

RACJONALNE PODEJŚCIE DO ZARZĄDZANIA RYZYKIEM ZASADA ALARP – METODYKA

CZĘŚĆ II



R. PR. MATEUSZ ŁUKASZCZYK

Starszy Specjalista
Oddział w Poznaniu
Urząd Dozoru Technicznego
Doktorant wdrożeniowy
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
w Poznaniu



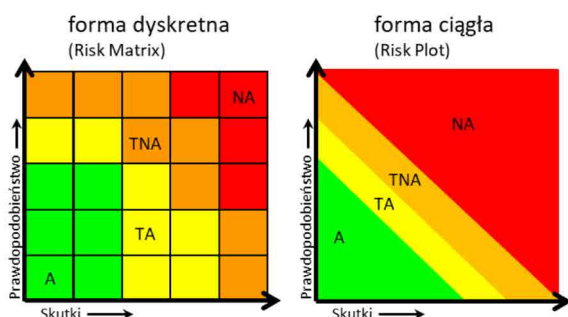
DR INŻ. MARCIN WOŁĘJKO

Centrum Kompetencyjne ds. Automatyki
Departament Innowacji i Rozwoju
Urząd Dozoru Technicznego

W pierwszej części artykułu omówiliśmy kontekst prawny i normatywne zasady ALARP w polskim porządku prawnym. W drugiej części wyjaśnimy, na czym ta zasada polega, i przedstawimy przykłady zastosowania analizy CBA (Cost-Benefit Analysis), tj. analizy kosztów i korzyści.

KIEDY STOSUJEMY ALARP?

W zarządzaniu bezpieczeństwem posługujemy się m.in. matrycą lub płaszczyzną ryzyka w celu wizualizacji wartości ryzyka (rys. 1).



Rys. 1. Typowe sposoby prezentacji ryzyka

Na płaszczyźnie ryzyka granice obszarów ryzyka są zwykle iloczynem wartości konsekwencji (C) i prawdopodobieństwa (P) wystąpienia określonych konsekwencji¹⁾. Zwykle, dla celów decyzyjnych, określane są obszary ryzyka, np. A, TA, TNA oraz NA²⁾, dla których definiuje się konkretne działania lub reguły, np. zakaz podejmowania produkcji lub nakaz jej zatrzymania, gdy ryzyko jest w obszarze NA.

¹⁾ Częstym błędem jest wskazywanie P jako prawdopodobieństwa zdarzenia inicjującego lub zdarzenia szczytowego (tzw. zdarzenia niebezpiecznego). Matryce mogą być kalibrowane dla P będącego prawdopodobieństwem zdarzenia niebezpiecznego wyłącznie przy założeniu, że każde zdarzenie niebezpieczne prowadzi do materializacji się konsekwencji, lub przy założeniu, że redukcja prawdopodobieństwa wystąpienia konsekwencji jest stała przy każdym zdarzeniu niebezpiecznym lub zdarzeniu niebezpiecznym z określonej grupy. Byłyby to konserwatywne założenia i zwykle nie są praktykowane. Natomiast spotykane są błędy odczytu wartości z matrycy ryzyka wynikające z opisanej pomyłki.

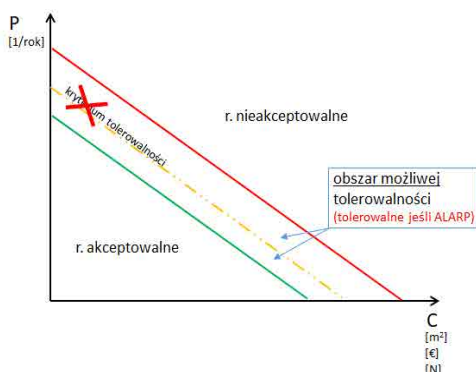
²⁾ A (Akceptowalne/Acceptable), TA (Tolerowalne Akceptowalne/Tolerable Acceptable), TNA (Tolerowalne - Nieakceptowalne/Tolerable - Not Acceptable), NA (Nieakceptowalne/Not Acceptable).

W tym celu na odpowiednio wyskalowanej macierzy lub płaszczyźnie należy wyznaczyć trzy obszary ryzyka, a przede wszystkim ich **linie graniczne**:

a) **ryzyka akceptowalnego (A)** – czyli obszaru, w którym ustala się brak konieczności dalszych działań redukujących ryzyko, a jedynie obowiązek monitorowania, czy przewidywane czynniki wpływu na scenariusze zdarzeń pozostają bez zmian, tj. czy częstość zdarzeń inicjujących lub warunkujących nie ulega zmianie lub czy nie zidentyfikowano nowych zdarzeń lub nowych scenariuszy prowadzących do danej grupy zdarzeń niebezpiecznych;

b) **ryzyka nieakceptowalnego (NA)** – czyli obszaru, w którym nie można pod żadnym uzasadnieniem i w żadnym czasie pozostawić scenariuszy zdarzeń – ryzyko musi być zredukowane lub należy odstąpić od inwestycji lub zaprzestać jej prowadzenia.

Pomiędzy tymi obszarami pozostaje obszar ryzyka potencjalnie tolerowalnego, rozumianego jako tolerowane pod warunkiem istnienia dowodów na ALARP (**Tolerable if ALARP**), czyli **ryzyko zredukowane tak bardzo, jak to racjonalnie uzasadnione**.



