

LOPA

ANALIZA WARSTW ZABEZPIECZEŃ

CZĘŚĆ 2



MGR INŻ. JACEK ŻACZYŃSKI

Kierownik Działu Technicznego
Ekspert Urzędzeń Ciśnieniowych
Oddział w Szczecinie
Urząd Dozoru Technicznego



MGR INŻ. DAMIAN FIEDOROWICZ

Kierownik Działu Oceny Zgodności
Oddział w Szczecinie
Urząd Dozoru Technicznego

Analizy zagrożeń procesowych (PHA) są użytecznymi narzędziami do identyfikowania potencjalnych scenariuszy awaryjnych. Dają one jakościową informację, czy zastosowano wystarczające zabezpieczenia w celu zapobiegania lub złagodzenia skutków awarii. Przeprowadzenie ilościowych analiz ryzyka (QRA) dla wszystkich scenariuszy awaryjnych jest bardzo kosztowne i skomplikowane, przez co nieracjonalne. Dla ochrony bezpieczeństwa instalacji i zakładów procesowych warto wykorzystać koncepcję warstw ochrony warstw ochrony oraz opracowaną dla nich analizę, oceniającą m.in. ich skuteczność tj. Analizę Warstw Zabezpieczeń - LOPA. Jak opisano w części 1 (Inspektor 1/2024) https://www.udt.gov.pl/images/INSPEKTOR_1_2024_WCAG.pdf. LOPA jest półilościową metodą analizy i oceny ryzyka. Obecnie używa się jej zarówno do dokonywania oceny ryzyka, jak i podejmowania decyzji o poziomie SIL dla SIF.

RYZYKA ZWIĄZANE Z PRZETWARZANIEM MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH, PALNYCH, WYBUCHOWYCH, TOKSYCZNYCH DOTYCZA SZCZEGÓLNICZIE FUNKCJONOWANIA ZAKŁADÓW PRZEMYSŁOWYCH, ZWŁASZCZA TYCH ZWIĄZANYCH Z PRZEMYSŁEM CHEMICZNYM, NAFTOWO-GAZOWYM CZY PETROCHEMICZNYM. ZAPEWNIENIE BEZPIECZEŃSTWA EKSPLOATACJI INSTALACJI PROCESOWYCH WYMAGA DOKŁADNEGO ZIDENTYFIKOWANIA I PRZEANALIZOWANIA POTENCJALNYCH PROBLEMÓW Z ICH FUNKCJONALNOŚCIĄ.

W artykule oraz kolejnych jego częściach przybliżamy tę bardzo skuteczną technikę analizy ryzyka oraz wskazujemy najczęściej popełniane błędy podczas jej stosowania. Poniżej przedstawiamy szczegółową procedurę przeprowadzania analizy LOPA z podziałem na kilka głównych kroków.

PROCEDURA PRZEPROWADZANIA ANALIZY LOPA

- Wybór scenariuszów awaryjnych, określenie rodzaju i ciężkości skutków (ludzie, środowisko, mienie)
- Identyfikacja przyczyny dla każdego scenariusza awaryjnego
- Oszacowanie częstotliwości zdarzenia inicjującego (przyczyny)
- Identyfikacja wszystkich warstw zabezpieczających, wybór Niezależnych Warstw Zabezpieczających (IPL) dla każdej pary przyczyna-skutek
- Określenie PFD (Prawdopodobieństwa Niezadziałania na Żądanie) dla każdej Niezależnej Warstwy Zabezpieczeń IPL
- Obliczenie częstotliwości zdarzenia awaryjnego dla każdej pary przyczyna-skutek, jako iloczynu częstotliwości zdarzeń inicjujących oraz PFD każdego odpowiedniego IPL
- Porównanie zredukowanej (uwzględniającej PFD wszystkich IPL) częstotliwości zdarzenia awaryjnego z korporacyjnymi kryteriami tolerancji ryzyka
- W przypadku nie osiągnięcia kryteriów ryzyka: dodanie dodatkowych zabezpieczeń IPL, podniesienie niezawodności SIL funkcji bezpieczeństwa, zaprojektowanie procesu lub przeprowadzenie bardziej szczegółowej analizy, takiej jak analiza drzewa błędów (FTA) i/lub ilościowa ocena ryzyka (QRA)
- Przeanalizowanie, czy ewentualne dodatkowe zabezpieczenia wprowadzają nowe zagrożenia
- Przeprowadzenie weryfikacji PFD wybranych zabezpieczeń
- W razie potrzeby zaktualizowanie procedury zarządzania bezpieczeństwem procesowym (PSM)

