

## OCHRONA PRZECIWPOWODZIOWA W HOLANDII Flood protection in the Netherlands

mgr inż. K. Pilarczyk

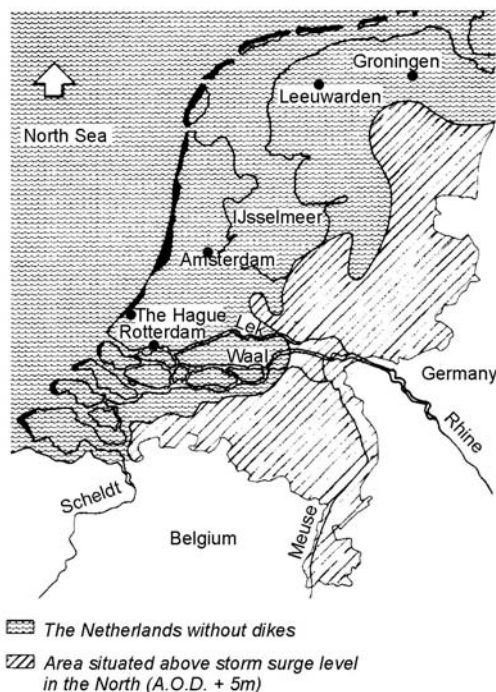
Rijkswaterstaat, Road and Hydraulic Engineering Institute, Delft, The Netherlands  
Holenderski Departament Robót Publicznych, Instytut Dróg i Budownictwa Wodnego w Delft  
P.O. Box 5044, 2600 GA Delft, The Netherlands

[k.w.pilarczyk@dww.rws.minvenw.nl](mailto:k.w.pilarczyk@dww.rws.minvenw.nl); [k.pilarczyk@planet.nl](mailto:k.pilarczyk@planet.nl);

### 1. Wprowadzenie i streszczenie / Introduction and Summary

*Powodzie są na świecie jednym z najważniejszych powodów strat w ludziach, wartości materialnej i zarobków a więc, jednym z głównych powodów pogarszania się rozwoju społecznego i potencjalnym źródłem biedy.*

Kraje nizinne, takie jak Holandia, zależą w poważnym stopniu od dobrej ochrony przeciwpowodziowej. To tłumaczy stosunkowo wysokie nakłady finansowe w Holandii na naukę i badania w tym zakresie. Ponieważ od stuleci Holandia była (i jest) narażona na niebezpieczeństwo ze strony morza i rzek, jej służby techniczne gromadziły wiedzę z dziedziny hydrauliki rzecznej i morskiej, zwłaszcza projektowania i budowy wałów oraz środków zabezpieczenia przed powodzią. Bez wałów przeciwpowodziowych połowa Holandii znalazłaby się pod wodą (Rysunek 1) (Pilarczyk, 1998).



Rysunek 1. Holandia bez ochrony przeciwpowodziowej (bez wałów)

Projektowanie wałów i systemów ochrony przeciwpowodziowej było do połowy ubiegłego wieku jednak głównie oparte raczej na pewnym ogólnym doświadczeniu niż na obiektywnych metodach obliczeniowych. Dla przykładu, poziom wody projektowej /poziom wody przewidywany w projekcie/ bazował przeważnie na historycznej wielkości najwyższej wody z pewnym dodatkiem. Wzrastające zapotrzebowanie na rzetelne metody projektowe dla budowli ochronnych, zwłaszcza po wielkiej powodzi w 1953 roku, spowodowało większy nacisk na studia i badania w tej dziedzinie, a w ich wyniku przygotowano generalną koncepcję ochrony i szereg wytycznych projektowych dla różnych budowli brzegowych. Generalna koncepcja i wytyczne projektowe są przeznaczone dla techników i organizacji bezpośrednio odpowiedzialnych/zwiazanych z zapewnieniem ochrony przeciwpowodziowej, projektowaniem i utrzymaniem budowli ochronnych.

Systemy i budowle ochronne przeznaczone są do zabezpieczenia ludności oraz uniknięcia strat ekonomicznych ze względu na wysokie stany (powodziowe) wód i/lub spiętrzenia sztormowe. Jednakże nie można nigdy osiągnąć absolutnego stanu bezpieczeństwa (absolute safety). Dlatego lepiej jest mówić o prawdopodobieństwie awarii (lub bezpieczeństwie) pewnego systemu ochronnego (probabilistic approach). Stosując takie podejście można dokonać ilościowej oceny wszystkich możliwych przyczyn awarii (failure modes) i oceny ryzyka systemu ochrony (safety assessment).

W niniejszym opracowaniu dokonujemy przeglądu ogólnej filozofii systemu ochrony i projektowania, rozmaitych aspektów hydraulicznych i geotechnicznych, oraz przykładów kryteriów projektowania i oceny stanu bezpieczeństwa dla wałów wodnych. Bardziej szczegółowe informacje na temat konstrukcyjnych wytycznych dla budowli ochronnych można znaleźć w specjalistycznych dokumentach holenderskich, których większość jest przetłumaczona na angielski (patrz: Literatura i [www.tawinfo.nl](http://www.tawinfo.nl)).

## **2. Rozwój ochrony przeciwpowodziowej i gospodarki wodnej w Holandii w perspektywie historycznej**

(dla powiązania z prezentacją, tekstem angielskim i rysunkami pozostawiono częściowo także terminologię angielską)

Typy zagrożenia (Rysunek 2):

- Flooding (powódź/wysokie stany wód, depresja łądu)
- Rising Sea and sinking land (wzrost poziomu morza i osiadanie łądu)

Type of policy measures (rodzaj polityki):

- Fighting floods (walka z powodzią)
- Preserving water (gospodarka wodna)
- Protection of (ochrona przeciwpowodziowa):

In respect to (z racji/motywów):

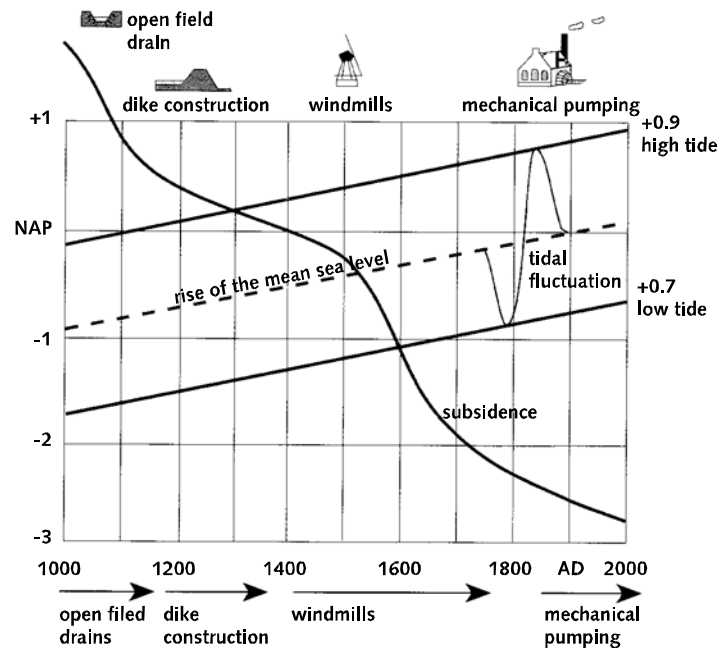
- Man (indywidualnych)
- Society (społecznych)
- Environment (ochrony środowiska)

Fighting against (Walka przeciwko):

- Natural disasters (klęskom żywiołowym)
- Antropogeneous calamities (skutkom/wynikającym konsekwencjom)

Construction Methods (metody konstrukcyjne) (Rysunek 2):

- Mounds (wysepki ewakuacyjne)
- Dikes and barriers (wały i zamknięcia)
- Artificial drainage (sztuczny drenaż/pompy/odwodnienie, śluzy)