Rys. 2. Szkic koncepcji granic obszarów ryzyka na płaszczyźnie ryzyka oraz obszaru ALARP

Nominalnie należy przyjmować, że celem redukcji ryzyka zawsze pozostaje obszar ryzyka akceptowalnego, a w myśl zasady ALARP tylko metodycznie uzasadnione i udokumentowane względy mogą pozwolić na zaprzestanie dalszej redukcji ryzyka bez narażania się na zarzut niedopełnienia obowiązków czy niedołożenia wystarczającej staranności w zapewnianiu bezpieczeństwa.

Oczywiście kryteria dla początku obszaru NA są zwykle ostrzejsze, gdy obszar potencjalnych konsekwencji sięga poza obszar przedsiębiorstwa (rys. 2).

W dziedzinie kryteriów akceptacji ryzyka szerokie wyjaśnienia można znaleźć w pracach prof. Adama S. Markowskiego [3]. Zachęcamy też do zapoznania się z wytycznymi UDT dotyczącymi prowadzenia analiz i oceny ryzyka [4].

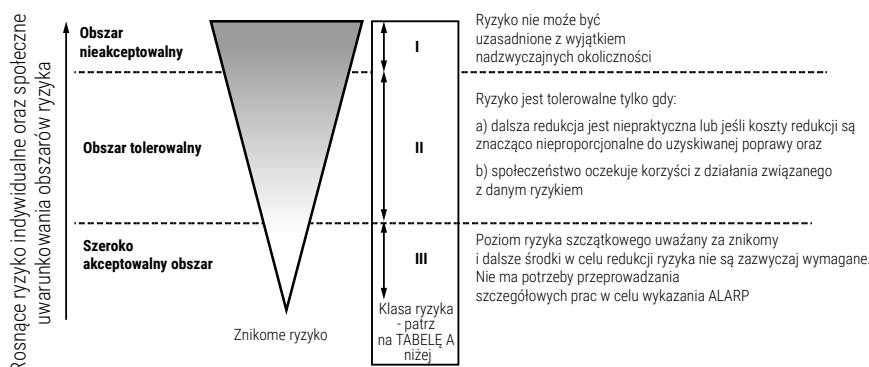
ALARP W NORMACH

Chociaż stosowanie norm technicznych jest dobrowolne, są one postrzegane jako uznana praktyka inżynierska w projektowaniu, a jednocześnie stanowią środek spełnienia i uzupełnienia norm prawnych.

Warto przyjrzeć się koncepcji ALARP ujętej w załącznikach informacyjnych norm PNEN 61508 (ZAŁĄCZNIK C) [1] oraz PN-EN 61511 (ZAŁĄCZNIK K) [2].

Załączniki uznają zasadę ALARP za szczególne podejście do ustalenia ryzyka tolerowalnego. Przy czym intencją twórców norm nie jest przedstawienie ostatecznego opisu metody, ale raczej zilustrowanie ogólnych zasad. Podejście to obejmuje proces ciągłego doskonalenia – w jego ramach rozważane są wszystkie opcje, które mogłyby jeszcze bardziej zmniejszyć ryzyko pod kątem korzyści i kosztów. Koncepcja ALARP może być stosowana podczas określania SIL (sama w sobie nie jest jednak metodą określania SIL). Załączniki wskazują, że osoby zamierzające zastosować metody w nich wskazane powinny poznać się z materiałami źródłowymi, czyli publikacją UK HSE (2001) „Reducing Risks, Protecting People” ISBN 0717621510 (dostępna online pod adresem: [Reducing Risks: Protecting People - HSE's decision making process](#)).

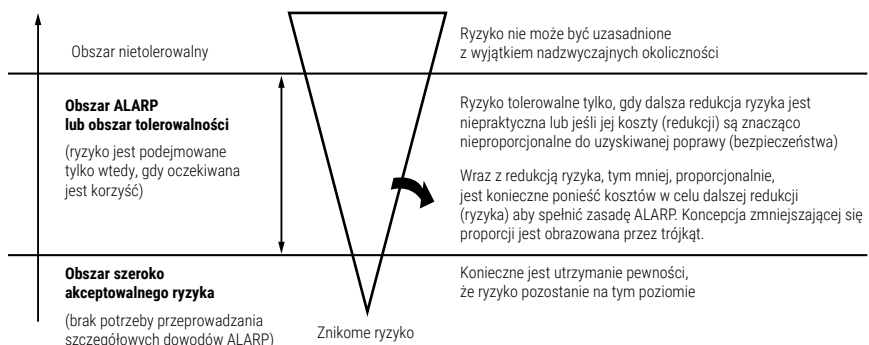
Normy IEC 61508 [1] oraz IEC 61511 [2] prezentują obszar ryzyka leżący pomiędzy obszarem NA a obszarem A w podobny sposób (różnice są niewielkie).



ILUSTRACJA A - Ryzyko tolerowalne i ALARP - IEC 61511

Tabela B - Interpretacja klas ryzyka

Klasa/kategoria ryzyka	Interpretacja
Klasa I	Ryzyko nietolerowalne
Klasa II	Ryzyko niepożądane i tolerowalne tylko gdy (dalsza) redukcja ryzyka jest niepraktyczna lub jeśli koszty są znacząco nieproporcjonalne do uzyskiwanej poprawy (bezpieczeństwa)
Klasa III	Znikome ryzyko



ILUSTRACJA B - Ryzyko tolerowalne i ALARP - IEC 61508

Tabela B - Interpretacja klas ryzyka

Klasa/kategoria ryzyka	Interpretacja
Klasa I	Ryzyko nietolerowalne
Klasa II	Ryzyko niepożądane i tolerowalne tylko gdy (dalsza) redukcja ryzyka jest niepraktyczna lub jeśli koszty są znacząco nieproporcjonalne do uzyskiwanej poprawy (bezpieczeństwa)
Klasa III	Ryzyko tolerowalne, jeśli koszt redukcji ryzyka przewyższyby uzyskaną poprawę
Klasa IV	Znikome ryzyko

