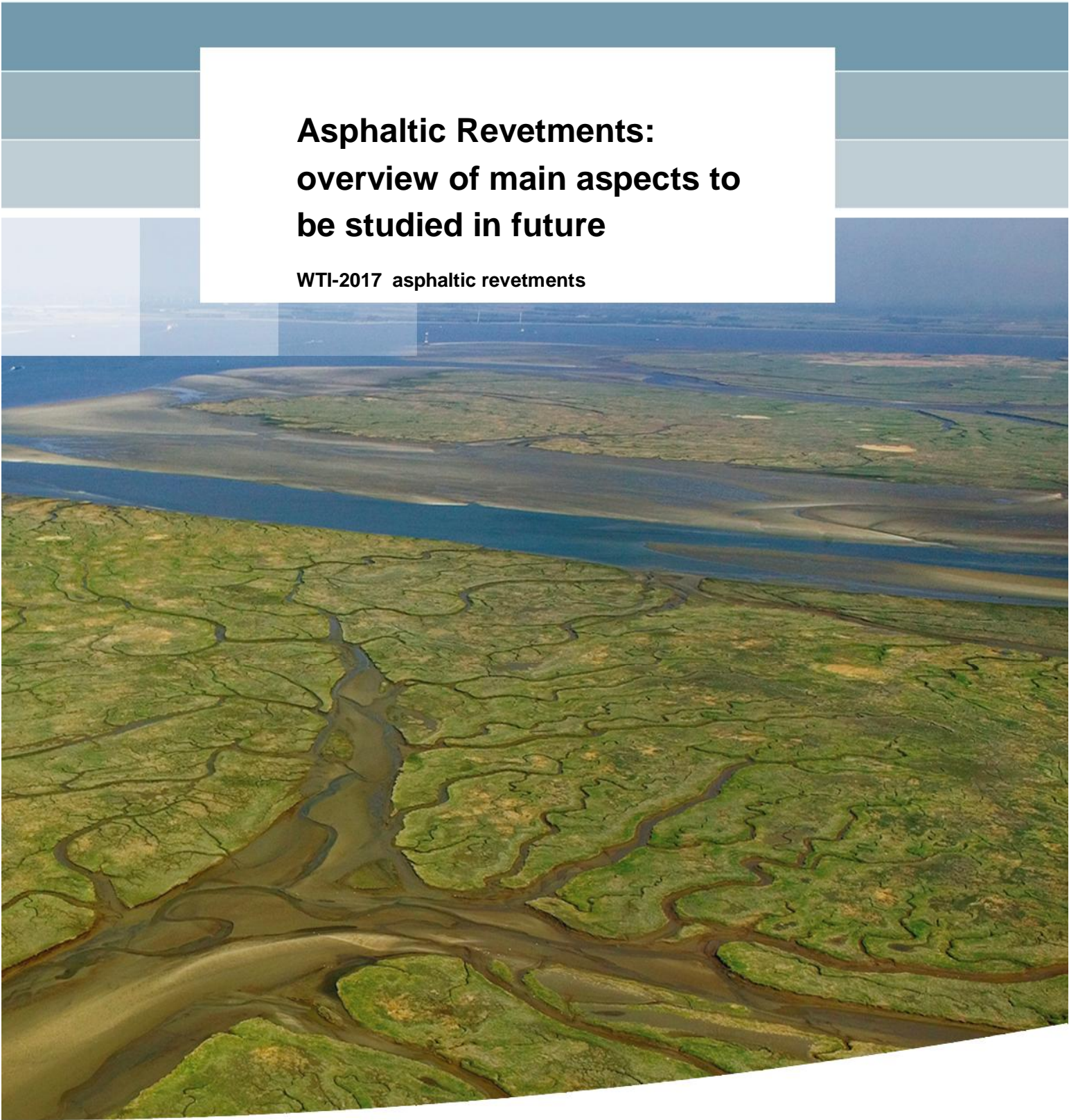


**Asphaltic Revetments:  
overview of main aspects to  
be studied in future**

WTI-2017 asphaltic revetments





# **Asphaltic Revetments: overview of main aspects to be studied in future**

**WTI-2017 asphaltic revetments**

dr. B.G.H.M. Wichman

1220086-010



## Titel

Asphaltic Revetments: overview of main aspects to be studied in future

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
Rijkswaterstaat WVL	1220086-010	1220086-010-HYE-0001- jvm	25

## Trefwoorden

asphalt, wave impact, safety assessment, knowledge gaps

## Samenvatting

Dit rapport beschrijft een aantal inhoudelijke aandachtspunten voor een eventueel vervolgt traject met betrekking tot het toetsen (en ontwerpen) van asfaltdijkbekledingen. Deze aandachtspunten zijn naar voren gekomen bij de ontwikkeling van de diverse deelproducten voor asfaltdijkbekleding binnen het WTI-2017.

De aandachtspunten betreffen:

- De validatie van de toetsmethode met Golfklap (Wave impact).
- De wijze van schematiseren en parameterbepaling.
- Het grensvlak met het probabilistische raamwerk.
- Het toetsen van open steen asfalt.
- Aspecten die een plaats moeten krijgen in de actieve zorgplicht.

De inventarisatie leidt tot een aantal quick wins en tot een aantal langetermijn researchlijnen die kunnen leiden tot een verbetering van de Wave Impact veiligheidstoets.

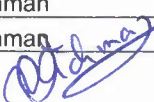


## Summary

This report summarizes points of consideration that emerged from the development of the WTI-2017 safety assessment method for asphaltic dike revetments. These aspects need attention in the future.

The aspects of consideration are:

- The validation of the Wave impact (Golfklap) model.
- The schematisation of the dike, including boundary conditions;
- The probabilistic framework for the Wave impact assessment;
- The assessment of open stone asphaltic revetments;
- The relation of the WTI assessment to the 'actieve zorgplicht' (inspection and maintenance).