WYBÓR SCENARIUSZA AWARYJNEGO

Pierwszym krokiem w analizie LOPA jest wybór scenariusza awaryjnego. Scenariusze te identyfikowane są za pomocą technik analizy zagrożeń procesowych PHA, takich jak np. HAZOP, What-if itp., lub na podstawie wcześniejszych zdarzeń awaryjnych.

TYPOWE PRZYKŁADY

- Uwolnienie toksycznych oparów spowodowane utratą szczelności (wyciek lub rozerwanie zbiornika w wyniku nadciśnienia)
- Potencjalne zagrożenie wybuchowo-pożarowe w wyniku uwolnienia substancji łatwopalnych lub tworzących z powietrzem mieszaniny wybuchowe

- Awarie takie mogą skutkować obrażeniami personelu, uszkodzeniem sąsiednich obiektów przemysłowych lub „wyjść” poza obszar instalacji/zakład i zagrozić lokalnej społeczności.
- Mogą również powodować szkody dla środowiska naturalnego oraz olbrzymie straty finansowe jako skutek uszkodzenia sprzętu i zatrzymania procesu technologicznego powodować olbrzymie straty finansowe.

Skutki te klasyfikowane są najczęściej według ciężkości (dotkliwości): ile osób jest poszkodowanych, jak duży obszar jest skażony, jakie duże są straty finansowe wynikające z przestoju lub uszkodzenia sprzętu?

Najczęściej do LOPA wybierany jest scenariusz o najpoważniejszych skutkach, np. zagrożenie dla życia ludzkiego lub, o największej częstotliwości zdarzenia lub kiedy trzeba wyznaczyć poziom SIL dla funkcji bezpieczeństwa.

Tabela 1. Przykładowy opis kategorii skutków

KATEGORIE SKUTKÓW	Ludzie	Środowisko	Majątek \$ [dol.]
Kategoria 1	Brak obrażeń	Brak wpływu	< 1000
Kategoria 2	Pojedyncze, lekkie obrażenia	Małe	< 10 000
Kategoria 3	Wiele lekkich obrażeń, pojedyncze ciężkie	Średnie	< 100 000
Kategoria 4	Wiele ciężkich obrażeń, jedna ofiara śmiertelna	Duże	< 1 000 000
Kategoria 5	Wiele ofiar śmiertelnych	Katastrofa ekologiczna	>1 000 000

IDENTYFIKACJA ZDARZENIA INICJUJĄCEGO

Drugim etapem jest identyfikacja zdarzenia inicjującego tj. przyczyny analizowanego scenariusza awaryjnego oraz określenie częstotliwości jego wystąpienia (1/rok). Rodzaje zdarzeń inicjujących to najczęściej: awarie, błędy ludzkie lub zdarzenia takich jak uderzenie pioruna.

Zdarzenie inicjujące musi prowadzić do skutków, biorąc pod uwagę awarię wszystkich zabezpieczeń.

Częstotliwość wystąpienia zdarzenia inicjującego powinna uwzględniać podstawowe aspekty scenariusza, dla których scenariusz ten jest ważny. Są to m.in. zdarzenia umożliwiające.

Zdarzenie umożliwiające, czyli zdarzenie, które nie jest awarią, błędem ani warstwą zabezpieczeń, ale umożliwia sekwencję incydentów prowadzącą do skutków. Składa się z warunku lub fazy operacyjnej, która nie powoduje bezpośrednio scenariusza awaryjnego, ale musi być obecny lub aktywny, aby scenariusz rozwinął się do awarii skutkującej stratami.

PRZYKŁAD

Jeżeli zdarzeniem inicjującym jest awaria układu regulacji ciśnienia reaktora polimeryzacji, który pracuje co drugi dzień, to częstość zdarzenia inicjującego f_{ZI} – awaria układu regulacji np. $f_{PIC} = 0,1$ musi być pomniejszona o liczbę dni roboczych w roku, podczas których nie może wystąpić scenariusz awaryjny.