Rys. 3. Obszary ryzyka. Opracowano wg (A) IEC 61511 [2] oraz (B) IEC 61508 [1]

UWAGA: Warto zwrócić uwagę, że obie normy wskazują, iż w obszarze tolerowalności ryzyka, oprócz redukcji ryzyka ALARP, także korzyści z jego podejmowania powinny być udziałem społeczeństwa lub strony narażonej na to ryzyko. Ten aspekt rzuca dodatkowe światło na tzw. odpowiedzialność społeczną przedsiębiorstw (CSR, ang. Corporate Social Responsibility).

Norma IEC 61511 [2] jest jakby „bardziej wymagająca” ponieważ rekomenduje w całym obszarze możliwej tolerowalności (Class II) wykazanie niepraktyczności dostępnych opcji redukcji ryzyka lub „znaczącej dysproporcji” kosztów redukcji ryzyka nad efektami redukcji (korzyściami).

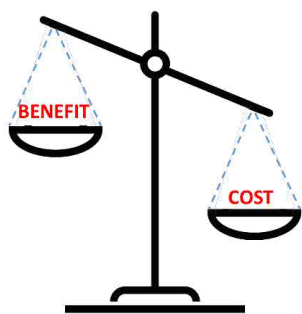
Norma IEC 61511 zaleca:

<p>“Below that (unacceptable) level, a risk is considered to be “tolerable”: provided that it has been reduced to the point where the benefit gained from further risk reduction is outweighed by the cost of achieving that risk reduction, and provided that generally accepted standards have been applied towards the control of the risk. The higher the risk, the more would be expected to be spent to reduce it. A risk which has been reduced in this way is considered to have been reduced to a level which is “as low as is reasonably practicable” (ALARP)”.</p>	<p>Poniżej tego (nie dopuszczalnego) poziomu ryzyko uznaje się za «tolerowalne»: pod warunkiem, że zostało ono zredukowane do punktu, w którym koszty osiągnięcia redukcji ryzyka przeważają nad korzyściami uzyskanymi z dalszej redukcji ryzyka, oraz pod warunkiem, że ogólnie uznane standardy zostały zastosowane w celu kontroli ryzyka. Im wyższe ryzyko, tym więcej należałoby wydać na jego ograniczenie. Ryzyko, które zostało zmniejszone w ten sposób, uważa się za zmniejszone do poziomu «tak niskiego, jak to racjonalnie wykonalne» (ALARP).</p>
---	--

Norma IEC 61508 stanowi:

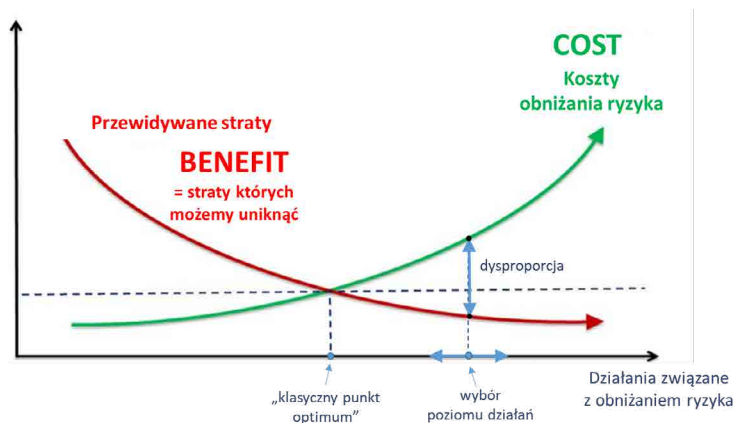
<p>“Below that (unacceptable) level, there is the tolerability region where an activity is allowed to take place provided the associated risks have been made as low as reasonably practicable. Tolerable (risk) here is different from acceptable: it indicates a willingness to live with a risk so as to secure certain benefits, at the same time expecting it (risk) to be kept under review and reduced as and when this can be done. Here a cost benefit assessment is required either explicitly or implicitly to weigh the cost and the need or otherwise for additional safety measures. The higher the risk, the more proportionately would be expected to be spent to reduce it (risk). At the limit of tolerability, expenditure in gross disproportion to the benefit would be justified. Here the risk will by definition be substantial, and equity requires that a considerable effort is justified even to achieve a marginal reduction”.</p>	<p>Poniżej tego (nie dopuszczalnego) poziomu znajduje się obszar tolerancji, w którym działanie jest dozwolone pod warunkiem, że związane z nią ryzyko zostało zredukowane do poziomu tak niskiego, jak to racjonalnie uzasadnione. Tolerowalne (ryzyko) różni się od akceptowalnego: oznacza gotowość do ponoszenia ryzyka w celu zapewnienia określonych korzyści, przy jednoczesnym założeniu, że będzie ono (ryzyko) poddawane przeglądowi i redukowane, jeśli i kiedy tylko będzie to możliwe. W tym obszarze wymagana jest albo jawnie, albo pośrednio ocena/analiza kosztów i potrzeb wprowadzenia dodatkowych środków bezpieczeństwa. Im wyższe ryzyko, tym bardziej proporcjonalne wydatki będą oczekiwane w celu jego ograniczenia (ryzyka). Na granicy tolerowalności wydatki znacząco nieproporcjonalne do korzyści byłyby uzasadnione. W tym obszarze ryzyko z definicji będzie znaczące, a sprawiedliwość wymaga, aby znaczny wysiłek/nakład był uzasadniony nawet w celu osiągnięcia marginalnej redukcji.</p>
--	--

Mówiąc o znaczącej dysproporcji, dobrze jest przypomnieć sobie znany szkieł wyjaśniający zasadę optymalizacji kosztów zarządzania ryzykiem (rys. 5). Dla celów niniejszej publikacji dokonano w nim pewnych modyfikacji, aby wykazać różnice pomiędzy kosztem uważanym za optymalny a kosztem uwzględniającym znaczącą dysproporcję.