The analysis results both in a number of quick wins and a number of long term research lines, that may improve and extend the Wave Impact safety assessment.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	juli 2015	dr. B.G.H.M. Wichman		dr. J.K. van Deen		ir. L. Voogt	
2	sept. 2015	dr. B.G.H.M. Wichman		dr. J.K. van Deen		ir. L. Voogt	

## Status

definitief



## Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Validation of the Wave Impact model</b>	<b>2</b>
2.1	Introduction	2
2.2	Knowledge gaps	2
2.3	Research goals	3
<b>3</b>	<b>Input parameter determination and the method of schematisation</b>	<b>4</b>
3.1	Knowledge gaps	4
3.2	Research lines	5
<b>4</b>	<b>Knowledge gaps in relation to the probabilistic framework</b>	<b>7</b>
4.1	Introduction	7
4.2	Knowledge gaps	7
<b>5</b>	<b>Assessment of open stone asphaltic revetments</b>	<b>8</b>
5.1	Introduction	8
5.2	Knowledge gaps	8
5.3	Research goals	8
<b>6</b>	<b>Aspects related to ‘actieve zorgplicht’</b>	<b>9</b>
6.1	Introduction	9
6.2	Knowledge gaps	9
<b>7</b>	<b>Quick wins as related to wave impact assessment</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Future research lines</b>	<b>11</b>
8.1	Introduction	11
8.2	Validation concerning wave impact on asphaltic revetments	11
8.3	Analysis on the validity of the independent section length and safety factors in the probabilistic framework	13
8.4	Development of a (semi-) probabilistic assessment and design method for open stone asphalt	13
8.5	Investigation of the aging process in time	13
8.6	Stiffness of asphalt revetments	13
8.7	Effect of foundation layers	14
<b>9</b>	<b>References</b>	<b>15</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A</b>	<b>Factsheet</b>	<b>A-1</b>
<b>B</b>	<b>Factsheet</b>	<b>B-1</b>
<b>C</b>	<b>Factsheet</b>	<b>C-1</b>

**D Factsheet**

**D-1**

**E Factsheet**

**E-1**



## 1 Introduction

This report summarizes a number of issues for further research in the field of asphaltic revetments that emerged from the development of the WTI-2017 safety assessment method for these revetments (2013 – 2015). The report is part of the WTI-2017 products mentioned in the Projectplan WTI cluster 5, 2015.

The aspects of consideration are:

- The validation of the Wave impact (Golfklap) model (chapter 2).
- The schematisation of the dike, including boundary conditions (chapter 3).
- The probabilistic framework for the Golfklap assessment (chapter 4).
- The assessment of open stone asphaltic revetments (chapter 5).
- The relation of the WTI assessment to the 'actieve zorgplicht' (regular inspection and maintenance) (chapter 6).

The knowledge gaps identified in these chapters lead to a number of quick wins (chapter 7) and four strategic future research lines (chapter 8).

## 2 Validation of the Wave Impact model

### 2.1 Introduction

The modes of failure of asphaltic revetments under wave attack have been described extensively in [1] and can be summarized by:

1. Crack initiation due to repeated loading, inducing tensile stresses at the base of the asphalt layer.
2. Crack initiation due to shear deformation in the asphalt layer.
3. Failure of the subsoil due to wave attack.
4. Erosion of the asphalt surface (mostly relevant for open stone asphalt).

The basic assumption of the current assessment of asphaltic revetments is that repeated loading by waves (mechanism 1) is the dominant failure mechanism for asphalt at water defences. This mechanism is modelled by the software model Wave Impact. In Wave Impact the asphaltic revetment is assumed to behave linear-elastically. The subsoil is schematised as a Winkler Spring foundation. The asphalt stiffness as well as the spring constant of the subsoil (modulus of subgrade reaction) is derived from falling weight deflection tests. Moreover it is assumed that only one severe winter storm is relevant (the asphalt is supposed to recover due to healing before the next storm). Finally the cumulative Miner's sum model for fatigue is assumed to be valid.

In [2, chapter 3] aspects influencing the safety of the Wave Impact (Golfklap) assessment are discussed. It has been tried to quantify the contribution of these aspects to the so called model factor.

In [2] the contribution to the Wave impact model uncertainty of these aspects is quantified for hydraulic asphaltic concrete (WAB), as far as possible. All aspects are considered as a whole in order to obtain a statistical distribution for the model uncertainty, from which a model factor on the Miner's sum was obtained.

There is little or no experience with the method developed so far. Therefore it is recommended to perform a number of trial safety assessments that will give more insight in the consequences of the WTI-2017 assessment approach. This recommendation is elaborated in the Quick wins section 7.

### 2.2 Knowledge gaps

The study in [2] reveals that the subsoil condition has the largest influence in the model uncertainty for WAB. The Winkler spring assumption is too optimistic and contributes greatly to the model factor. More insight in the mechanical behaviour is clearly needed in order to decrease the uncertainty.

In Delta flume experiments the deflections and strains appear to be much larger in case the phreatic line is equal to the outer water level, i.e. the sand is (almost) saturated in the wave attack zone. Fortunately, a large part of the Dutch dikes are expected to have a phreatic line that is lower than the lower edge of the asphaltic revetment. Nevertheless, in a significant number of circumstances the phreatic line may be higher, and the subsoil behaves in a more complex manner. In such cases a Winkler spring foundation or even a linear elastic subsoil is too simple.

In order to avoid failure due to shear deformation and failure of the subsoil (mechanisms 2 and 3), the following requirements for using the Wave impact model have been defined [5]:

- Thickness of asphalt > 0.1 m.
- Significant wave height < 3 m.
- Phreatic line in the dike body should be below the lower edge of the asphaltic revetment.

In case these requirements are not fulfilled (about 30% of the Dutch asphaltic concrete revetments) the failure mechanisms 2 and 3 might occur, and other assessment tools in addition to Wave impact are needed.