Obliczenia:

$$f_{ZI} = f_{PIC} * 0,5 = 0,1 * 0,5 = 0,05,$$

gdzie:

f_{ZI} – częstotliwość zdarzenia inicjującego,

f_{PIC} – częstotliwość awarii układu regulacji ciśnienia PIC.

IDENTYFIKACJA NIEZALEŻNYCH WARSTW ZABEZPIECZAJĄCYCH

Trzecim krokiem jest identyfikacja IPL (Niezależnych Warstw Zabezpieczających) oraz oszacowanie ich PFD (Prawdopodobieństwa Niezadziałania na Żądanie). Niektóre scenariusze, aby osiągnąć kryteria tolerancji ryzyka, będą wymagały tylko jednego IPL, podczas gdy inne mogą wymagać wielu IPL lub IPL o niskim PFD.

ISTOTĄ LOPA JEST IDENTYFIKACJA ISTNIEJĄCYCH ZABEZPIECZEŃ ORAZ WYBÓR SPOŚRÓD NICH IPL.

Są to zabezpieczenia, które spełniają siedem podstawowych wymagań:

- niezależność,
- funkcjonalność,
- nienaruszalność,
- niezawodność,
- audytowalność,
- bezpieczeństwo dostępu,
- zarządzanie zmianami.

Zabezpieczenia, które nie spełniają tych wymagań, nie są IPL.

NIEZALEŻNA WARSTWA ZABEZPIECZEŃ (IPL – Independent Protection Layer) –

urządzenie, system lub działanie, które jest w stanie zapobiec rozprzestrzenianiu się scenariusza awaryjnego do katastrofalnych skutków pomimo wystąpienia zdarzenia inicjującego lub braku działania jakiegokolwiek innego zabezpieczenia w tym samym scenariuszu awaryjnym.

Skuteczność IPL określa się ilościowo na podstawie PFD, czyli liczby bezwymiarowej mieszczącej się w przedziale od zera do jedynki.

Szczegółowe wymagania dla IPL zostaną omówione w dalszej części artykułu.

Zapamiętaj!

Wszystkie IPL są zabezpieczeniami, ale nie wszystkie zabezpieczenia są IPL.

CZĘSTOTLIWOŚCI ZDARZENIA AWARYJNEGO

Krok czwarty to obliczenie częstotliwości zdarzenia awaryjnego. Można to przedstawić matematycznie za pomocą następującego równania obliczeniowego, gdzie częstotliwość zdarzenia inicjującego mnoży się przez prawdopodobieństwo, że każda niezależna warstwa zabezpieczeń IPL nie spełni swojej zamierzonej funkcji.

Równanie obliczenia częstotliwości zdarzenia awaryjnego:

$$f_i^C = IEF_i * PFD_{i1} * PFD_{i2} * \dots * PFD_{ij} \text{ (równanie 1),}$$

gdzie:

f_i^C = częstotliwość konsekwencji występujących w scenariuszu awaryjnym „i”,

IEF_i = częstotliwość zdarzenia inicjującego IE scenariusza awaryjnego „i”,

PFD_{ij} = prawdopodobieństwo niezadziałania na żądanie niezależnej warstwy zabezpieczeń IPL „j” w scenariuszu awaryjnym „i”.

Typowymi jednostkami stosowanymi w ww. wzorze są jednostki roczne (niskie zapotrzebowanie) lub godzinowe (wysokie zapotrzebowanie).

Wynik powyższego równania można wykorzystać jako dane wejściowe do porównania obliczonego ryzyka z kryteriami tolerancji ryzyka scenariusza wg np. matrycy ryzyka, ilościowych kryteriów tolerancji ryzyka lub liczby IPL.

Podczas obliczeń można uwzględnić również inne czynniki, np. wspomniane wcześniej zdarzenia umożliwiające lub modyfikatory warunkowe (w zależności od rodzaju konsekwencji).

Modyfikator warunkowy – jedno z kilku możliwych prawdopodobieństw uwzględnianych w obliczeniach ryzyka, zazwyczaj wtedy, gdy skutki są wyrażone w kategoriach strat (np. ofiary śmiertelne), a nie w kategoriach zdarzenia szczytowego (np. uwolnienie, pęknięcie naczynia).