Rys. 4. Ilustracja zasady ALARP

Norma IEC 61508 [1] jest „bardziej precyzyjna” i w obszarze możliwej tolerowalności, lecz bliżej ryzyka nieakceptowalnego, proponuje wyróżnienie dwóch obszarów. Pierwszym jest **obszar (Class II), gdzie wskazuje potrzebę wykazania „znaczącej dysproporcji” kosztów redukcji ryzyka nad efektami lub niepraktyczności dostępnych opcji redukcji ryzyka**. Drugim jest obszar **(Class III), w którym zaleca już tylko przewagę kosztów** redukcji ryzyka nad efektami.



Rys. 5. Koszty zarządzania ryzykiem – koszt optymalny i pytanie o znaczącą dysproporcję

Jeśli za koszty (na rys. 5) uzna się poświęcenie związane z środkami niezbędnymi do uniknięcia ryzyka (czy to w czasie, pieniądzu, czy nakładach pracy), to uzyskujemy dysproporcję, porównując te koszty z korzyściami, a mówiąc inaczej – z uniknięciem potencjalnych strat dla zdrowia, życia – także w odniesieniu do przyszłości osób narażonych. W tym miejscu należy otwarcie przyjąć, że w celu zastosowania analizy kosztów i korzyści – o ile koszty są relatywnie łatwo identyfikowalne i policzalne, o tyle obliczenie korzyści wiąże się z koniecznością oszacowania w jednostkach monetarnych aspektów takich jak możliwe do uniknięcia ofiary, utrata zdrowia, często pogorszenie się komfortu życia itp., zależnie od przyjętej szczegółowości metodologii. Należy przy tym pamiętać, że ciągle mówimy o prawdopodobieństwie skutków a nie o nieuchronnych skutkach. W tej kwestii odsyłamy także do źródeł literaturowych podanych na końcu artykułu.

Z całą stanowczością należy odrzucić pojawiające się czasami błędne zrozumienie i niesłuszne zarzuty do metody CBA dokonywania oceny wartości zdrowia i życia.

W stosowanej przy ALARP analizie wartością i korzyścią są życie i zdrowie oraz inne aspekty ważne społecznie, potencjalnie uratowane dzięki inwestycjom w bezpieczeństwo.

Dyskutowana społecznie powinna być natomiast granica, po której przekroczeniu uważa się dalsze inwestycje za nieracjonalne - pamiętając o jak niskim prawdopodobieństwie skutków toczy się dyskusja. Ocena tej kwestii powinna być dokonywana z uwzględnieniem oczekiwań społecznych właściwych dla danego państwa, regionu czy obszaru.

Istnieją wytyczne i badania oceniające oczekiwania społeczne, w tym tzw. *willingness-to-pay* (WTP), czyli oczekiwane i akceptowalne społecznie poziomy kwot inwestycji w bezpieczeństwo mających zapobiegać lub zmniejszać liczbę ofiar, czy poziom zachorowań lub poprawiać inne aspekty życia, które mogą podlegać negatywnym wpływom inwestycji tworzącej ryzyko. Takie badania są miarodajne i pozwalają dokonać oceny, czy w rozważanym aspekcie ryzyko jest, czy nie jest ALARP.

Do celów podejmowania decyzji w ALARP należy zatem ustalić dodatkową regułę dla przewagi kosztów redukcji ryzyka nad korzyściami – czyli kiedy będziemy stwierdzać, że dysproporcja jest znacząca.

Tutaj najbardziej znanym wskaźnikiem jest tzw. „disproportion factor” (DF), czyli poziom przewagi kosztów nad korzyściami uznawany za granicę racjonalności.

W Wielkiej Brytanii reguły te zostały opisane liczbami. W Polsce brak jest takich regulacji, więc zarówno decyzja jak i odpowiedzialność spoczywa w rękach osób odpowiedzialnych za zapewnienie bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie.

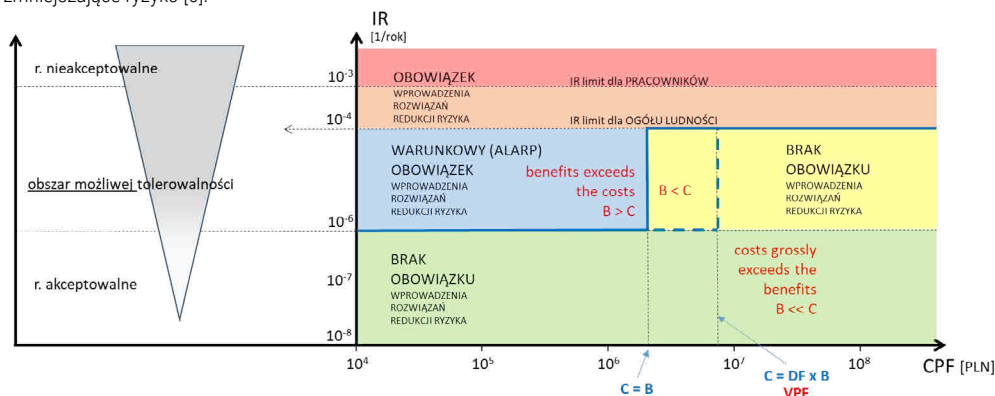
REASONABLY PRACTICABLE – RACJONALNIE WYKONALNY