The Wave impact model uses fatigue lines that describe the amount of loadings until crack initiation as a function of tensile stress. These fatigue lines were validated by means of the outcome from the analysis of the medium scale tests. The agreement for newly made as well as for old asphalt was satisfactory but for just a few examples. More examples have to be tested (on prototype or medium scale).

There is still insufficient insight in the processes of crack growth and self-healing, and in the effect of irregularities (such as sudden changes in layer thickness).

For open stone asphalt (OSA) it was not feasible yet to quantify the model factor uncertainty because of lack of data (see chapter 5).

### 2.3 Research goals

Experimental research in pace with development of large strain soil modelling (e.g. with MPM) could help to develop an assessment scheme for circumstances with large wave heights and/or a high phreatic line, extending the applicability of asphalt revetments. The modelling can be extended to a situation with a high phreatic line, and a more advanced schematisation of the wave attack (by means of ComFLOW) can be implemented. Various material models can be used, including more advanced models more suitable for the modelling of cyclic loading.

A further basic assumption to the Wave impact model is that fatigue can be modelled by a Miner's sum approach. This approach assumes a linear, cumulative damage development. It has been suggested that one large wave impact followed by small ones leads to more fatigue than when the order is reversed. We recommend to study the accumulation of damage by numerical modelling that is based on experimental evidence. In pavement engineering several mechanical damage models are available as well as micro-mechanical (FEM) models.

In order to deal with crack growth, self-healing, effect of irregularities (such as sudden changes in layer thickness), more advanced asphalt models have to be applied, in combination with experimental research. The age of the asphalt is an important parameter here. Experiments have shown that the failure behaviour of old asphalt is quite different from that of a newly made asphalt. Also the self-healing properties differ.

### 3 Input parameter determination and the method of schematisation

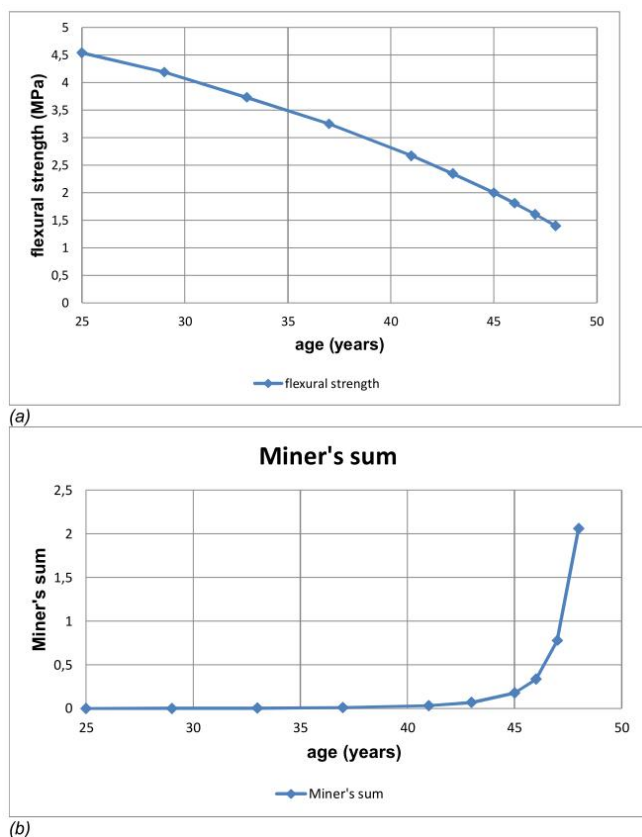
#### 3.1 Knowledge gaps

There appears to be a discrepancy between the values of the asphalt modulus from the modelling of medium scale model tests and from element tests (in a 3- or 4-point bending set-up on small asphalt samples). The modulus from the element tests had to be reduced by a factor of 3.5 in order to fit the deflection profiles from the medium scale tests. This large discrepancy is still not understood. It might be due to the relatively small thickness of the asphalt layer in the medium scale test, as shear effects in the granular skeleton might increase the deformation, especially its curvature in the centre will increase.

Also for many dike sections a discrepancy was found between asphalt moduli from falling weight deflection tests and from element tests [2]. The modulus from the falling weight deflection test close to the sampling location was a factor 0.6 lower than the modulus than from element tests and a factor 1.4 to 2.2 higher than the modulus from the modelling of the medium scale tests [6]. These differences are probably related to scale effects, the temperature correction needed for the FWD-test and the type of loading condition. As the safety assessment uses the FWD-stiffness values, a validation of these is needed.

In former Delta flume experiments the deflections and strains appeared to be much larger in case the phreatic line is equal to the outer water level, i.e. the sand is (almost) saturated in the wave attack zone. Fortunately, a large part of the Dutch dikes are expected to have a phreatic line that is lower than the lower edge of the asphaltic revetment. The current methods to estimate the phreatic level are oversimplifications. Better methods (either by calculation or by measurements) to estimate the phreatic level more realistically would contribute to a more reliable assessment.

As part of the current research (Rijkswaterstaat/Stowa) a method is being developed to predict the flexural strength as a function of time. This is of importance because of two reasons: being able to use test results from the past and extrapolating them to a future reference date. The two figures below show that after some time a further decrease in flexural strength results in a quick rise in Miner's sum, i.e. the revetment's remaining lifetime becomes shorter and very unsure. This gives a need for further field investigation in order to obtain more time series of flexural strength and related stiffness, and thus the prediction method can be improved.