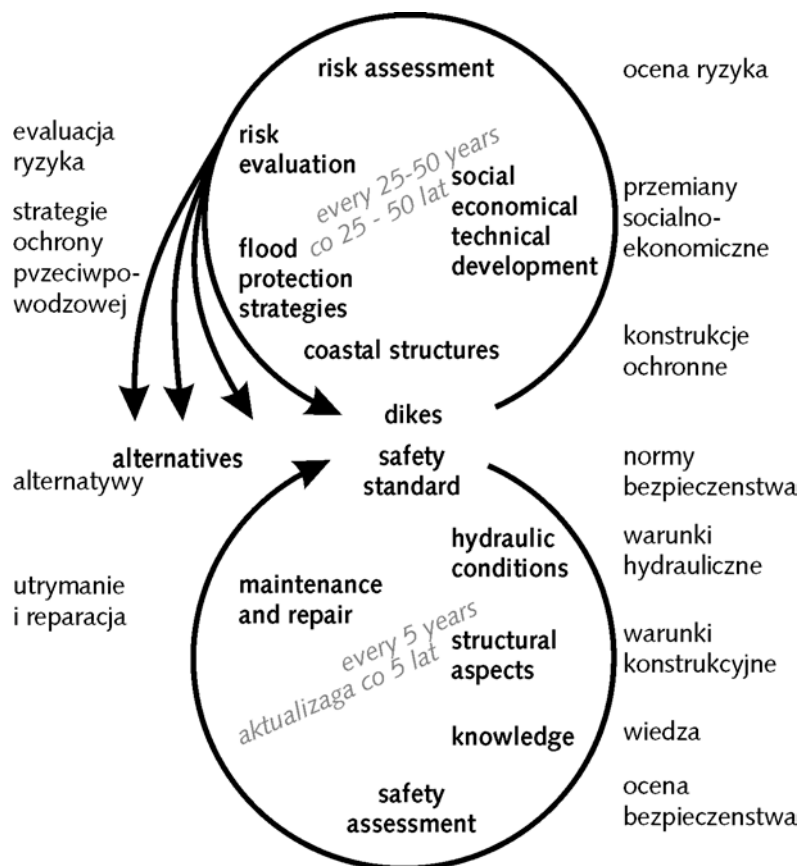
Rysunek 2. Historyczny rozwój ochrony przeciwpowodziowej w Holandii

### 3. Filozofia projektowania

W systemie ochrony przeciwpowodziowej rozróżnia się dwa podstawowe elementy:

- 1) System zarządzania/operacyjno-organizacyjny; organizacja służby ochrony, przewidywanie wysokiej wody, system alarmowy, plany ewakuacyjne, itp., i
- 2) System techniczno-konstrukcyjny; projektowanie, budowa i utrzymanie wałów i innych obiektów systemu ochrony przeciwpowodziowej.

System ochrony przeciwpowodziowej jest pod wpływem ciągłych zmian politycznych, społecznych i technicznych (Rysunek 3). System techniczny wymaga aktualizacji przeważnie co 5 lat. Nowe podejście do oceny ryzyka i aktualizacja norm bezpieczeństwa są procesem długoterminowym (25 do 50 lat). Ujednolicanie norm w ramach Uni Europejskiej może ten proces jednak przyspieszyć.



**Rysunek 3. Elementy i proces przemian w ochronie przeciwpowodziowej**

Dotychczasowe normy bezpieczeństwa w Holandii dla ochrony przeciwpowodziowej opierały się na definicji częstotliwości wysokiej wody projektowej, a mianowicie (Rysunek 4):

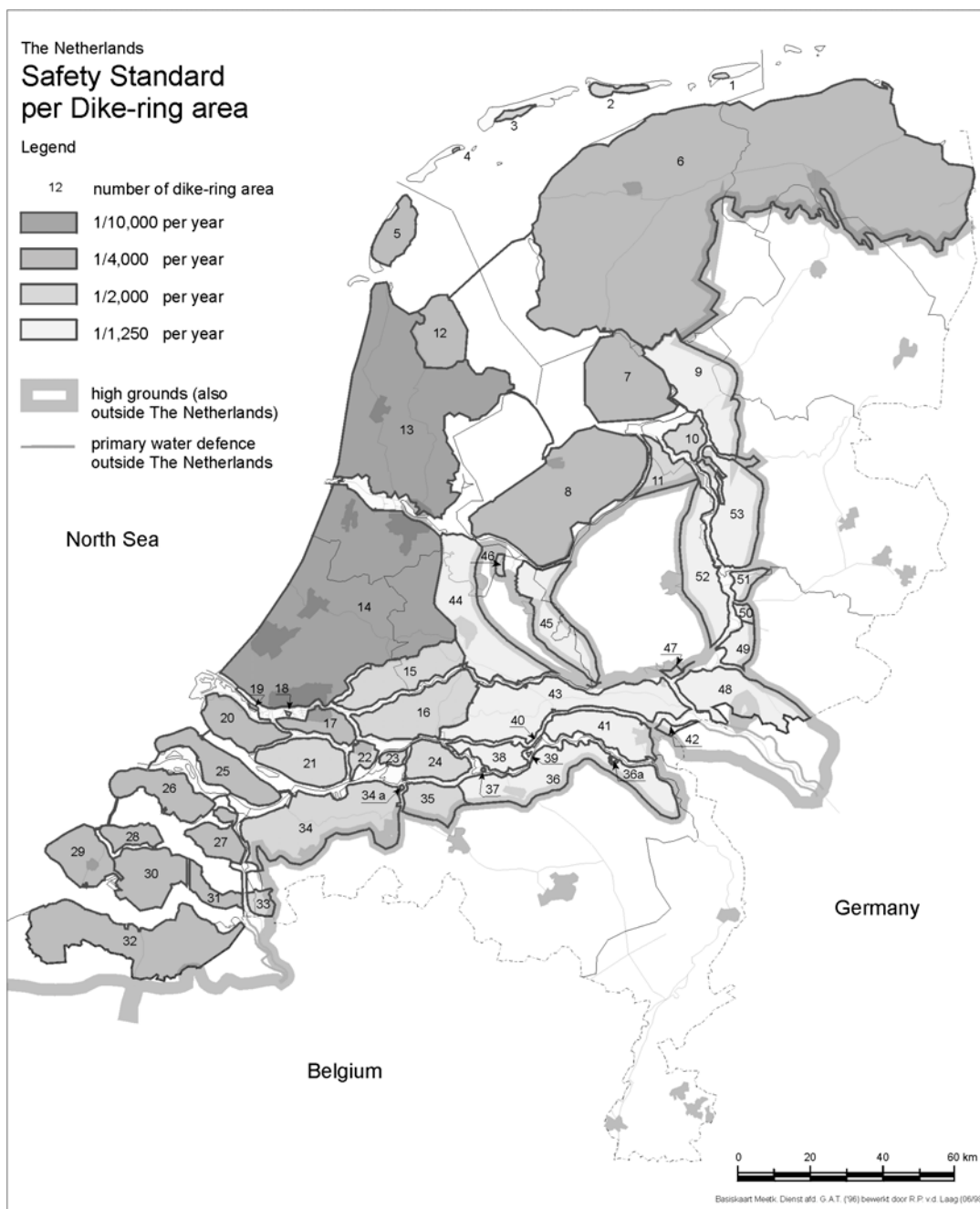
- wybrzeże środkowe (North and South Holland/Amsterdam, The Hague, Rotterdam) z silnym ekonomicznym zapleczem o witalnej wartości dla całego kraju: 1/10000 na rok;
- pozostałe części wybrzeża (z mniejszą wartością ekonomiczną zaplecza): 1/4000 na rok;
- dolne ujścia rzek będące pod wpływem przyływów/spiętrzeń sztormowych od morza: 1/2000 na rok;
- środkowe i górne części rzek: 1/1250 na rok.

Obecnie w Holandii przechodzi się na bardziej sensowną definicję bezpieczeństwa przeciwpowodziowego opartą na ocenie ryzyka (TAW, 2000), tzn.

**Risk = Probability x Consequences**

Ryzyko = Prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi x Skutki (konsekwencje)

Dla przykładu: mieszkańcy budynku na wysokich palach mogą znieść częste powodzie bez większego ryzyka (bez większych strat ludzkich i materialnych).



**Rysunek 4. Ring-dikes i normy bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w Holandii**

Zasadniczą zasadą obecnej filozofii projektowania przeciwpowodziowego jest stosowanie definicji ryzyka dla obszarów w kontakcie z wodą, tzw. Ring-dike approach (Rysunek 9); to samo ryzyko (ze wszystkich stron) dla danego obszaru mającego styk z morzem, rzeką, dopływami, kanałami, itp.. Wymaga to jednak stosowania probabilistycznych technik obliczeniowych, a więc odpowiedniego szkolenia kadry badawczej i projektowej.