Według brytyjskiego Health and Safety Executive (HSE) [5] termin *reasonable practicable* oznacza „racjonalnie wykonalne lub osiągalne”. Autorzy [5] cytują uzasadnienie do wyroku Court of Appeal w sprawie *Edwards v. National Coal Board*, [1949]:

„Reasonably practicable’ is a narrower term than ‘physically possible’ and seems to me to imply that a computation must be made by the owner in which the quantum of risk is placed on one scale and the sacrifice involved in the measures necessary for averting the risk (whether in money, time or trouble) is placed in the other, and that, if it be shown that there is a gross disproportion between them – the risk being insignificant in relation to the sacrifice – the defendants discharge the onus on them.

„Rozsądnie wykonalne” jest terminem węższym niż „fizycznie możliwe” i wydaje mi się sugerować, że właściciel musi dokonać obliczenia, w którym ilość ryzyka jest umieszczona na jednej skali, a poświęcenie związane ze środkami niezbędnymi do uniknięcia ryzyka (czy to w czasie, pieniądzu, czy kłopotach) jest umieszczona na drugiej skali. Jeżeli zostanie wykazane, że istnieje **rażąca dysproporcja** (oryg. **gross disproportion**) między nimi – ryzyko jest nieznaczne w stosunku do poświęcenia – pozwani zwalniają się z tego obowiązku.

Co do zasady upewnienie się, że ryzyko zostało zmniejszone ALARP polega m.in. na porównaniu potencjalnych konsekwencji ryzyka z „poświęceniem” (koszty, nakłady czasu i pracy) niezbędnym do jego dalszego zmniejszenia. Decyzja powinna być ważona przede wszystkim pod względem zdrowia i bezpieczeństwa, ponieważ podmiot odpowiedzialny za bezpieczeństwo powinien (jest zobowiązany prawnie) wdrożyć środki zmniejszające ryzyko [5].



Rys. 6. Obszary decyzyjne dla TOR/CBA Framework. Opracowanie: UDT na podstawie [8]

JAK STWIERDZIĆ, CZY RYZYKO JEST ALARP?

Wymaga to oceny. Nie ma prostego wzoru na obliczenie, co jest ALARP [5].

Używanie terminu «racjonalnie uzasadnione» pozwala nam wyznaczyć cele dla właścicieli ryzyka zamiast stosować nakazy i wymagania [5].

Ta elastyczność jest wielką zaletą zasady ALARP. Pozwala ona podmiotom odpowiedzialnym wybrać metodę, która jest dla nich najlepsza, a zatem wspiera innowację. Ale ma też swoje wady.

Podjęcie decyzji, czy ryzyko jest ALARP, może być trudne, ponieważ wymaga dokonania oceny i szczegółowego udokumentowania tego procesu.

W branżach wysokiego ryzyka lub tam, gdzie funkcjonuje nowa technologia, której stosowanie może mieć poważne konsekwencje, lub gdy sytuacja nie jest jednoznaczna, należy przeprowadzić bardziej szczegółowe porównanie.

W takich przypadkach bardziej formalna analiza kosztów i korzyści (CBA) może pomóc w dokonaniu oceny.

Aby uniknąć konieczności «nadmiernego poświęcenia się», podmiot odpowiedzialny, po wdrożeniu podstawowych środków redukcji ryzyka, musi wykazać, że **wdrażanie kolejnych środków byłoby rażąco nieproporcjonalne do korzyści** wynikających z ograniczenia ryzyka [5].

Proces ALARP nie polega zatem na prostym równoważeniu kosztów i korzyści, ale raczej na przyjmowaniu dostępnych rozwiązań, chyba że zostaną one wykluczone ze względu na rażąco nieproporcjonalne „poświęcenie”.

JAK NALEŻY ROZUMIEĆ KOSZTY I KORZYŚCI W KONTEKŚCIE ALARP?

- Jako koszty mogą być traktowane m.in.: koszty instalacji, eksploatacji, szkoleń i dodatkowej konserwacji. Kosztem mogą być także straty biznesowe, które wynikałyby z zamknięcia zakładu, jeśli byłoby ono skutkiem wdrożenia środka redukcji ryzyka.
- Korzyści powinny obejmować zmniejszenie ryzyka dla pracowników i szerszej społeczności, w tym zapobieżenie ofiarom śmiertelnym, urazom (od poważnych do mniejszych), pogorszeniu stanu zdrowia oraz szkodom dla środowiska.

Więcej informacji na ten temat znaleźć można w opracowaniu [6].

Autorzy [5] podali następujące, bardzo jaskrawe przykłady różnych stosunków kosztów i korzyści:

1. Wydanie miliona funtów na uniknięcie siniaków na kolanach pięciu pracowników jest rażąco nieproporcjonalne.
2. Ale wydanie miliona funtów na zapobieżenie poważnej eksplozji, w wyniku której może zginąć 150 osób, jest w sposób oczywisty proporcjonalne”.

JAKIMI ZASADAMI NALEŻY SIĘ KIEROWAĆ, PLANUJĄC WDROŻENIE ZASADY ALARP?