Do modyfikatorów warunkowych zaliczają się m.in.:
prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznej atmosfery, prawdopodobieństwo zapłonu,
prawdopodobieństwo eksplozji,
prawdopodobieństwo obecności personelu,
prawdopodobieństwo obrażeń lub śmierci,
prawdopodobieństwo uszkodzenia sprzętu lub innych skutków finansowych.

Aby obliczyć częstotliwość w uwzględnieniu modyfikatorów warunkowych, należy zmodyfikować równanie 1 poprzez pomnożenie częstotliwości scenariusza awaryjnego przez odpowiednie prawdopodobieństwa. Obejmują one:

- prawdopodobieństwo wystąpienia zapłonu ($P^{ZAPŁONU}$) – w przypadku uwolnień mediów łatwopalnych,
- prawdopodobieństwo obecności człowieka w zagrożonym obszarze ($P^{OBECNOŚĆ_CZŁOWIEKA}$),
- prawdopodobieństwo obrażeń ($P^{OBRAŻEN}$) – w przypadku ciężkich obrażeń lub śmierci.

Równanie obliczenia częstotliwość pożaru dla pojedynczego scenariusza:

$$f_i^{pożar} = IEF_i * \left(\prod_{j=1}^J PFD_{ij} \right) * P^{ZAPŁONU} \quad (\text{równanie 2})$$

Równanie określenia częstotliwości narażenia osoby na ogień:

$$f_i^{pożar} = IEF_i * \left(\prod_{j=1}^J PFD_{ij} \right) * P^{ZAPŁONU} * P^{OBECNOŚĆ_CZŁOWIEKA} \quad (\text{równanie 3})$$

Równanie określa prawdopodobieństwo odniesienia obrażeń podczas pożaru:

$$f_i^{POŻAR_OBRAŻENIA} = IEF_i * \left(\prod_{j=1}^J PFD_{ij} \right) * P^{ZAPŁONU} * P^{OBECNOŚĆ_CZŁOWIEKA} * P^{OBRAŻEN} \quad (\text{równanie 4})$$

Należy zauważyć, że prawdopodobieństwo zapłonu i prawdopodobieństwo obecności człowieka są często powiązane ze zdarzeniem inicjującym – źródłem zapłonu może być działanie tej samej osoby. Zdarzenie inicjujące ze swej natury może zwiększyć jedno lub oba prawdopodobieństwa. **Na ekspercie prowadzącym analizę LOPA ciąży odpowiedzialność za identyfikację takich powiązań.**

Tabela 2. Przykłady wartości „modyfikatorów warunkowych” dla $P^{ZAPŁONU}$ oraz $P^{OBECNOŚĆ_CZŁOWIEKA}$

TYP SCENARIUSZA AWARYJNEGO	$P^{ZAPŁONU}$
Kolizja (np. upadek dźwigu na zbiornik)	1,0
Duża emisja w sąsiedztwie urządzeń stwarzających zagrożenie pożaru	1,0
Emisja w obrębie instalacji procesowej	0,5
Emisja w obrębie zdalnie eksploatowanej instalacji procesowej (np. farma zbiorników)	0,1

TYP SCENARIUSZA AWARYJNEGO	$P^{OBECNOŚĆ_CZŁOWIEKA}$
Tryb pracy instalacji, która wymaga obecności obsługi	1,0
Scenariusz, który spowoduje przyciągnięcie uwagi obsługi	1,0
Obecność obsługi związana jest ze zdarzeniem inicjującym	1,0
Normalna praca instalacji	0,5
Obsługa zdalnie eksploatowanej instalacji procesowej (np. farma zbiorników)	0,1

UWAGA!

Prawdopodobieństwo „obecności człowieka” powinno uwzględniać cały personel w obszarze oddziaływania. Dotyczy to m.in. tym czynności rutynowych, operacji przejściowych lub krótkotrwałych, takich jak rozruchy, prace konserwacyjne, przewidywanych sytuacji nietypowych oraz okresów, w których może przebywać większa grupa osób. Jeśli zdarzenie jest na tyle duże, że wpływa na więcej niż bezpośredni obszar, należy również wziąć pod uwagę personel w sąsiednich jednostkach. Kolejną kwestią jest skuteczność kontroli dostępu do potencjalnie zagrożonych obszarów. Należy też pamiętać, że scenariusze obejmujące rozruch i zatrzymanie instalacji będą musiały być oceniane osobno od normalnej pracy ciągłej.