Metoda prawdopodobieństwa jest stosowana i nadal rozwijana w Holandii dla projektowania wałów, oceny bezpieczeństwa wydm, i oceny bezpieczeństwa całego systemu ochrony przeciwpowodziowej. Metoda ta znajduje też coraz większe zastosowanie w innych krajach i programach europejskich, np. w EU programach:

<http://www.comrisk.org>;

<http://europa.eu.int/comm/research/press/2003/pr1310en.html>;

<http://www.hrwallingford.co.uk/projects/EUROTAS/>

<http://www.hrwallingford.co.uk/projects/RIBAMOD/>

<http://www.nwl.ac.uk/ih/www/research/briparius.html>

<http://www.irma-sponge.org>

<http://www.ncr-web.org>; (IRMA-SPONGE)

<http://www.lyon.cemagref.fr/projets/floodaware/>

<http://www.lyon.cemagref.fr/projets/floodaware/private/proposal/proposal-THE.html>

Tam też można znaleźć wartościowe dokumenty, które mogą być bardzo pomocne do opracowania właściwego systemu ochrony przeciwpowodziowej.

#### 4. System ochrony przeciwpowodziowej (Flood Protection System)

System ochrony przeciwpowodziowej składa się z dwóch elementów:

- a. Systemu zarządzania ochroną przeciwpowodziową
- b. Systemu technicznego ochrony przeciwpowodziowej

W pełnym systemie ochrony przeciwpowodziowej można rozróżnić 5 typów interakcji:

- Natural system (system naturalny)
- Infrastructure: dikes, dams, etc. (infrastruktura: wały, zapory, itp.)
- Observation & communication system (obserwacja i komunikacja)
- Professional system (system administracyjny)
- Users & beneficiaries (użytkownicy)

##### a. System zarządzania ochroną przeciwpowodziową (Flood management system)

Observations (obserwacje/pomiary)

- Rainfall (opady)

Prediction (prognozowanie)

- Run off (spływ)
- Discharge (przepływ rzeczny)
- Long term (statistic); statystyka
- Long term (real time); symulacja

Communication (komunikacja wszelkiego rodzaju)  
(dostęp/dojazd, radio, TV, telefon, itp.)

- Models; modelowanie
- Operation storage; operacyjne zbiorniki retencyjne

Decision (decyzje)

- Retention; retencja naturalna

Implementation (zastosowanie)

- Flood sequence; typ fali powodziowej

Evaluation (ewaluacja)

- Evacuation; ewakuacja

(sequence in time/podział czasowy)

- Emergency measures; środki pomocy doraźnej

## **b. System techniczny ochrony przeciwpowodziowej (Flood defence system)**

Fizyczne elementy wpływające na wielkość przepływu/wysokość fali powodziowej:

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Dike (wał)                    | • Height (wysokość)   |
| Polder (polder/łąd)           | • Stability (wytrzymałość)                                    |
|                               | • Spatial planning (planowanie przestrzenne)                  |
| River bed (przekrój rzeki)    | • Local measures (lokalne przedsięwzięcia)                    |
|                               | • Widening flood plain (zwiększenie szerokości między wałami) |
| River system (system rzeczny) | • Reducing resistance (redukcja oporów)                       |
|                               | • Deepening channels (pogłębienie rzeki/kanalu)               |
|                               | • Green rivers (zielone rzeki/roślinność)                     |
|                               | • Reforestation (zalesianie)                                  |
|                               | • Storage reservoirs (zbiorniki retencyjne)                   |
|                               | • Retention + nature (retencja naturalna)                     |
|                               | • Flooding sequence   |

(increasing scale/skala wzrostu wielkości elementów fizycznych)

## **5. Zasady projektowania i System oceny bezpieczeństwa (Design and Safety Assessment)**

### **5.1. Wprowadzenie**

W 1990 została podjęta ustawa o ochronie brzegów morskich ustanawiająca, że linia brzegowa z roku 1990 ma być zachowana jako stała linia brzegowa. W konsekwencji tej ustawy koszty utrzymania linii brzegowej są regulowane prawnie z roczną dotacją na te cele. Ustawa o ochronie przeciwpowodziowej z 1966 (Flood Protection Act/FPA) jest dalszym krokiem w tym kierunku i obie te ustawy są punktem zwrotnym w historii walki z powodzią w Holandii (TAW, 1998).

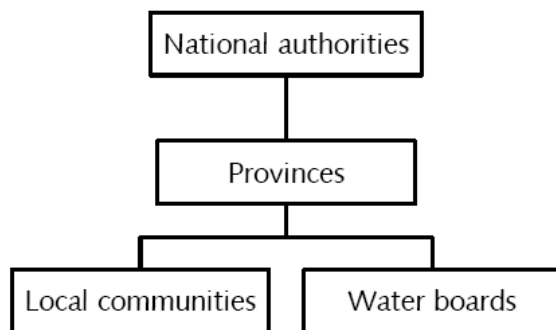
FPA ustala, że cały system ochrony przeciwpowodziowej (zarówno od strony morza jak i wewnątrz kraju) musi być kontrolowany przez Państwo/Parlament, który musi być informowany raz na 5 lat o stanie bezpieczeństwa krajowego systemu ochrony przeciwpowodziowej. Ta ustawa zobowiązuje wszystkie jednostki organizacyjne związane z ochroną przeciwpowodziową do okresowej oceny stanu technicznego wałów i innych obiektów w świetle obowiązujących norm bezpieczeństwa. Równocześnie, o ile niektóre elementy systemu nie spełniają wymagań norm, należy podać, w jaki sposób i w jakim czasie te usterki zostaną usunięte, czy zakres tych prac mieści się w ramach możliwości danej jednostki, i jakie kroki w ramach konserwacji (maintenance) będą podjęte, aby w przyszłości uniknąć dalszego pogorszenia sytuacji.

Techniczne utrzymanie/konserwacja systemu ochrony (wałów, wydm, stacji pompowych i innych obiektów) jest w rękach regionalnych spółek wodnych (Water Boards). Ich możliwości finansowe są ograniczone i wystarczają głównie do prowadzenia normalnych /bieżących prac konserwacyjnych. W przypadku kataklizmów ("Act of God") lub zmian norm bezpieczeństwa może być konieczna interwencja odgórna (dofinansowanie). Tak było po powodziach w 1993 r. i

1995 r. kiedy to rozmiar koniecznych prac na wzmocnienie wałów rzecznych przekraczał możliwości spółek wodnych i cały ten plan został sfinansowany z funduszków centralnych.

FPA reguluje między innymi takie sprawy jak (Rysunek 5):

- nadzór na szczeblu prowincji nad spółkami wodnymi (Rysunek ),
- nadzór państwa (Ministry of Transport, Public Works and Water Management),
- tworzenie (technicznych) rozporządzeń/wytycznych/norm (guidelines) do jednolitej kontroli stanu bezpieczeństwa (to jest zadanie jednostek specjalistycznych Ministerstwa),
- dostarczanie aktualnych hydraulicznych warunków brzegowych: poziomy wody projektowej, warunki falowania, itp. (zadanie jednostek specjalistycznych Ministerstwa),
- procedury tworzenia raportów stanu bezpieczeństwa,
- kompetencje w sprawie utrzymania morskiej linii brzegowej,
- finansowanie ochrony przeciwpowodziowej



**Rysunek 5. Organizacja administracyjna**

Spółki wodne (Water Boards) są specyficzną i najstarszą formą holenderskiej demokracji (ich powstanie datuje się na XII wiek, a więc na długo przed formalnym powstaniem państwa holenderskiego). Ich obowiązki ograniczają się do prowadzenia lokalnej gospodarki wodnej (zaopatrzenie w wodę, dbanie o jakość wody i ochrona przeciwpowodziowa). Spółki wodne są upoważnione do pobierania lokalnego podatku wodnego ustalanego relatywnie do wysokości wydatków na dany rok. Spółka wodna ma stały zarząd i służbę techniczną. Zarząd jest wybierany przez zgromadzenie ogólne składające się z reprezentantów ludności danego obszaru, według specjalnego klucza wyborczego. Prezesa spółki wodnej mianuje Minister Spraw Wewnętrznych. Budowa nowych wałów przeciwpowodziowych i zapór lub ich dostosowanie do nowych norm/wymogów państwowych, jest finansowana z budżetu centralnego. Utrzymanie wałów i całej infrastruktury z nimi związanej jest w gestii/w rękach spółek wodnych. Województwo (Province) jest jednostką nadzorującą spółki wodne.