Z pewnością można oprzeć się na uznanych praktykach opisanych przez HSE [5], [6]. Jak wskazują normy IEC 61511 [2] oraz IEC 61508 [1], można rozważyć wprowadzenie obszaru ryzyka, w którym:

- a) wystarczające jest wykazanie przewagi kosztów nad korzyściami w bezpieczeństwie oraz
- b) wymagane jest wykazanie znaczącej przewagi kosztów nad korzyściami w bezpieczeństwie.

Takie podejście opisuje też prof. Kosmowski w pracy [7] oraz [8] opisującej tzw. TOR/CBA Framework. Koncepcję tę w skrócie przedstawiono na rys. 6.

CPF = Cost of Preventing Fatality,
VPF = Value of Preventing Fatality,
C = koszty,
B = korzyści,
DF = współczynnik dysproporcji

<p>W ramach TOR/CBA środki bezpieczeństwa są wymagane, jeśli którekolwiek z poniższych kryteriów byłoby spełnione:</p> <p>1. Kryterium TOR: bez przedmiotowych środków bezpieczeństwa ryzyko dla narażonych osób byłoby powyżej dopuszczalnego poziomu, lub</p> <p>2. Kryterium CBA: istnieją środki bezpieczeństwa, w przypadku których korzyści przewyższają koszty.</p> <p>Kryterium 1 (TOR) odwołuje się do słuszności. Kryterium 2 (CBA) odwołuje się do efektywności wykorzystania zasobów.</p>	<p>Zatem w TOR/CBA Framework (rys.6) istnieją dwa poziomy decyzyjne, podobnie jak w IEC 61508 (patrz rys.3)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Jeżeli $C > B$, to działanie nie jest już obowiązkowe. 2. Jeżeli $C > DF \times B$, to działanie nie jest już obowiązkowe.
---	--

W obszarze wymaganej dysproporcji zapewne każdy (większy od 1) współczynnik dysproporcji (DF) jest lepszy niż żaden. Porównanie wartości z różnych krajów [9] wskazuje, że konsensus leży w przedziale 2–3, choć zawsze jest to obarczone odpowiedzialnością za podjętą decyzję. W tym kontekście warto wskazać wyrok amerykańskiego sądu w sprawie cywilnej Grimshaw przeciwko Ford Motor Company, w którym odrzucono decyzję spółki z powodu współczynnika dysproporcji wynoszącego 2,8 [10].

Istnieją też inne sposoby ustalania dysproporcji, pozwalające uniknąć niezrozumienia. Taką metodą, jak wspomniano wcześniej, jest stosowany w Wielkiej Brytanii współczynnik VPF¹⁾, którego wartość można znaleźć w wytycznych Green Book [11], publikowanych okresowo przez HM Treasure.

¹⁾ VPF = Value of Preventing Fatality (~ współczynnik bazujący na koncepcji willingness-to-pay).

Przyjmowane dzisiaj VPF bazują na willingness-to-pay i są na tyle wysokie, że współczynnik DF nie jest już konieczny [12].
VPF: £1m (1997 prices) updated to £ 1.6m (2010 prices) [13].
Na podstawie [14] znamy wartość VPF w UK w 2020 r. → VPF ≈ 2 000 000 £.

Podobnie sprawa wygląda przy wykorzystaniu metody bazującej na współczynniku VPF, opisanej w [8], [11] i [15] oraz metody ICAF opisanej m.in. w [16].

Rozważmy jeden z przykładów na podstawie pracy [8].
Jeśli w Polsce przed wprowadzeniem regulacji odnotowywano około 5000 śmiertelnych wypadków co roku.
Gdy jako opcję sterowania ryzykiem (OSR) przyjmie się regulację prawną mającą ograniczyć liczbę ofiar: włączenie świateł przez 24h której przewidywany koszt $\Delta K = 200.000.000$ PLN/rok,
a jako cel regulacji: redukcja o 2% ($\Delta N = 100$ osób uniknie śmierci/rok),
wtedy uzyskamy CPF = 2 000 000 PLN.

Czy zatem opisana wyżej OSR (opcja sterowania ryzykiem) jest uzasadniona?

- Przyjmując, że $k_f = 1$ oraz $VPF > 2\,000\,000$ PLN, to działanie i jego koszty należy uznać za uzasadnione.
- Jeżeli natomiast zachodziłby warunek przeciwny, czyli $CPF > VPF$, to działanie nie byłoby już obowiązkowe.

Ale zastosowanie może mieć także zasada przewagi, np.:

$$CPF = k_f \times VPF$$

$$k_f \in (1; 2)$$

wówczas działanie nie byłoby uzasadnione dopiero po przekroczeniu $k_f \times VPF$, a decyzja wymagałaby ustalenia wartości współczynnika przewagi k_f .

W pracy [8] przywołano bardzo czytelny przykład metodologii oceny kosztów i efektów stosowania systemów zabezpieczeń z użyciem VPF przy określonych zależnościach opisujących **uzasadnione koszty roczne** dla ryzyka indywidualnego ΔK_{jus}^1 jako:

Równanie 1 – **uzasadnione koszty roczne** dla ryzyka indywidualnego

$$\Delta K_{jus}^1 = k_f \cdot VPF \cdot [F \cdot (PFD_{avg}^1 - PFD_{avg}^2)]$$

oraz ΔK_{jus} dla ryzyka grupowego jako:

Równanie 2 – **uzasadnione koszty roczne** dla ryzyka grupowego

$$\Delta K_{jus} = k_f \cdot VPF \cdot [F \cdot (PFD_{avg}^1 - PFD_{avg}^2)] \cdot N \cdot L^{ef}$$

przy czym zdefiniowano relację:

$$CPF = k_f \cdot VPF$$

gdzie:

CPF (Cost of Preventing Fatality) – koszt zapobiegania zejściu śmiertelnemu;

VPF (Value of Preventing Fatality) – wartość zapobieżenia zejściu śmiertelnemu;

k_f – współczynnik o wartościach, zależnie od rozważanego przypadku, z przedziału $k_f \in [1; 2]$;

F – częstość scenariusza bez środków zabezpieczeń;

N – liczba zejść śmiertelnych po zaistnieniu rozważanego scenariusza awaryjnego,

L^{ef} – efektywny czas życia (eksploatacji) obiektu uwzględniający czas życia obiektu L i stopę dyskonta d;

PFD_{avg}^1 oraz PFD_{avg}^2 – przeciętne prawdopodobieństwa niezadziałania rozważanych opcji sterowania ryzykiem OSR_1 i OSR_2 odpowiednio.

Rozważmy przykłady [8] z zastosowaniem podanych wyżej zależności, gdzie PFD_{avg}^1 i PFD_{avg}^2 są przeciętnymi prawdopodobieństwami niezadziałania na przywołanie systemu SIS¹⁾ dla rozważanych rozwiązań:

- OSR_1 (spełniającego podstawowe wymagania o niższym poziomie SIL) oraz
- OSR_2 (o wyższym poziomie SIL, czyli mniejszym PFD).

¹⁾ SIS = Safety Instrumented System / Przynarodowy system bezpieczeństwa – patrz IEC 61511-1

Przykład 1

Analizuje się ryzyko indywidualne w przypadku dominującego scenariusza awaryjnego o częstości $F = 10^{-2}/rok$ (bez uwzględniania środków zabezpieczających) i bazowym rozwiązaniu systemu E/E/PE na poziomie SIL2 ($PF_{avg} = 10^{-2}$). Ocenia się, czy uzasadnione jest zwiększenie poziomu SIL tego systemu do SIL3 ($PF_{avg} = 10^{-3}$).

Przyjęto $VPF = 10^6 EUR$ oraz $k_f = 1,5$.

Szacowana różnica kosztów: $\Delta K \approx 40\ 000 EUR/rok$.

Stosując równanie 1, uzyskano:

$$\Delta K_{jus}^I = 1,5 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot [10^{-2} \cdot (10^{-2} - 10^{-3})] \approx 270 EUR/rok$$

co wskazuje, że istnieje **ograniczone uzasadnienie, aby podnieść poziom SIL**, ponieważ uzasadnione koszty roczne (ΔK_{jus}^I) o tej wartości są niższe niż dodatkowy koszt rozwiązania z zastosowaniem SIL3.

$$\Delta K_{jus}^I < \Delta K$$

Przykład 2

Analizuje się ryzyko społeczne w przypadku dominującego scenariusza awaryjnego o częstości $F = 10^{-2}/rok$.

Zastosowanie ma równanie 2, przyjmując dane jak w przykładzie 1 oraz $N = 10$ i $L^{ef} = 15$, uzyskano:

$$\Delta K_{jus} = 1,5 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot [10^{-2} \cdot (10^{-2} - 10^{-3})] \cdot 10 \cdot 15 \approx 40500 EUR/rok$$

co wskazuje, że **jest uzasadnione rozważenie zastosowania rozwiązania o SIL3**, ponieważ tyle w przybliżeniu wyniosą dodatkowe koszty tego rozwiązania.

$$\Delta K_{jus}^I \approx \Delta K$$

Należy przeprowadzić dodatkowe, pogłębione analizy z oszacowaniem kosztów implementacji systemu zabezpieczeń na poziomie SIL3.

Mimo ponad 20 lat stosowania współczynnika VPF w regulacjach brytyjskich, nadal poszukuje się lepszego rozwiązania, dostrzegając problemy metodologiczne VPF prowadzące do niedoszacowania jego wartości.

Profesor Philip Thomas z University of Bristol w raporcie [15] wskazuje te błędy i proponuje inaczej sformułować pytanie, aby rozwiązać problem racjonalności decyzji przy inwestycjach w bezpieczeństwo.

Profesor Philip Thomas [15], zamiast szukać odpowiedzi na pytanie: „What is the value of a human life?”, proponuje pytanie: „**What benefit is conferred when a safety measure or a health care intervention ‘saves’ a person’s life?**”.

I to, zdaniem autorów, jest znacznie lepiej postawione pytanie, gdyż szerzej traktuje wartość wnoszoną przez działania redukujące ryzyko. Podkreśla również pozytywną istotę zasady ALARP – wyznaczanie inwestorom celu zamiast sztywnych regulacji – co wspiera innowacyjność i zapewnia elastyczność doboru rozwiązań. Akcentuje także ich odpowiedzialność za ratowanie życia i zdrowia oraz innych wartości cenionych w obszarze oddziaływania ryzyka tworzonego przez inwestycję.

PODSUMOWANIE

Zdaniem autorów, mimo dodatkowych nakładów pracy i konieczności podjęcia konkretnych decyzji co do wyboru reguł i metodologii obliczeń kosztów i korzyści, dokumentacja uzyskania ALARP powinna być nieodłącznym składnikiem dokumentacji potwierdzającej zapewnienie bezpieczeństwa urzędu technicznego, zespołu urzędów oraz instalacji przemysłowej. Osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo w imieniu przedsiębiorcy powinny w każdej chwili legitymować się aktualnym dowodem na ryzyko tak niskie, jak to racjonalnie uzasadnione (ALARP), z zastosowaniem jednej z metod doboru kryteriów dysproporcji.