Figuur 3.1 Time development of flexural strength and Miner's sum. Example based on the situation at the Helderse Zeewering. (a) decrease in flexural strength in time, (b) the associated Miner's sum

### 3.2 Research lines

It is important to understand the large differences in stiffness that are obtained from falling weight deflection (FWD) tests, element tests (3- or 4-point bending tests on small samples) and the values obtained by fitting the medium scale tests. A literature survey is advised, as well as an analysis of a selection of empirical data (also historical data from test sections). Moreover, it is recommended to perform additional falling weight deflection tests and to check its analysis. Also the FWD-analysis has to be evaluated; possibly more data points per  $m^2$  are needed to obtain a better insight in the spatial correlation and also the derivation of the asphalt stiffness and subgrade modulus has to be evaluated

Further research might be performed by an experiment on prototype scale under a more realistic loading condition (a triangular spread load, with a base of 1 to 2 m), in order to obtain more insight in the causes of the discrepancy. In this case the bending of the asphalt plate is more realistic, the thickness of the asphalt can be taken  $> 10$  cm and also the sand is loaded in a more realistic way. In [7] a design of such a prototype test is described. On prototype scale also the failure due to cracking will be more realistic, as cracks will develop in a larger volume of asphalt. A step further into real wave loading might be to perform experiments in the new Delta Flume.

A more detailed method to determine the position of the phreatic line with infiltration due to wave run-up and overtopping could be obtained by making a series of calculations for a selection of representative cases that are based on previous studies. In collaboration with the water boards, standpipe measurements can be used to validate these calculations. From

these stand pipe measurements a methodology to estimate the hydraulic resistance between the dike body and the outer water level can be derived.

To predict the flexural strength as a function of time better than up-to-now is of importance because of two reasons: being able to use test results from the past and extrapolating them to a future reference date. Further field investigation in order to obtain more time series of flexural strength and related stiffness will improve the prediction method.

## 4 Knowledge gaps in relation to the probabilistic framework

### 4.1 Introduction

It is not well known on what scale an asphalt the revetment fails under storm conditions. It is likely that the spatial distribution of the Wave Impact input parameters, such as the asphalt stiffness, layer thickness and the flexural strength play an important role. From field investigation, it followed that the correlation lengths of stiffness and layer thickness are of the order of 10 meters but for the flexural strength (from tests on small samples) it is much smaller: tens of centimetres. This implies that the independent equivalent reaches are of this order of magnitude too. However, this leads to a very small allowable probability of failure for a cross section, which was felt to be unrealistic. In the safety assessment in the past it was implicitly assumed that the length of the independent equivalent reaches was equal to the length of the dike section under consideration (i.e. of the order of 1000 meter, as part of one construct contract).

### 4.2 Knowledge gaps

In the calibration study [4] it has been assumed that the length of the independent equivalent reaches is 1000 m. This assumption has to be discussed with respect to the outcome of trial safety assessments. In order to understand this assumption in terms of the spatial variability of the Wave impact input parameters, further research is needed. Possibly the parameter values can be spatially averaged in a proper sense related to the modus of failure.

In future, it will be necessary to distinguish subsections within the dike section, with a dimension that corresponds to the scale of failure of the construction. This can be related to the spatial distribution of the parameters involved. There is a need for prototype testing on a larger scale than that of the parameter determination (by means of falling weight deflection tests and laboratory element tests).

More research (numerically and experimentally) is needed on how the observed spatial variations can be averaged in the zone where damage due to wave attack is expected and also how safe values can be taken for the assessment. It is advised to explore ideas to make spatial averages for the flexural strength, on a scale that is relevant for the wave attack. Apart from a validation of the assumed length of the independent reaches, this will give a large reduction in uncertainty and therefore lead to a much smaller partial safety factor  $\gamma_s$ .

Up to now no cross correlations between strength parameters have been taken into account, because a reliable statistical proof of these was lacking. It is advised to perform additional experiments and analyse more experimental data, while making spatial averages for especially the flexural strength.

For open stone asphalt (OSA) very limited experimental data is available. In order to calibrate the safety factors, assumptions on these data can be made that have to be validated by an analysis of field measurements (see chapter 5)

A calibration of the safety factor for the Eastern Scheldt is still lacking, as no proper hydraulic boundary conditions were available at that time. In near future a calibration for the Eastern Scheldt is desirable, by using newly obtained hydraulic boundary conditions. It concerns about 20 km<sup>1</sup> of asphalt revetment.

## 5 Assessment of open stone asphaltic revetments

### 5.1 Introduction

Open stone asphalt (OSA) has been applied in revetments to protect dikes against wave attack, wave run-up and overtopping. OSA is often placed on a sand core, using a geotextile as an interface, or a base layer of sand asphalt (that has smaller pores).

It is expected that its use will increase, especially for dikes that should have a natural cover layer (grass, reed etc.). Its open structure is favourable for plant growth and has a limited effect on the dike hydrology. The Port of Rotterdam, the Belgium authorities and Project-organisation Sea Defences (projectbureau Zeeweringen) have performed ad hoc safety assessments of part of their OSA revetments. There is still a need for a validated (semi-) probabilistic safety assessment for OSA. In addition, a proper design method is lacking, that takes into account the reduction in strength due to aging. The part of the method concerning a procedure for field investigation and laboratory testing has been developed within WTI. However, this procedure was not validated yet by using it in practice and improving it.

### 5.2 Knowledge gaps

Due to the porous structure of the open stone asphalt, the subsoil condition is very important. In the wave attack zone, when the OSA is directly placed on the subsoil, there is a large risk of erosion, liquefaction and migration of sand. This has, however, not been modelled quantitatively.

It has to be investigated whether the model WAVE IMPACT can be used for OSA, and under what restrictions as to the base layer/subsoil condition and loading conditions. Up to now, only limited field data are available, that means that it was not possible to make a reliable statistical analysis to feed probabilistic calculations (using WAVE IMPACT).

The other failure mechanisms: (a) erosion of the surface and (b) failure of the subsoil (sand) have to be excluded by defining safe dimensions and properties. What dimensions and properties can be considered safe remains to be determined. Also thought has to be given to the reduction in wave load due to the intrusion of the water front into the pores of the OSA. A predictive model has to be developed to model the strength decrease of OSA due to aging and erosion.