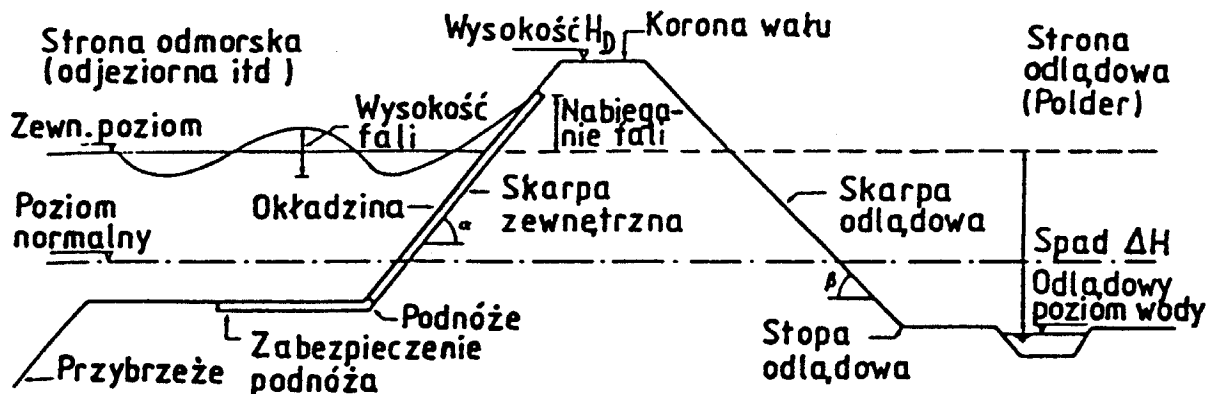
## **5.2. Podstawowe zasady projektowania**

Obecnie nadal obowiązują normy bezpieczeństwa bazujące na częstotliwości wody projektowej (1.1250 dla rzek i 1/10000 dla ochrony wybrzeża), ale stopniowo przechodzi się na ocenę bezpieczeństwa bazującego na ocenie ryzyka.

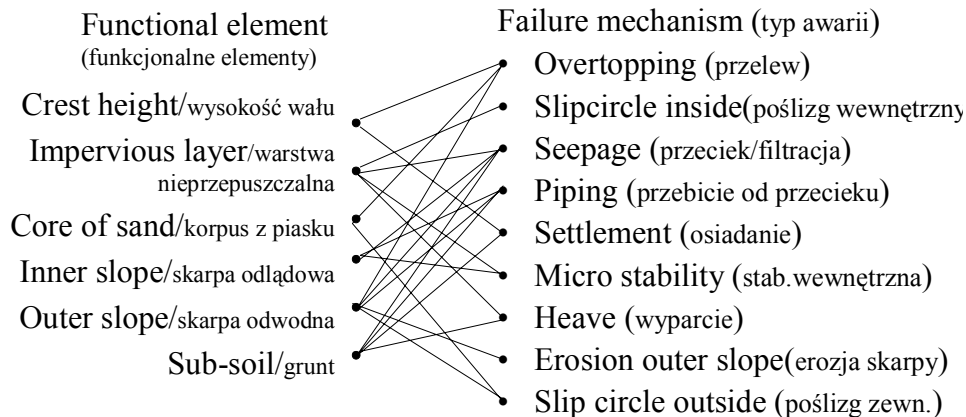


Normatywne wytyczne hydraulicznych warunków brzegowych/projektowych (poziom wody projektowej i warunków falowych) są opracowywane przez jednostki (instytuty) centralne i przy ich opracowaniu/aktualizacji brane są pod uwagę następujące czynniki: zmiany w strefie brzegowej, które mogą mieć wpływ na transformacje fal, podwyższenie poziomu morza w kolejnych latach (sea-level rise), osiadanie terenów, i zmiany w metodyce obliczeń/prognozowania.

Wytrzymałość konstrukcji (wałów i obiektów) zależy od wielu czynników i interakcji między elementami konstrukcyjnymi (Rysunek 6).



Przykład zależności między funkcjami elementów konstrukcyjnych i typu awarii



Rysunek 6. Elementy konstrukcyjne wału i zależności funkcyjne

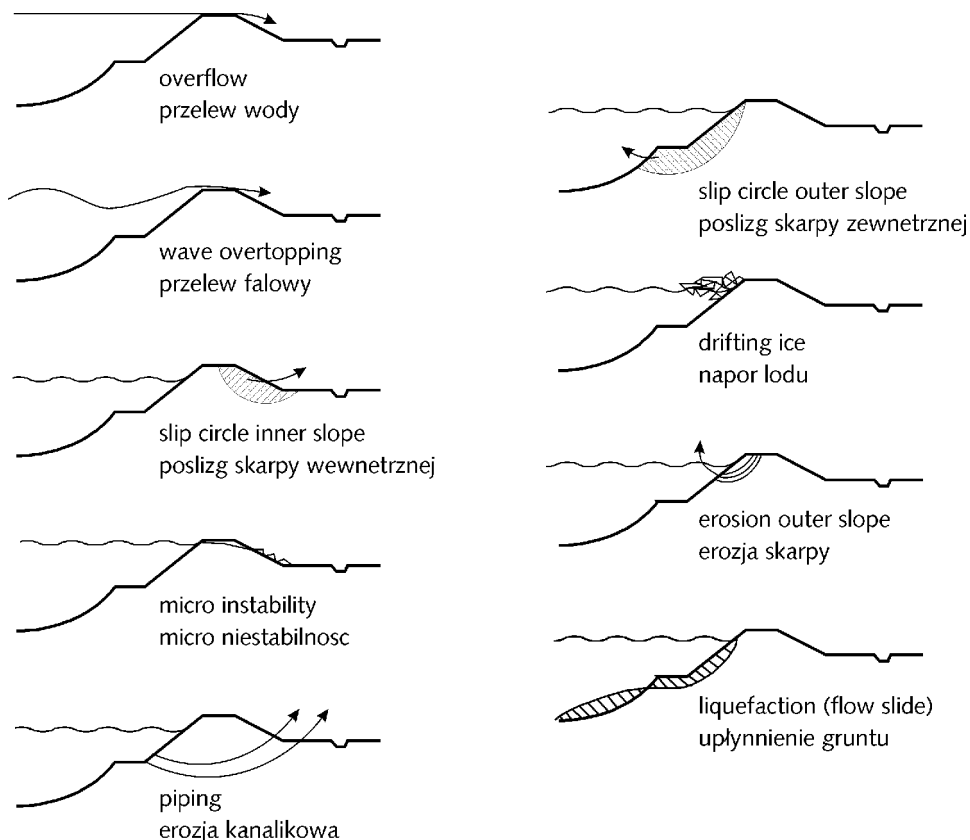
Stosując podejście probabilistyczne można dokonać jakościowej i ilościowej oceny wszystkich możliwych przyczyn awarii. Drzewo uszkodzeń (Failure tree) jest dobrym narzędziem w tej analizie (Rysunek 8) (CUR/TAW, 1990). Na drzewie takim identyfikuje się wszystkie możliwe

rodzaje uszkodzeń, które ostatecznie prowadzą do zniszczenia całego wału i zalania lądu (inundation). Awaryjne uszkodzenia mogą także źle wpływać na sprawność wału nawet, jeżeli został on właściwie zaprojektowany. Szybka i właściwa reperacja uszkodzeń jest bardzo ważna dla zapewnienia pełnej sprawności wałów.