Podkreślamy, że zasadę ALARP należy stosować, uwzględniając wymagania prawne, normatywne oraz dobrą praktykę inżynierską.

ALARP wymaga także stałej weryfikacji aktualności: przed wprowadzeniem zmian, po ich wprowadzeniu oraz okresowo – uwzględniając zmieniające się możliwości techniczne oraz stan techniczny urządzeń. Jest to istotne w kontekście obowiązku zapewnienia bezpiecznego miejsca pracy przez pracodawcę, w tym obowiązku monitorowania stanu bezpieczeństwa i higieny pracy.

Dokumentacja ALARP może mieć charakter poufny z uwagi na wrażliwe dane właściciela ryzyka ujawniające politykę bezpieczeństwa, w tym tzw. *risk appetite* lub *risk-aversion* przedsiębiorstwa. Powinien to być jednak dokument dostępny dla właściwych instytucji państwowych odpowiedzialnych za ocenę zapewnienia bezpieczeństwa, tj. Państwowa Inspekcja Pracy czy UDT, oraz dostępny dla strony społecznej reprezentującej pracowników przedsiębiorstwa.

W miarę zaangażowania przedsiębiorstwa w tzw. CSR (ang. Corporate Social Responsibility) dokument ALARP każdej inwestycji, która niesie ryzyko dla społeczeństwa, powinien być dostępny publicznie w odpowiednim trybie.

Dodatkową zaletą posiadania dokumentacji ALARP jest możliwość jej prezentacji jako dowodu zapewnienia bezpieczeństwa rozstrzygającego ewentualne wątpliwości, jakie mogą powstawać przy ocenie zastosowanych rozwiązań technicznych i organizacyjnych w kontekście obowiązujących przepisów prawa.

Bezpieczeństwo powinno być zaprojektowane i okresowo weryfikowane.

Literatura:

1. PN-EN 61508-5:2010 Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektrycznych systemów związanych z bezpieczeństwem - Część 5: Przykłady metod określania poziomów nienaruszalności bezpieczeństwa.
2. PN-EN 61511-3: 2017-07 Bezpieczeństwo funkcjonalne. Przyrządowe systemy bezpieczeństwa do sektora przemysłu procesowego - Część 3: Wytyczne do określania poziomów wymaganych nienaruszalności bezpieczeństwa.
3. Borysiewicz M., Markowski A.S., Kryteria akceptowalności ryzyka poważnych awarii przemysłowych, Warszawa, listopad 2002
https://www.researchgate.net/profile/Adam-Markowski-3/publication/268275406_Kryteria_akceptowalnosci_ryzyka_powaznych_awarii_przemyslowych/links/57233daa08ae586b21d87eb3/Kryteria-akceptowalnosci-ryzyka-powaznych-awarii-przemyslowych.pdf – dostęp 20.05.2024
4. Prowadzenie analiz i ocena ryzyka. Wytyczne Urzędu Dozoru Technicznego. Materiały informacyjne dla klientów. Wydanie 1
Urząd Dozoru Technicznego - Analiza zagrożeń i oceny ryzyka (udt.gov.pl) – dostęp 20.05.2024.
5. Health and Safety Executive: ALARP "at a glance"; link – dostęp 20.05.2024.
6. Risk management: HSE principles for Cost Benefit Analysis in support of ALARP. Risk management: Expert guidance - HSE principles for Cost Benefit Analysis in support of ALARP – dostęp 20.05.2024.
7. Kosmowski K.T.: Analiza ryzyka i zarządzanie bezpieczeństwem funkcjonalnym, Journal of Polish Safety and Reliability Association, 2011, Vol. 2, No. 3; p. 9–16; link – dostęp 20.05.2024.
8. Kosmowski K.T.: Functional Safety in the context of Risk Appraisal criteria and cost-benefit analysis, Functional Safety Management in Critical Systems, 2007.
9. Thomas Ph., The J-value Framework for determining best use of resources to protect Humans and the environment, First International Conference on Structural Integrity (ICONS-2014), February 4-7, 2014, Kalpakkam, India; p.170; CD Proceedings of ICONS-2014; link – dostęp 20.05.2024.
10. Third Series of Court of Appeal Reports, USA, 1981, Volume 119, p. 757.
11. GOV.UK: Guidance: The Green Book (2022), Updated 27 October 2023; <https://www.gov.uk/government/publications/the-green-book-appraisal-and-evaluation-in-central-government/the-green-book-2020#list-of-green-book-supplementary-guidance> – dostęp 20.05.2024.
12. Evans A.W.: Safety Appraisal Criteria, The 2005 Lloyd's Register Lecture on Risk Management, The Royal Academy of Engineering; Imperial College, London 2005.
13. HSE – A scoping study on the valuation of risks to life and health: the monetary value of a life year (VOLY) Final report, Newcastle University, Glasgow Caledonian University, University of Birmingham; link – dostęp 20.05.2024.
14. Dolan P., Jenkins P., Estimating the monetary value of the deaths prevented from the UK Covid-19 lockdown when it was decided upon – and the value of "flattening the curve"; LSE, 25 June 2020; link – dostęp 20.05.2024.
15. Thomas Ph., Calculating the value of human life: safety decisions that can be trusted; Policy Report 25: April 2018; University of Bristol; link – dostęp 20.05.2024.
16. Lewis S., Risk Criteria – When is low enough good enough?; Risktec Solutions Limited; link – dostęp 20.05.2024.