To validate the current approaches and also to make a probabilistic analysis there is a lack of data. More field investigation is needed, consisting of non-destructive testing and laboratory testing on samples that are taken from cores.

### 5.3 Research goals

The goals of the research are to obtain:

- A (semi-)probabilistic assessment and design tool for OSA.
- A model to predict the reduction in strength of OSA due to aging.
- Insight in what properties are needed to predict the amount of (surface-)erosion in time.
- Validation of these points by means field investigation; obtain enough data.
- Insight in what OSA revetment structures have the best performance under wave attack, wave run-up and overtopping respectively.



## 6 Aspects related to 'actieve zorgplicht'

### 6.1 Introduction

Besides the 12 years' assessment in WTI the common inspection and maintenance, called the 'actieve zorgplicht' deserves further consideration.

Due to atmospheric conditions an asphaltic revetment is aging. This implies that the asphalt becomes brittle, the surface shows signs of stripping, and after some time also cracks become visible. It is common practice to inspect the asphalt surface at least once a year. A prediction method for safe values for the flexural strength is under development.

In the safety assessment in WTI, it is assumed that the asphalt has no significant damage, which implies that the water board has to repair serious damages. In the 'handreiking continu inzicht' (manual for water boards to acquire insight in the condition of the asphaltic revetment and act accordingly) [RWS/STOWA, under development], a method is described to assess the relevance of these damages, depending on the wave load, slope angle, construction type and other aspects.

Failure mechanisms Material Transport (AMT and AES in VTV2006) and the assessment of transition zones (overgangsconstructies AOC) will be part of the maintenance task of the water boards, and are not part of the WTI.

### 6.2 Knowledge gaps

In the 'Handreiking continu inzicht' a method is described to assess the relevance of damages. A rating as to the dimensions of the damage is proposed, but still needs validation. Especially the effect of vegetation on the strength of the asphalt revetment needs further research. Also inspection methods have to be developed, especially to measure the presence and depth of cracks. Also a better understanding of the origin of different type of cracks is needed, in order to make a prognosis.

Inspection methods have to be developed to detect dangerous fissures, or open connections, that have penetrated a large part of the asphalt layer. In addition, holes below the asphaltic revetments might occur, due to transport of sand. Detection methods to find these holes are needed, as the asphalt might suddenly collapse.

The Water boards need a regular check of the current strength of the asphalt, especially when the remaining life time is short (< 5 years). In the 'handreiking continu inzicht' criteria will be given in order to determine the inspection interval. Also falling weight deflection tests are included in this inspection. When doubts about the safety arise, a more elaborate assessment is needed.

A thorough study is needed to find a practical relation between the results from falling weight deflection tests and the flexural strength (at the bottom) of the asphalt layer. In case this succeeds, falling weight deflection tests can be used at regular time intervals to reduce the uncertainty in the lifetime prediction (reduction of flexural strength).

## 7 Quick wins as related to wave impact assessment

Based on the issues listed in chapters 2 – 6 a number of subjects has been identified that can be tackled in relatively short steps leading to significant improvement.

1. In order to get more insight in the validity of the safety factors it is recommended to perform a trial safety assessment to estimate the outcome of the future assessment for several representative cases, using the model factor  $\gamma_m$  and the partial safety factor  $\gamma_s$ . This has to be done on the basis of findings from historic safety assessments and experiences of water boards. In [2] a selection of several representative cases is given that can be used to perform such an assessment. For this analysis old data, mainly obtained in 2009, can be used. These data can be extrapolated to 2023 by the newly developed aging model. For dike sections that are critical it makes sense to obtain a new dataset by testing core samples, which gives a more accurate insight in the aging effect.

This assessment will give more insight in the consequences of the current WTI-2017 assessment approach, and might give a need to improve this approach. In case many asphaltic revetments do not pass the detailed assessment, additional research is desirable to make sure that reconstruction is necessary. This research should cover all dike sections that are (about to be) disapproved.

2. Develop a more detailed method to determine the position of the phreatic line for a selection of representative cases with infiltration due to wave run-up and overtopping (see Chapter 3).

3. To predict the flexural strength as a function of time better than up-to-now is of importance because of two reasons: both being able to use test results from the past and extrapolating them to a future reference date. Further field investigation in order to obtain more time series of flexural strength and related stiffness will improve the prediction method.

## 8 Future research lines

### 8.1 Introduction

Asphaltic revetments are aging. After some time the strength decreases and the probability of failure increases drastically. This is the case for 500 km in the coming 10 years.

Therefore more research is needed on how the asphalt is aging, how it fails, and on what influence the subsoil condition has, including the degree of saturation.. In addition, this knowledge will give a reference for an analysis of the validity of choices and assumptions made in the probabilistic framework.

There are six research lines on longer term:

1. Validation concerning the model Wave Impact on asphaltic revetments (see appendix 1).
2. Analysis on the validity of the values for independent section length and safety factors in the probabilistic framework (see appendix 2).
3. Development of a (semi-) probabilistic assessment and design method for open stone asphalt (see appendix 3).
4. Investigation of the aging process in time that results in loss of strength and damage (see appendix 4).
5. Determination method of the stiffness of the asphaltic revetment.
6. Inclusion of foundation layers in assessment and design.

A summary of items of relevance for the safety assessment is given in appendix 5.