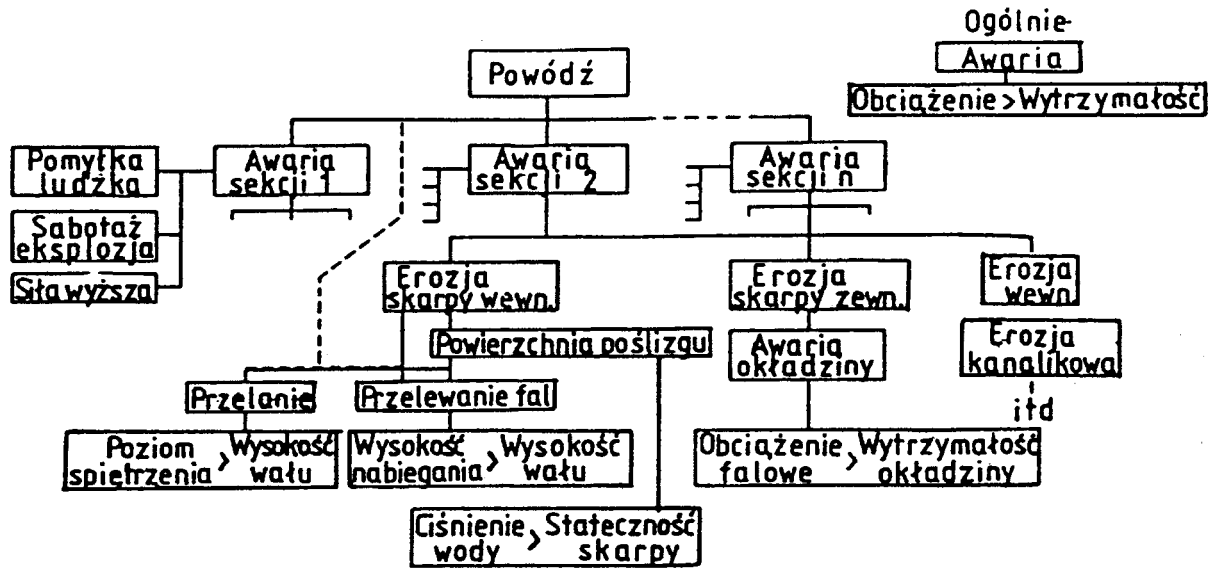
Aczkolwiek wszystkie kategorie zdarzeń powodujących uszkodzenie i/lub zalanie terenów są jednakowo ważne dla całkowitego bezpieczeństwa, odpowiedzialność za funkcjonowanie całego systemu ochrony jest w rękach ludzi odpowiedzialnych za politykę zarządzania, a odpowiedzialność inżyniera sprowadza się głównie do aspektów technicznych i konstrukcyjnych.

W przypadku wału przeciwpowodziowego główne zdarzenia to (Rysunek 7):

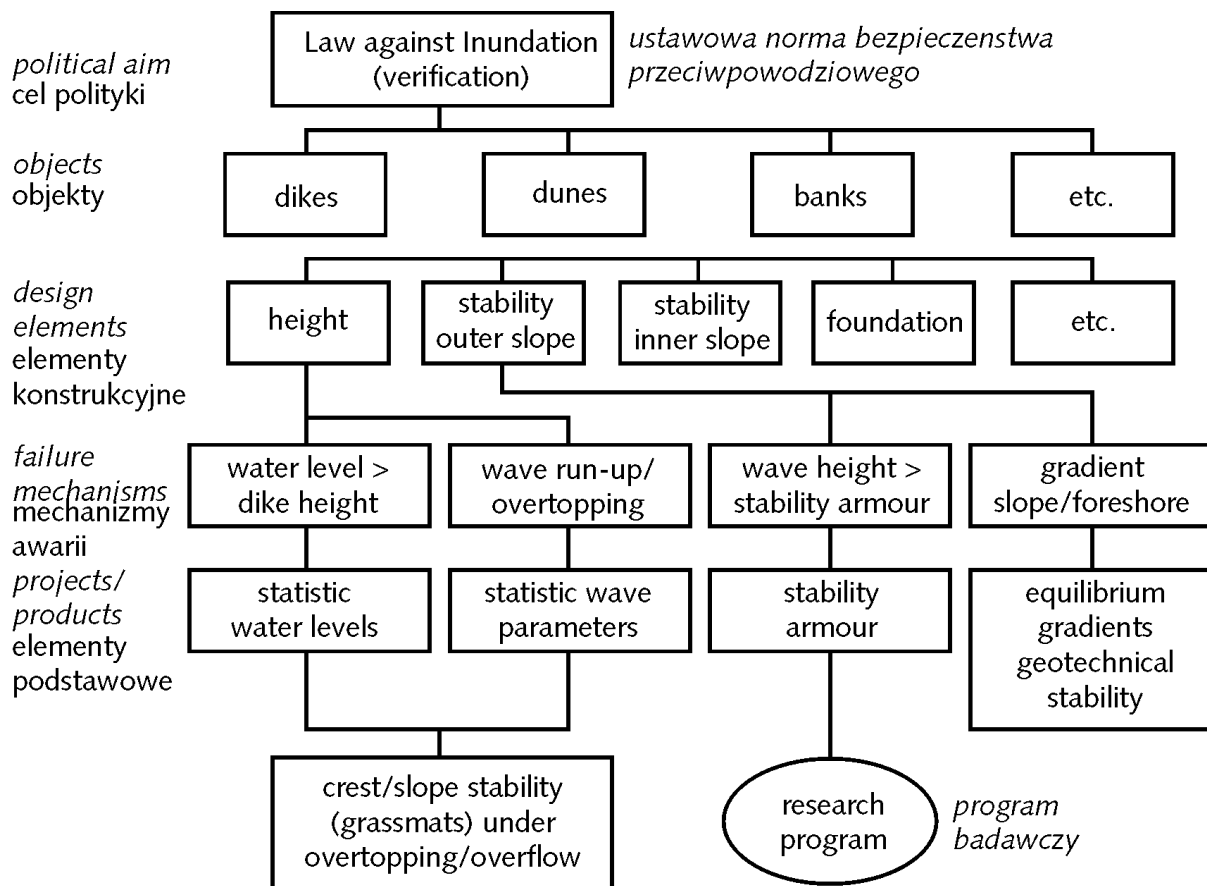
- przelewanie lub przepływanie wody nad wałem;
- erozja zewnętrznej skarpy lub utrata stateczności okładziny;
- niestateczność zewnętrznej skarpy prowadząca do progresywnego uszkodzenia;
- niestateczność fundamentu i wewnętrzna erozja (np. kanalikowa);
- niestateczność całego wału;
- ludzkie błędy operacyjne (human failure).



**Rysunek 7. Przykład zdarzeń awaryjnych dla wału lub zapory (Failure modes)**



Uprozczone drzewo uszkodzeń



Rysunek 8. Przykład drzewa uszkodzeń/zdarzeń i poziomu hierarchicznego

Dla tych wszystkich rodzajów awarii sytuacja, w której obciążenia (potencjalne zagrożenie) są równe wytrzymałości (odporności) budowli, stanowi rozważany przypadek granicznego stanu. Związki stosowane do powiązania warunków brzegowych (obciążeń) oraz odpowiedzi (siły na elementy konstrukcyjne i wytrzymałości budowli) nazywa się funkcjami przejścia (np. przejście od fal na skarpie do sił działających na ziarna filtru). Funkcjami przejścia są najczęściej wzory obliczeniowe, a w przypadku ich braku, wyniki badań modelowych lub obliczeń numerycznych. Prawdopodobieństwo zdarzenia każdego mechanizmu awarii technicznej można znaleźć stosując odpowiednie techniki matematyczno-statystyczne. Margines bezpieczeństwa pomiędzy “potencjalnym zagrożeniem” a “odpornością” można określić dla wystarczająco niskiego prawdopodobieństwa awarii. Przyjmuje się tutaj różne filozofie i podejścia projektowe:

- projektowanie deterministyczne;
- projektowanie quasi-probabilistyczne;
- projektowanie probabilistyczne

Dla pełnego probabilistycznego projektowania wymagana jest najwyższa/pełna wiedza związana ze stosowaniem teoretycznych modeli wiążących obciążenie i wytrzymałość budowli. Badania wszystkich powyższych elementów ciągle rozwijają się w Holandii i innych krajach. Aktualne wytyczne holenderskie dla projektowania systemów przeciwpowodziowych (wałów, zapór, wydmy, i budowli w wałach/wydmach) bazują na podejściu pomiędzy deterministycznym a quasi-probabilistycznym, z tendencją do pełnego przejścia na podejście quasi-probabilistyczne lub probabilistyczne. Pełne probabilistyczne projektowanie oparte na koncepcji stanu granicznego nie zawsze jest możliwe ze względu na to, że teoretyczny (lub pełny eksperymentalny) opis różnych rodzajów awarii nie zawsze jest dostępny i często bywa zastępowany wynikami z modeli symulacyjnych (modele ‘czarnej skrzynki’).