Prawdopodobieństwo „obecności człowieka” musi być niezależne od ocenianego scenariusza. Często tak się nie dzieje, gdy w grę wchodzi reakcja operatora na alarm, ponieważ częścią reakcji operatora może być sprawdzenie sytuacji na instalacji. Inne przykłady obejmują sytuację, w której scenariusz skutkuje nienormalnym hałasem (np. w przypadku uwolnienia gazu pod wysokim ciśnieniem, kawitacji pompy lub rozpryskiwania się cieczy), efektami wizualnymi (np. dym lub opary) lub zapachem, do którego personel może się zbliżyć w celu zdiagnozowania i podjęcia próby naprawy.

Aspekt prawdopodobieństwa „obecności człowieka” wpływa na procedury i szkolenia. Określa, w jaki sposób operatorzy powinni reagować na zdarzenia i czy ich działania narażają personel na niebezpieczeństwo.

„Obecność człowieka” nie powinna być uznawana za modyfikator warunkowy, jeśli istnieje sytuacja, w której wymagana byłaby obecność operatora, aby nastąpiło zdarzenie inicjujące. Do takich sytuacji zaliczyć można scenariusze uwzględniające operacje ręczne, np. nieprawidłowe załadowanie reaktora wsadowego, otwarcie niewłaściwego zaworu lub błąd popełniony podczas operacji załadunku lub rozładunku.

Nie należy uznawać modyfikatora warunkowego „obecność człowieka”, jeśli jest ona uwzględniana przy ustalaniu dotkliwości konsekwencji. Dotyczy to sytuacji, w której zespół przy określaniu skutków wziął już pod uwagę prawdopodobieństwo obecności człowieka.

Podobnie nie należy go stosować, jeśli firma stosuje zasady LOPA, które nie uwzględniają obecności ludzi. Dotyczy to przypadku, gdy zasady te zakładają, że ktoś jest obecny w dowolnym miejscu 24 godziny na dobę, 365 dni w roku).

Zapamiętaj!

Nie należy używać „modyfikatorów warunkowych” w przypadku, gdy firma nie posiada odpowiednich procedur opisujących ich stosowanie lub gdy istnieją jakiegokolwiek wątpliwości co do zasadności ich stosowania. Na analityku bezpieczeństwa ciąży odpowiedzialność prawidłowego ich zastosowania oraz udokumentowania.

OBLICZENIE RYZYKA

Ostatnim krokiem analizy LOPA jest obliczenie ryzyka, porównanie go z korporacyjnymi kryteriami tolerancji i podjęcie decyzji o jego ewentualnym dalszym ograniczaniu.

Obliczanie ryzyka

Jeżeli pożądanym rezultatem analizy jest obliczenie ryzyka, częstotliwość danego scenariusza awaryjnego mnoży się przez współczynnik związany z wielkością konsekwencji.

$$R_k^C = f_k^C * C_k,$$

gdzie:

- R_k^C = wskaźnik ryzyka potencjalnych skutków scenariusza awaryjnego „k”, wyrażony jako wielkość konsekwencji w jednostce czasu. W zależności od szacowanego scenariusza, jednostki, w jakich będzie wyrażane ryzyko, będą się różnić. Niektóre przykłady mogą obejmować ryzyko śmierci w ciągu roku, potencjalną liczbę ofiar śmiertelnych w roku, miesięczne straty ekonomiczne, wielkości uwolnionych substancji toksycznych w roku.

- f_k^C = częstotliwość konsekwencji występujących w scenariuszu awaryjnym „k”, wyrażoną w jednostkach czasu np. 1/rok, 1/godzinę.

- C_k = wielkość skutków analizowanego zdarzenia awaryjnego „k”. Mogą występować następujące rodzaje konsekwencji: pojedyncza ofiara śmiertelna, liczba ofiar śmiertelnych, wielkość strat ekonomicznych, wielkość uwolnionej substancji toksycznej, liczba osób narażonych na działanie substancji niebezpiecznej.

Aby móc zastosować powyższy wzór, niepożądane konsekwencje scenariusza „k” muszą być wyrażone w wielkości „numerycznej”.