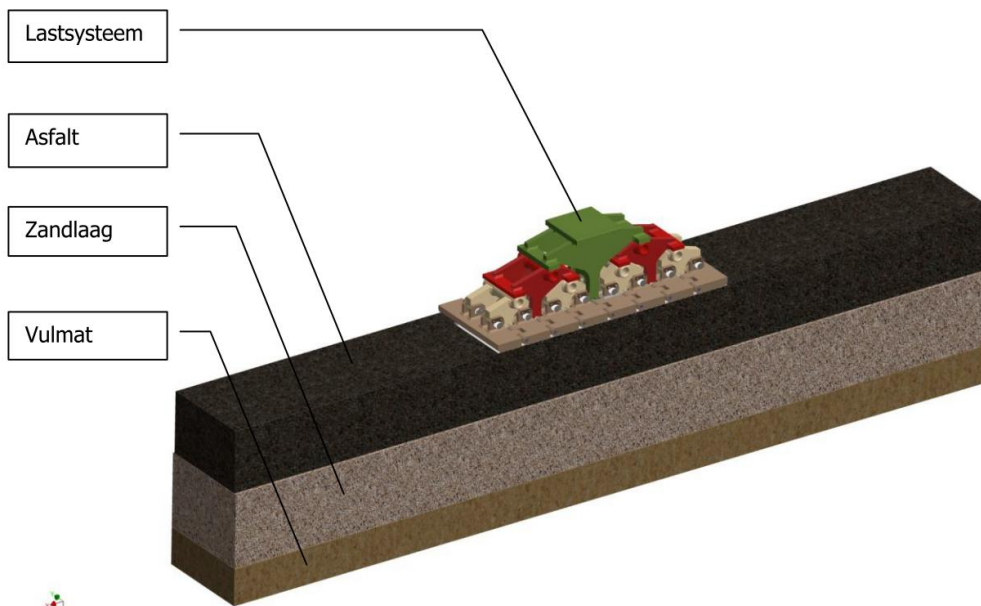
### 8.2 Validation concerning wave impact on asphaltic revetments

In order to assure that the semi-probabilistic assessment using WAVE IMPACT is safe, application requirements have been defined [5]. This assessment cannot be used in case (a) the phreatic line in the dike body is higher than the lower edge of the asphalt revetment and (b) in case the significant wave height is larger than 3 m. In addition (c), in the North of the country there is an unknown interference with regularly occurring earthquakes.

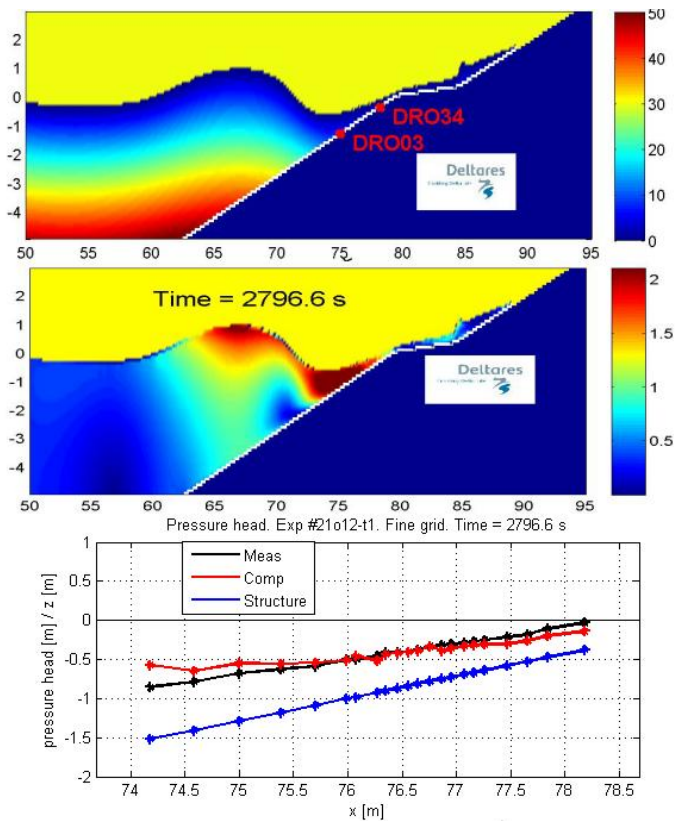
Appendix 1 gives a factsheet summarizing this topic. The main conclusions are that in case (a) much larger deformations can occur, as demonstrated by Deltaflume experiments. It is not possible yet to perform realistic assessment calculations. It is clear that in case of large waves (b) the subsoil can fail, but the limitation of 3 m is only an educated guess. Evidence is still lacking, also about how the revetment fails due to high wave loads. In case (c) knowledge has to be obtained about a possible significant (negative) interference, by means of the interpretation of monitoring results and by using advanced calculation methods.

Insight is needed in the mechanism of failure leading to crack formation in the asphalt. This can be investigated by mechanical modelling and prototype testing, such as by means of the 'TU-Delft balkproef', see figure 7.1 from [7].

Secondly, experiments in the Deltaflume are foreseen. A calculation method has to be developed for the case in which the phreatic line is high, that should finally lead to an advanced safety assessment method. Preliminary ComFLOW calculations are shown in Figure 7.2.



Figuur 8.1 The 'TU-Delft balkproef', in which a 2 D slice of asphaltic revetment, on sand, on a rubber mat, is loaded by a triangular pressure distribution (wave load)



Figuur 8.2 Snapshot of the computer pressure distribution from ComFLOW (upper panel; in kN/m<sup>2</sup>), velocity distribution (middle panel; in m/s) and pressure head (lower panel), see [8]

### 8.3 Analysis on the validity of the independent section length and safety factors in the probabilistic framework

It is not well known yet on what scale the revetment fails under storm conditions. It is for sure that the spatial distribution of WAVE IMPACT input parameters, such as the asphalt stiffness, layer thickness and the flexural strength play an important role. From field investigation it appeared that the correlation lengths of stiffness and thickness are of the order of 10 meters but for the flexural strength (from tests on small samples) it is smaller, i.e. tens of centimetres. This implies that the independent equivalent reaches are of the same order of magnitude too. However, in that case the allowable probability of failure becomes very small, which was felt to be unrealistic. In the current WTI-2017 safety assessment the length of the independent equivalent reaches was chosen to be 1000 m (see chapter 4). This choice needs validation, as it is very different from the correlation lengths of the input parameters.