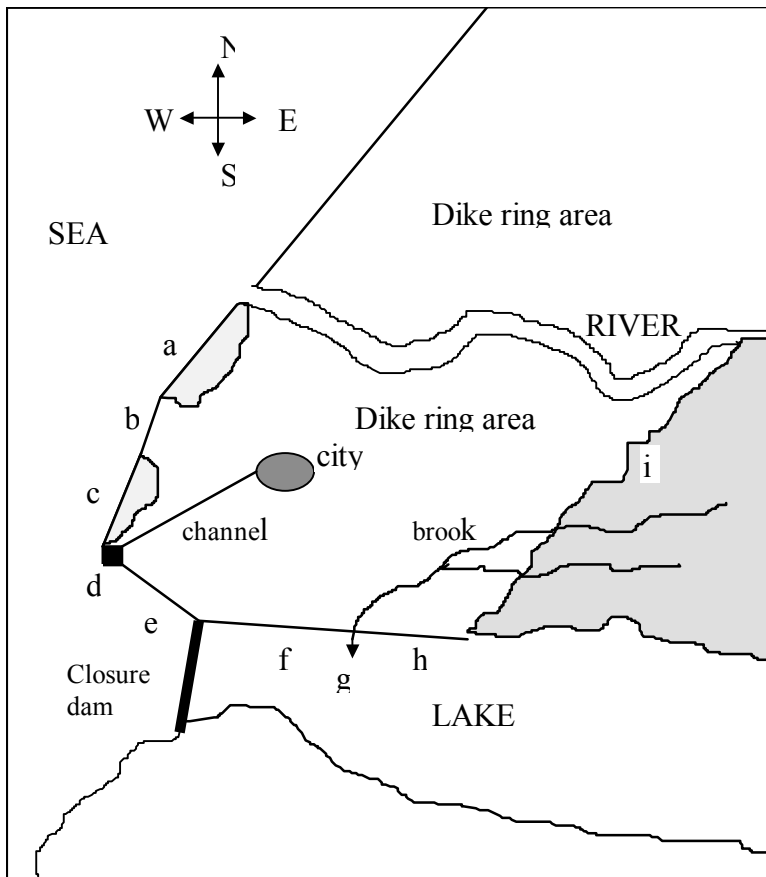
Pełen opis probabilistycznego podejścia do projektowania systemów i wałów przeciwpowodziowych wykracza poza zakres tej prezentacji, ale szczegóły można znaleźć w holenderskich raportach dostępnych także w języku angielskim.

Dla wszystkich typów konstrukcji ochronnych i ich elementów opracowane zostały wytyczne projektowe (Guidelines a nd Technical Reports). Guidelines odnoszą się przeważnie do ogólnych podejść (fundamenty ochrony, system oceny bezpieczeństwa) i do głównych typów ochrony (wały rzeczne, wały morskie, wydmy). Techniczne raporty opisują elementy techniczne (obiekty wałowe, nabieg i przelew falowy, umocnienia skarp, filtracja/piping, geotechniczna stateczność wałów, itp.). Praktyczne wdrażanie wytycznych (Guidelines) odbywa się poprzez kursy dla służb regionalnych (z tego korzystają także konsultanci) i poprzez centralny Help-desk (komórka pomocnicza, która odpowiada na pytania, wyjaśnia niejasności, i na krótki okres może być angażowana do konkretnej sytuacji).

Te wszystkie informacje/dokumenty są potrzebne zarówno do projektowania jak i do oceny stanu bezpieczeństwa. Z tą różnicą, że w wytycznych do oceny bezpieczeństwa wprowadzono uproszczone reguły (często w postaci nomogramów, wykresów itp.) do oceny stanu jakości konstrukcji, umożliwiające ich zastosowanie przez normalną służbę techniczną jednostek regionalnych. Dopiero po wstępnej ocenie, w razie potrzeby, przechodzi się na wyższy poziom oceny wymagającej bardziej dokładnych metod i specjalistów.

### 5.3. Zasady systemu oceny (kontroli) bezpieczeństwa

Holandia jest podzielona na 53 obszary zamknięte, tzw. "dike ring areas". Są to obszary o różnej wielkości, zdefiniowane przez warunki topograficzne (często przekraczające granice różnych obszarów administracyjnych, a więc nie zawsze pokrywające się z obszarem spółki wodnej). Otoczone są wałami, na styku z morzem, rzekami i kanałami (lub wysokim obszarem lądowym). Przykład fikcyjnego obszaru zamkniętego (ring-dike) pokazuje rysunek 9. Obszar ten jest zagrożony od strony morza, jeziora (akwenu zamkniętego zaporą od strony morza) i od strony rzeki. Zabezpieczenie stanowią tu wydmy i wały od strony morza oraz wyłącznie wały od strony jeziora i rzeki.



Example of a (fictive) dike ring area

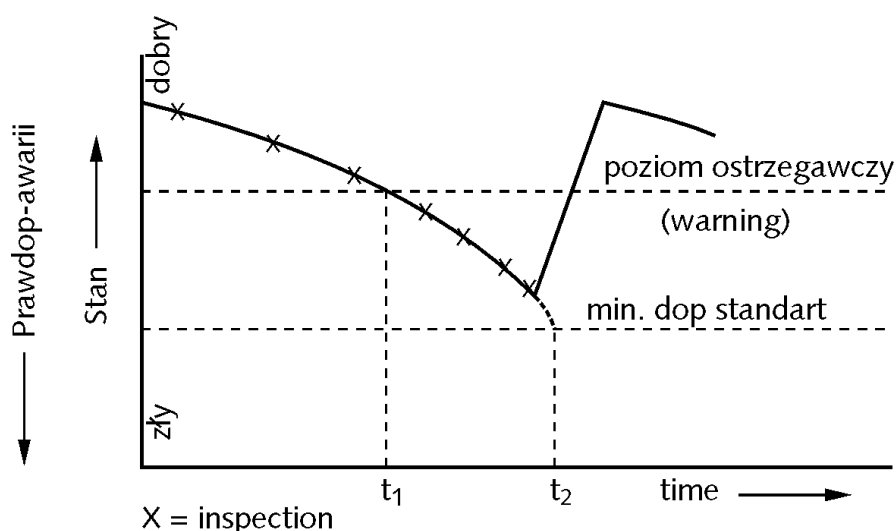
**Rysunek 9. Fikcyjny przykład obszaru zamkniętego (Ring-dike area)**

Główną zasadą jest odpowiedzialność jednostki regionalnej (spółka wodna z kontrolą wojewódzką) za odpowiednie utrzymanie systemu ochronnego zgodnie z obowiązującymi normami bezpieczeństwa. W praktyce oznacza to, że każdy element ochrony musi spełniać wymogi zdefiniowane normami w okresie projektowym.

Drugą zasadą jest strategia prewencyjna, tzn. wczesna ocena sytuacji umożliwiająca podjęcie akcji zanim nastąpi zniszczenie lub katastrofa.

Jak już wcześniej wspomniano, system oceny stanu bezpieczeństwa musi być jednolity dla całego kraju. Z tego względu Instytut Budownictwa Wodnego w Delft podlegający Ministerstwu Transportu i Gospodarki Wodnej opracował wytyczne do systemu oceny (Guidelines) (TAW, 1996). W strategii oceny bezpieczeństwa rozróżnia się trzy granice/limity (Rysunek 10):

- limit ostrzegawczy (warning limit): poziom jakości (pogorszenia) stanu konstrukcji (lub jej elementów) wymaga dokładnej i częstej inspekcji
- limit działania (action limit): poziom jakości stanu (pogorszenia) konstrukcji (lub jej elementów) wymaga przygotowania i/lub inicjowania prac naprawczych
- limit awaryjny (failure limit): poziom jakości stanu (pogorszenia) konstrukcji (lub jej elementów) osiąga poziom, którego przekroczenie grozi awarią i bezpieczeństwo normatywne nie będzie zapewnione.



**Rysunek 10. Kontrola stanu konstrukcji**

Lokalna jednostka jest zobowiązana prowadzić Książkę Stanu (Data Base Register), gdzie musi się znajdować dokładny opis systemu ochrony ze wszystkimi technicznymi szczegółami, oraz gdzie wyniki inspekcji, badań (np. gruntowych, hydraulicznych, itp.) i wszystkich zmian/napraw muszą być notowane.

