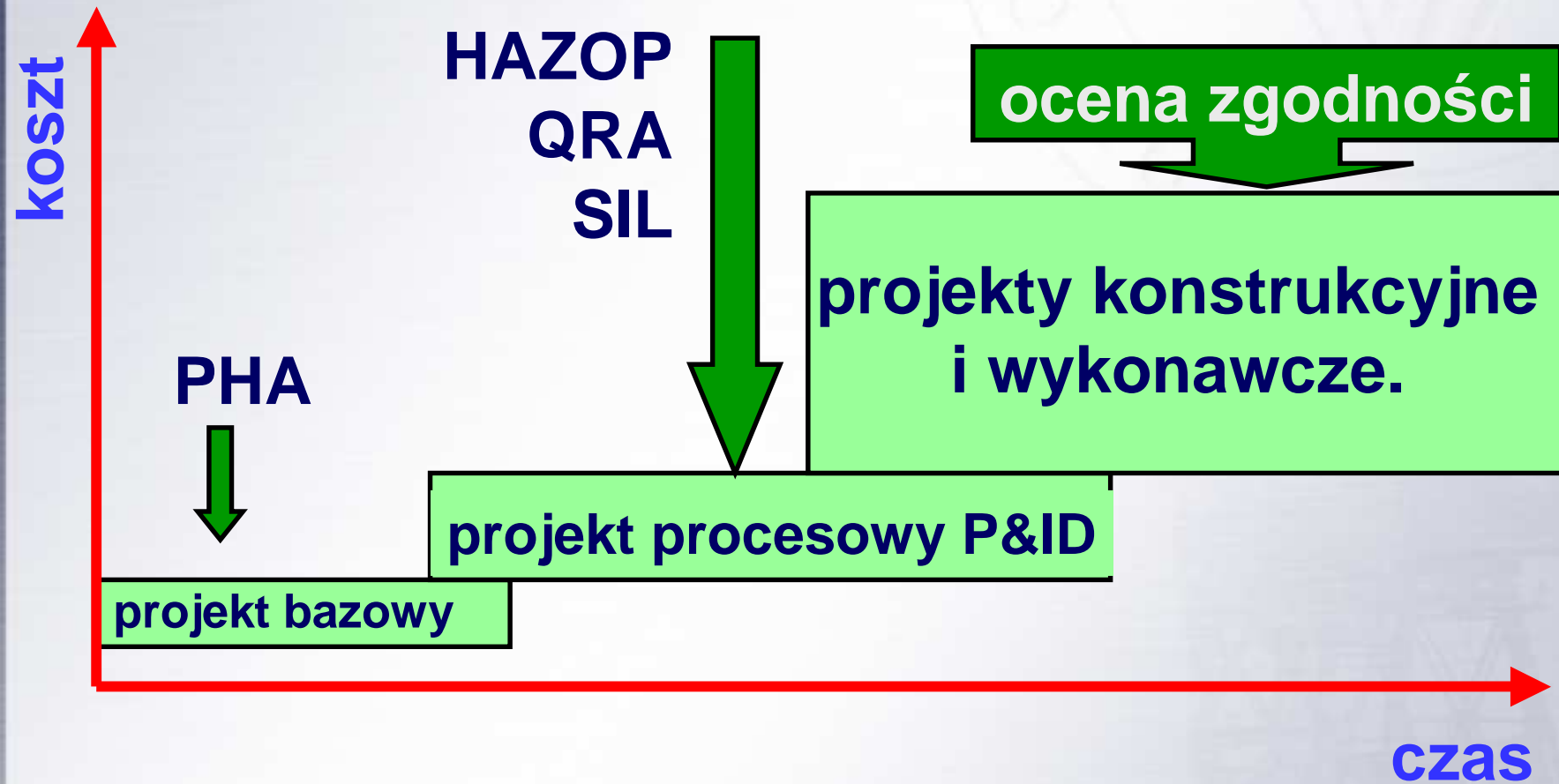
Częstość skutków 1/rok		Kategoria skutków				
		kat. 1 pomijalne	kat. 2 małe	kat. 3 średnie	kat. 4 duże	kat. 5 katastrofalne
1	10 ⁰ - 10 ⁻¹ bardzo często	TA	TNA	NA	NA	NA
2	10 ⁻¹ - 10 ⁻² często	TA	TNA	TNA	NA	NA
3	10 ⁻² - 10 ⁻³ możliwe	TA	TA	TNA	TNA	NA
4	10 ⁻³ - 10 ⁻⁴ sporadycznie	A	TA	TA	TNA	TNA
5	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵ rzadko	A	A	TA	TA	TNA
6	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶ bardzo rzadko	A	A	A	TA	TA
7	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁷ prawie niemożliwe	A	A	A	A	TA

Ryzyko	Opis
A	Ryzyko akceptowane (nie wymagane są żadne dodatkowe środki bezpieczeństwa)
TA	Ryzyko tolerowane – akceptowane (zasada ALARP)
TNA	Ryzyko tolerowane nieakceptowane (wprowadzić dodatkowe środki bezpieczeństwa w wyznaczonym terminie)
NA	Ryzyko nieakceptowane

- PHA
- What-if
- HAZOP
- FMEA
- FTA
- ETA
- LOPA
- QRA

Nazwa metody	Projekt wstępny	Projekt	Eksploatacja	Modernizacja Zmiany
PHA - Wstępna analiza zagrożeń				
HAZOP				
Listy kontrolne Metody indeksowe				
What - If				
HRA Analiza błędu ludzkiego				
		polecana		
		może być stosowana		
		nie wskazana		

Cykl życia obiektu



Dziękuję za uwagę