More research (numerically and experimentally) is needed on how the observed spatial variations can be averaged in the zone where damage due to wave attack is expected and also how safe values can be taken for the assessment. It is advised to explore ideas to make spatial averages for the flexural strength, on a scale that is relevant for the wave attack. Apart from a validation of the assumed length of the independent reaches, this will give a large reduction in uncertainty and therefore gives a much smaller partial factor of safety  $\gamma_s$ .

Prototype testing is needed to determine how failure occurs, and that could be compared with predictions and postdictions in which strength properties are 'averaged'. To do this, advanced mechanical modelling is needed. See also the factsheet in appendix 2.

### 8.4 Development of a (semi-) probabilistic assessment and design method for open stone asphalt

As open stone asphalt is concerned, a (semi-)probabilistic assessment and design method is still lacking. In order to obtain these, all available information should be analysed to obtain a draft method that has to be validated by means of elaborate field research. Also more knowledge on strength reduction of the open stone asphalt due to aging is needed for this. All possible failure mechanisms have to be considered, including erosion. In addition, a guideline for inspection and periodic monitoring has to be made. See also chapter 5 and the factsheet in appendix 3.

### 8.5 Investigation of the aging process in time

More fundamental knowledge is needed as to the causes of a decrease in strength in time and the occurrence of damages. This will give input to existing inspection and maintenance, for example as a rating in damages, guideline for the determination of the inspection interval, an improved prediction of strength and thus the remaining lifetime. Also the design criteria for asphaltic revetments, including the properties of the mixture, can be improved. A factsheet is given in appendix 4.

### 8.6 Stiffness of asphalt revetments

It is important to understand the large differences in stiffness that are obtained from falling weight deflection (FWD) tests, element tests (3- or 4-point bending tests on small samples) and the values obtained by fitting the medium scale tests. These differences are probably related to scale effects, the temperature correction applied in the FWD-tests and the type of loading condition. As the safety assessment uses the FWD-stiffness values, a validation of these is needed.

A literature survey on falling weight deflection tests is advised, as well as an analysis of a selection of empirical data (also historical data from test sections). On a longer term it is advised to perform prototype experiments.

## 8.7 Effect of foundation layers

It has been suggested to improve the design of asphaltic dike revetments by using foundation layers instead of applying the asphalt directly on the sand body. An extended Wave impact model is needed to allow for the positive effect on the spring constant of a layer of coarse material (foundation). In the framework of POV-Wadden attention will be paid to this.

## 9 References

- [1] Faalmechanisme beschrijving asfaltdijkbekledingen, Deltares 2015, 1220086-007-HYE-0001- 12 jvm.
- [2] Definition and quantification of a modelfactor for the WAVE IMPACT model for asphalt on dikes, Deltares 2015, 1209437-021-HYE-0006.
- [3] Validation of WAVE IMPACT assessment, based on an analysis of experimental results, Deltares 2015, 1209437-021-HYE-0010.
- [4] Calibration of safety factors for wave impact on Hydraulic Asphalt Concrete Revetments, Deltares 2014, 1209431-010.
- [5] Toetschema's asfaltdijkbekleding; WTI 2017 product 5.29, Deltares 2015, 1220086-006-HYE-0002-gbh (final).
- [6] Interaction between an asphalt revetment and a sand subsoil under wave attack a second medium scale experiment on 'old' asphalt, Deltares 2015, 1207811-015-HYE-0043-gbh.
- [7] Grote laboratoriumproef op dijkconstructie: ontwerp, planning en kostenraming. TU Delft 2014, J. Moraal, number 7-14-210-1.
- [8] Ivo Wenneker, Peter Wellens and Reynald Gervelas; "Volume-of-fluid model comflow simulations of wave impacts on a dike", Proceedings ICCE2010.





## A Factsheet

# Factsheet kennisagenda Waterveiligheid

Datum: 23 juni 2017

## Onderwerp: validatie toetsing asfaltdijkbekleding (onder gecombineerde belasting)

**Doel van de voorstellen:** noodzaak om doelmatig te kunnen ontwerpen en kundig te kunnen toetsen/beoordelen. (onterecht afkeuren en onterecht goedkeuren verminderen)