Limit awaryjny bazuje na aktualnych normach bezpieczeństwa opartych na trzech elementach:

- ogólnych normach bezpieczeństwa definiowanych przez ustawę (np. 1/4000 na rok)
- normatywnych wytycznych hydraulicznych warunków brzegowych/projektowych (poziom wody projektowej i warunków falowych)
- normatywnych wytycznych projektowania konstrukcyjnego (Design Guidelines)

Wszystkie te elementy są w ciągłym rozwoju i ich ważność jest limitowana czasowo. Co 5 lat ukazują się poprawki lub podstawowe zmiany w zależności od rozwoju wiedzy lub odczucia społecznego. Badania są prowadzone przez Instytut Budownictwa Wodnego we współpracy z

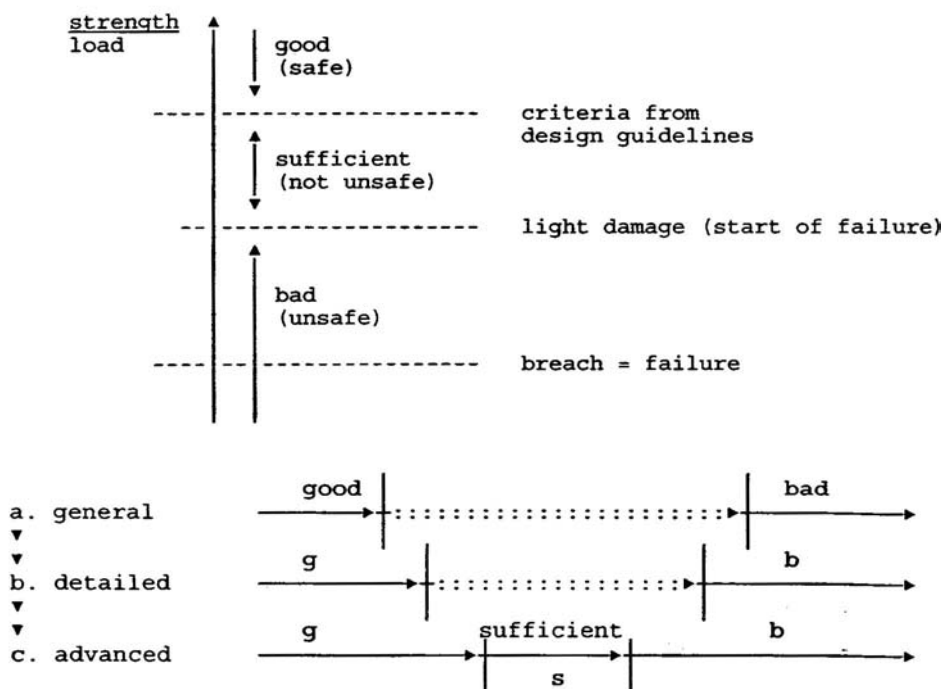
innymi jednostkami badawczymi pod merytorycznym kierownictwem Technicznej Komisji do Spraw Ochrony Przeciwpowodziowej (Technical Advisory Committee/TAW), podlegającej bezpośrednio Ministrowi.

W wytycznych do oceny stanu bezpieczeństwa są wprowadzone 3 ostateczne oceny stanu: ‘dobry/wystarczający’ (sufficient), ‘niepewny’ (doubtful) i ‘zły/niedostateczny’ (insufficient) (Rysunek 11);

- ‘**dobry**’- znaczy, że konstrukcja jest w stanie przetrwać normatywne obciążenia projektowe ,
- ‘**niepewny**’- znaczy, że jakość jest poniżej wartości projektowej, ale nie ma jeszcze zagrożenia bezpieczeństwa; w tych przypadkach przeważnie jest potrzebna bardziej szczegółowa ocena,
- ‘**zły**’- znaczy, że zagrożenie bezpieczeństwa nie może być dłużej akceptowane i kroki dla zmiany tej sytuacji muszą być podjęte w krótkim terminie.

W Holandii około 3000 km wałów i duża ilość różnych obiektów wałowych musi być oceniana w każdym okresie 5-cio letnim. Aby to praktycznie umożliwić i zaoszczędzić czas potrzebny na ocenę ( i ewentualne badania i obliczenia) stanu konstrukcji, w wytycznych zostały wyodrębnione trzy poziomy/ metody oceny (Rysunek 11):

- a) **ogólna (general)** ocena przy użyciu tylko reguł prostych podanych w wytycznych,
- b) **szczegółowa (detailed)** ocena przy użyciu reguł drugiego stopnia z wytycznych, i
- c) **zaawansowana (advanced)** ocena przy użyciu dostępnych metod i pomocy specjalistów.



Rysunek 11. Schematyczna ilustracja zasad oceny bezpieczeństwa

Stosując powyższe zasady, można dużą część konstrukcji sklasyfikować jako ‘dobrą’ , a pewną część jako ‘złą’. Pozostała część z klasyfikacją ‘niepewna’ przechodzi na następny etap oceny szczegółowej. Po tej kolejnej ocenie obszar ‘niepewny’ się zmniejsza i przechodzi do etapu

oceny zaawansowanej, po której ustalana jest ostateczna ocena całego systemu technicznego i podejmuje się ostateczną decyzję o koniecznej interwencji (elementy z klasyfikacją 'zły').

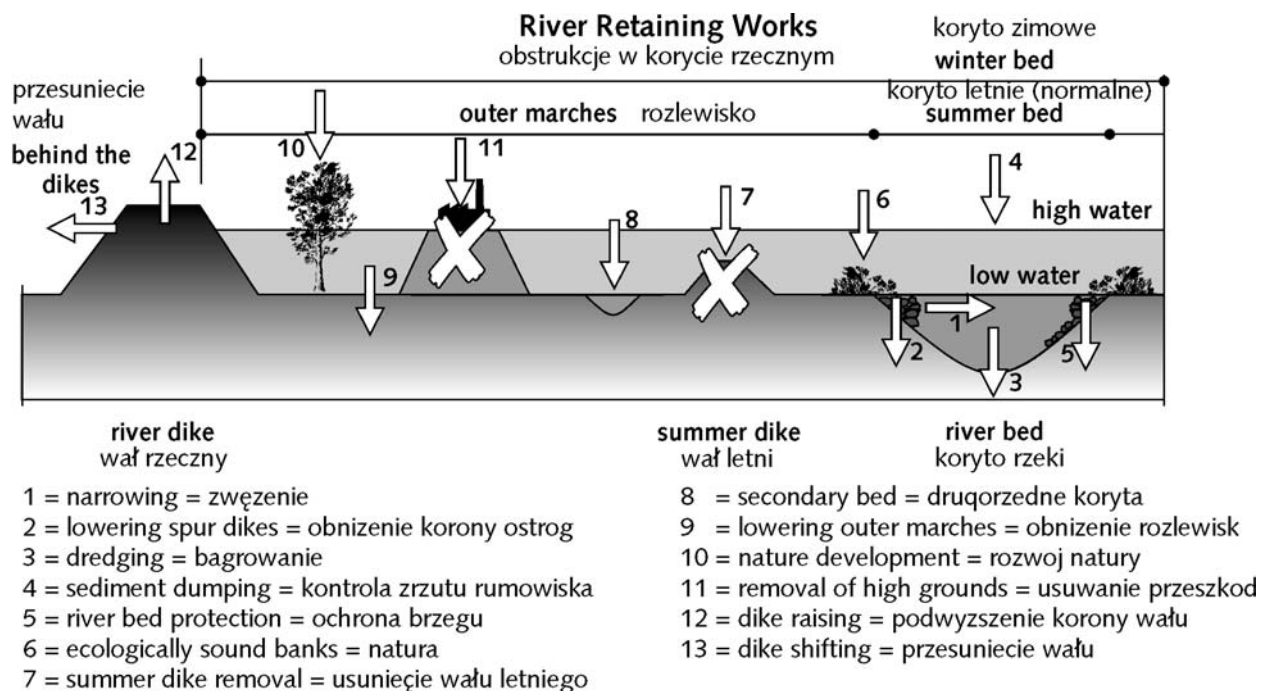
Pierwsza runda oceny stanu bezpieczeństwa holenderskiego systemu przeciwpowodziowego została zakończona pod koniec 2001 roku. Na podstawie doświadczeń z 1-szej rundy podjęto prace nad ulepszeniem wytycznych. Nowe wytyczne, jak również nowe dane warunków hydraulicznych, ukazały się w 2004 roku.