Zapamiętaj!

Ryzyko jest miarą obrażeń ludzi, szkód w środowisku lub strat ekonomicznych zarówno pod względem prawdopodobieństwa zdarzenia, jak i wielkości straty lub obrażeń. Matematycznie ryzyko można wyrazić równaniem:
RYZYKO = CZĘSTOTLIWOŚĆ * SKUTKI

Należy pamiętać, że ryzyko jest funkcją częstotliwości scenariusza awaryjnego i dotkliwości skutków. Wskaźnik ryzyka wyrażony jest jako częstotliwość wystąpienia kategorii skutków, dlatego część równania będąca konsekwencjami jest zdefiniowana jako stała. Wskaźnik ryzyka dla danej kategorii skutków wyraża się następnie jako częstotliwość jej wystąpienia, np. roczne uwolnienia, liczba pożarów w roku, potencjalne obrażenia w ciągu roku, ofiary śmiertelne w ciągu roku.

Każda analiza ryzyka, zarówno jakościowa, jak i ilościowa, powinna kończyć się podjęciem decyzji dotyczącej obliczonego ryzyka. Decyzja ta może należeć do jednej z trzech ogólnych kategorii (jak niżej).

Zarządzanie ryzykiem szczytkowym – stosowanie systemu zarządzania ryzykiem, który utrzymuje ryzyko na określonym tolerowanym poziomie

Ograniczenie (złagodzenie) ryzyka tak, aby było ono akceptowalne (tolerowane)

Zaprzestanie działalności, ponieważ ryzyko jest zbyt wysokie

W przypadku wyznaczania SIL – przypisanie wymaganego poziomu dla analizowanej funkcji bezpieczeństwa

LOPA jest stosowana głównie w celu ustalenia, czy scenariusz awaryjny mieści się w kryteriach tolerancji ryzyka lub czy jego ryzyko musi zostać zmniejszone. W analizie LOPA rozróżniamy trzy typy oceny ryzyka:

- porównanie obliczonego ryzyka z ilościowymi kryteriami tolerancji ryzyka – dominująca metoda,
- ocena ekspercka wykwalifikowanego analityka ryzyka – nie jest zalecana,
- względne porównanie konkurencyjnych alternatyw w celu zmniejszenia ryzyka – bardzo rzadko stosowana.

Najczęściej w metodzie LOPA podczas oceny ryzyka stosuje się porównanie obliczonego ryzyka do korporacyjnych kryteriów tolerancji. W tym miejscu wystarczy zauważyć, że kryteria tolerancji ryzyka można podzielić na cztery podstawowe kategorie:

- kryteria umieszczające ryzyko w postaci macry, z parametrami częstotliwości i konsekwencji jako wskazówkami,
- kryteria określające ilościowe maksymalne dopuszczalne ryzyko (np. śmierć lub strata finansowa) dla każdego scenariusza,
- kryteria określające minimalną liczbę IPL dla dowolnego scenariusza,
- kryteria określające maksymalne skumulowane ryzyko dla procesu lub obszaru graficznego.

W kolejnej części artykułu omówimy siedem podstawowych wymaganiach (core attributes), które muszą spełnić zabezpieczenia, aby być IPL, oraz o błędach przy ich stosowaniu. Poszukamy również odpowiedzi na pytanie, czy zakład jest gotowy na zastosowanie analizy LOPA. Będziemy mogli również przeanalizować wszystkie kroki w analizie LOPA na podstawie przykładu.

Literatura:

1. Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment. New York, NY: Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers: 2001
2. Guidelines for Enabling Conditions and Conditional Modifiers in Layer of Protection Analysis, New York, NY: Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers: 2013
3. Guidelines for Initiating Events and Independent Protection Layers in Layer of Protection Analysis, New York, NY: Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers: 2015
4. Practical SIL Target Selection - Risk Analysis per the IEC 61511 Safety Lifecycle: exida.com LLC; First Edition: 2012.
5. Prowadzenie Analiz i Ocena Ryzyka - Wytyczne Urzędu Dozoru Technicznego, Wydanie 1: Urząd Dozoru Technicznego UDT-CERT, Warszawa 2020 Urząd Dozoru Technicznego - Analiza zagrożeń i oceny ryzyka (udt.gov.pl)