Jednocześnie z powyższą oceną stanu bezpieczeństwa według aktualnych (starych) norm bezpieczeństwa, podjęto prace/studia nad probabilistyczną oceną bezpieczeństwa dla wszystkich obszarów zamkniętych (Ring-dikes areas) stosując definicje ryzyka (Ryzyko = Prawdopodobieństwo x Skutki). Zakończenie prac jest planowane na rok 2005. Wyniki tych studiów będą podstawą do nowej dyskusji narodowej na temat Normy Bezpieczeństwa dla zagrożenia powodziowego (Social and Political Accepted Safety Standards against Flooding).

#### 5.4 Inne/dodatkowe metody i akcje ochrony przeciwpowodziowej

Po ostatnich powodziach w 1993 r. i 1995 r. i studiach przyszłościowych zagrożeń (climate change) wyciągnięto w Holandii wnioski, że ciągle podwyższanie wałów nie daje pełnej szansy na uporanie się z problemami powodziowymi w przyszłości. Dlatego zainicjowano i częściowo zaczęto już wdrażać także inne metody i środki, między innymi (RWS, 2000):

- ograniczanie podwyższania koron wałów,
- tworzenie przestrzeni dla rzek/fal powodziowych (Space for rivers) (Rysunek 12),
- zbiorniki retencyjne/wyrównawcze,
- tereny zalewowe na polderach (w okresie silnych opadów),
- udoskonalenie systemu informacji i organizacji (High Water Information System)



Rysunek 12. Tworzenie przestrzeni dla rzek (Space/room for rivers)



**Uwaga:** zagadnienie ochrony skarp wałów wodnych i zapór nie było tu omawiane, ponieważ jest szczegółowo potraktowane w osobnej publikacji:

K. Pilarczyk, Projektowanie umocnień brzegowych (Design of Revetments), zarówno w języku polskim jak i w angielskim.

## 6. Wnioski końcowe

1. Stworzenie właściwego systemu ochrony przeciwpowodziowej jest sprawą skomplikowaną.
2. Ochrona przeciwpowodziowa jest kosztowna i nieciekawa dla polityków; wymaga dużych nakładów finansowych, a na efekty trzeba często długo czekać (długie okresy bez powodzi usypiają społeczeństwo i polityków).
3. Do tej pory zwracano więcej uwagi na techniczny system ochrony, a mniej na system organizacyjny (włącznie z prognozowaniem wysokich stanów wody i sztormów, planami przygotowania powodziowego/planami ewakuacyjnymi, komunikacją pomiędzy zaangażowanymi jednostkami oraz zakresem ich odpowiedzialności)
4. Definicja bezpieczeństwa oparta na ocenie ryzyka jest bardziej logiczna niż ta oparta tylko na prawdopodobieństwie wystąpienia wody powodziowej; skutki powodzi mogą być różne dla różnych obszarów. Metoda ta umożliwia porównanie norm bezpieczeństwa w razie powodzi/zabezpieczenia przed powodzią z innymi normami bezpieczeństwa (lub ryzyka) jak np. w transporcie (ryzyko w ruch drogowym i powietrznym) czy w przemyśle chemicznym.
5. Ocena bezpieczeństwa nie powinna być rozpatrywana liniowo z ograniczeniem tylko do stron głównego zagrożenia (morza lub rzeki), ale powinna być rozpatrywana obszarowo; obszar (ring-dike) powinien spełniać warunek normatywnego bezpieczeństwa w przypadku wszystkich możliwych zagrożeń (ze wszystkich stron). Niedawne powodie w Polsce na małych rzekach obrazują ten aspekt. Żuławy (lub ujście Wisły) mogą być przykładem, gdzie analiza obszarowa (Ring-dike approach) jest jedynym właściwym podejściem do oceny bezpieczeństwa przeciwpowodziowego dla tych terenów.
6. Normy bezpieczeństwa /zabezpieczenia przeciwpowodziowego w Holandii, z uwagi na jej szczególne położenie, są bardzo wysokie. Nie należy ich kopiować, natomiast należy /trzeba się zastanowić, jakie podejścia metodyczne nadawałyby się do wdrażania w warunkach polskich.
7. Jednym z podstawowych problemów ochrony przeciwpowodziowej (w skali światowej) jest niedostateczne zainteresowanie/zwracanie zbyt małej uwagi na sprawy konserwacji/utrzymania (maintenance), zarówno od strony organizacyjnej jak i finansowania. W Holandii rozwiązano ten problem poprzez spółki wodne, które opodatkowują mieszkańców danego obszaru na cele utrzymania systemu przeciwpowodziowego i lokalnego systemu gospodarki wodnej. Takiego modelu /rozwiązania też nie można kopiować w bezpośredni sposób, ale może on być punktem wyjściowym do opracowania własnego systemu.
8. Holandia inwestuje stosunkowo dużo w badania i praktyczną budowę systemów przeciwpowodziowych (systemy techniczne i organizacyjne; wysoka jakość prognozowania powodzi). Polska może i powinna wykorzystać tę wiedzę techniczną i

doświadczenia. Wiedza ta ma zastosowanie nie tylko w zagadnieniach ochrony przeciwpowodziowej, ale w całym szerokim zakresie budownictwa wodnego.

9. Wysoka jakość ochrony przeciwpowodziowej (i budownictwa wodnego) w Holandii ma swoje korzenie w wysokiej jakości szkolenia inżynierskiego i organizacji szkolenia podyplomowego. I w tym zakresie można by niektóre osiągnięcia holenderskie przenieść do Polski.
10. Nie zapominajmy, że problemy wodne będą narastały już w bliskiej przyszłości; nie tylko wzrost zagrożenia z uwagi na zmiany klimatyczne, ale także szybko rosnące zapotrzebowanie na wodę, z jednoczesnym wzrostem zanieczyszczenia wód powierzchniowych i gruntowych (intensyfikacja rolnictwa, odpady przemysłowe), a w konsekwencji wzrost zagrożeń i problemów związanych z ochroną środowiska. Holandia i inne kraje europejskie mają pod tym względem dużo złych i dobrych doświadczeń; negatywne zjawiska i doświadczenia z przeszłości oraz kosztowne akcje ratowania/rekonstrukcji w latach obecnych. Ważną lekcją z przeszłości jest, że sprawy wodne należy rozpatrywać w sposób integralny i że społeczeństwo powinno mieć możliwość głosu/wypowiadania się w tych sprawach (RWS, 2000).

#### **Literatura/ Bibliografia;** (patrz także: [www.tawinfo.nl](http://www.tawinfo.nl))

- CUR/TAW, 1989, "Guide to the assesment of the safety of dunes as a sea defence", *Centre for Civil Engineering Research and Codes/Technical Advisory Committee on Water Defences (TAW)*, Report 140, Gouda, Netherlands.
- CUR/TAW, 1990, Probabilistic Design of Flood Defences, CUR-report 141/TAW guide, Gouda, the Netherlands. *Centre for Civil Engineering Research and Codes (CUR), Technical Advisory Committee on Water Defences (TAW)*.
- Pilarczyk, K. W., 1998, Dikes and Revetments, *A.A. Balkema* (publisher), Rotterdam.
- RWS (Rijkswaterstaat), 1990, "A new coastal defence policy for The Netherlands", *Rijkswaterstaat, Tidal Water Division*, The Hague.
- RWS, 2000, A Different Approach to Water, Water Management Policy in the 21<sup>st</sup> Century, *Ministry of Transport and Water Management, Rijkswaterstaat (RWS)*, The Netherlands.
- TAW, 1991, "Guidelines on design of river dikes", *Technical Advisory Committee on Water Defences (TAW)*, Published by the *Centre for Civil Engineering Research and Codes (CUR)*, Gouda, The Netherlands.
- TAW, 1995, Under pressure - the condition of the river dikes during the flood of 1995, *Technical Advisory Committee on Water Defences*, The Hague.
- TAW, 1996, Guidelines on Safety Assessment for Water Retaining Structures, *Technical Advisory Committee on Water Defences (TAW)*, Road and Hydraulic Engineering Division, Delft, the Netherlands.
- TAW, 1998, Fundamentals on Water Defences, *Technical Advisory Committee on Water Defences*, Road and Hydraulic Engineering Division, Delft, The Netherlands.
- TAW, 2000, From probability of exceedance to probability of flooding, *Technical Advisory Committee on Water defences (TAW)*, Road and Hydraulic Engineering Institute, Delft, The Netherlands.
- DWW, 2001, RIVERSandLAND, Dikes for eternity, *Road and Hydraulic Engineering Institute*, Delft, The Netherlands.

(Literatura; [www.tawinfo.nl](http://www.tawinfo.nl))