Versie	Toelichting
0.1	Opgesteld door Bernadette Wichman Deltares

Onderwerp	
<p><i>kort schets van probleem</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>wat is er aan de hand</i></li><li>- <i>waar zijn gaten in kennis en kunde</i></li></ul>	<p>Asfaltdijkbekleding verouderd, waardoor na enige tijd de sterkte afneemt en de faalkans drastisch toeneemt. Dit speelt voor zeker 500 km in de komende 10 jaar.</p> <p>Er kunnen een drietal relevante belastingsituaties optreden: golfaanval, hoge grondwaterstand (als het asfalt wat lager op het talud ligt), aardbevingen (in het noorden van het land). Deze belastingen als combinatie leiden tot een onveilige situatie.</p> <p>Het model Golfklap dat het effect van golfaanval berekent heeft een beperkte toepasbaarheid.</p> <p>Om Golfklap te kunnen toepassen moet de significante golfhoogte kleiner zijn dan 3 meter, iets dat nooit goed is onderbouwd. Tevens moet de grondwaterstand beneden de onderrand van de asfaltdijkbekleding liggen. Als de grond onder het asfalt een hoge verzadigingsgraad heeft, volgt uit Deltagoot experimenten dat de ondergrond met het asfalt bij golfaanval sterk deformeert. Tevens is er een risico op lokaal verweken en afschuiven van het onderliggende zand. Welke golfhoogte hierbij nog toelaatbaar is hangt sterk af van de conditie van de ondergrond (en de sterkte van het asfalt).</p> <p>Deze faalmechanismen maken geen deel uit van Golfklap. Golfklap gaat uit van een asfaltdijk op veren model, waarbij beperkte deformaties loodrecht op het talud optreden en de ondergrond niet bezwijkt. Onder invloed van gecombineerde belastingen (te grote golfaanval en hoge grondwaterstand) kunnen dus andere faalmechanismen dan beschreven met Golfklap gaan optreden, die leiden tot falen van de asfaltdijkbekleding.</p> <p>Hier is nog nauwelijks onderzoek voor gedaan, zodat er nog geen werkwijze beschikbaar is die gebruikt kan worden voor een toets op maat, of ontwerpberkening.</p> <p>Daarnaast loopt er onderzoek naar de effecten van aardbevingen op de waterkerende functie van dijken. Deze aardbevingen kunnen de dijk mogelijk verzwakken, waardoor golfaanval en een hoge grondwaterstand ongunstiger zijn. Onderzoek hiernaar maakt deel uit van een door Cristina Jommi van de TU Delft ingediend STW-voorstel, zie hieronder.</p>
<p>Doel</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>welke vragen moeten beantwoord zijn na het onderzoek</i></li><li>- <i>in de toelichting maak een onderscheid in beleidsdoel en projectdoel</i></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Wat is het effect van een hoge grondwaterstand op de wijze van falen van de asfaltdijkbekleding onder golfbelasting?</li><li>- Welke golfhoogten kunnen nog veilig worden gekeerd?</li><li>- Hoe interfereren vervormingen ten gevolge van aardbevingen hiermee?</li><li>- Hoe kan ik hier op een veilige wijze aan rekenen?</li><li>- Kan het toepassingsgebied van het model Golfklap worden vergroot?</li></ul> <p>Beleidsdoel: Uitbreiding van de scope van het toets- en ontwerpinstrumentarium. Het verkrijgen van een gevalideerde methode.</p> <p>Projectdoel: Rekenmethode ontwikkelen, ten behoeve van de validatie van deze methode prototype experimenten (TU Delft balkproef, Deltagootproeven) uitvoeren in combinatie met veldonderzoek. Beter inzicht krijgen in de wijze van falen van de asfaltdijkconstructie op ware schaal en dit vertalen naar een update van de toepassingsvoorwaarden voor het model Golfklap. Ook rekenen met funderingslagen, waarmee naar verwachting de bekleding minder kwetsbaar wordt. In het kader van WTI-2017 werd een ontwerp van de TU Delft balkproef gemaakt, met kostenraming.</p>

<b>Onderwerp</b>	
	Deze balkproef bootst een herhaalde golfaanval op ware schaal na.
Meerwaarde <i>(geef het belangrijkste aan)</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>meerwaarde bij toetsing, ontwerp en beheer &amp; onderhoud (zorgplicht), wordt het doelmatiger?</i></li> <li>- <i>geef indien mogelijk ook samenhang met overstromingsrisicobepaling en overstromingskansen aan</i></li> </ul>	<p>Er komt een landelijke leidraad voor het toetsen en ontwerpen van asfaltdijkbekleding onder gecombineerde belastingen, waarbij de methode goed is gevalideerd. Er wordt naar gestreefd het geldigheidsgebied van het Golfklap model te vergroten.</p> <p>Een relatie zal worden gelegd met het probabilistische raamwerk. Er wordt inzicht verkregen in de wijze van falen, het 'uitmiddelen' van de sterkte eigenschappen binnen de schaal van het prototype. Indien de sterkte eigenschappen op een juiste wijze kunnen worden gemiddeld, geeft dit een aanzienlijke reductie van de faalkans per dijksectie.</p>
klant	
Tijdshorizon/planning	tijdsindicatie middelange termijn 2 tot 5 jaar en lange termijn termijn 5 tot 10 jaar kosten 1500 k€
Samenhang met programma's	Cristina Jommi heeft samen met Deltares en andere partijen een STW-voorstel ingediend, genaamd: Response of Earth Structures to Subsidence and Earthquakes (StaunchStructures). Onderdeel hiervan is het rekenen aan asfaltdijkbekleding onder golfaanval in combinatie met hoge grondwaterstand en effecten van aardbevingen. Er zijn in dit voorstel geen prototype experimenten voorzien.
Relevant voor	Toetsers, ontwerpers
Bij wie is de expertise beschikbaar voor dit dossier	Bernadette Wichman Deltares; Lambert Houben TU Delft; Arjan de Looff en Rien Davidse KOAC-NPC.
eventuele referenties <ul style="list-style-type: none"> <li>- eerder onderzoek?</li> <li>- plannen?</li> </ul>	Belangrijk deel is een logisch vervolg op WTI-2017.



## **B Factsheet**

# Factsheet kennisagenda Waterveiligheid

Datum: 23 juni 2015

## Onderwerp: onderbouwing berekening faalkansen asfaltdijkbekleding

**Doel van de voorstellen:** noodzaak om doelmatig te kunnen ontwerpen en kundig te kunnen toetsen/beoordelen. (onterecht afkeuren en onterecht goedkeuren verminderen)

Versie	Toelichting
0.1	Opgesteld door Bernadette Wichman Deltares

Onderwerp	
<p><i>kort schets van probleem</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>wat is er aan de hand</i></li><li>- <i>waar zijn gaten in kennis en kunde</i></li></ul>	<p>Asfaltdijkbekleding verouderd, waardoor na enige tijd de sterkte afneemt en de faalkans drastisch toeneemt. Dit speelt voor zeker 500 km in de komende 10 jaar. Kennis van de sterkte en de ontwikkeling hiervan in tijd zijn daarom zeer belangrijk. De sterkte wordt bepaald met laboratoriumproeven op kleine monsters. Zoals te verwachten resulteert dit in een (soms forse) spreiding van sterkteparameters. In het kader van WT12017 zijn keuzes gemaakt over de interpretatie van metingen tot rekenparameters voor gebruik in het model 'Golfklap'. Deze keuzes hebben geleid tot een praktisch toepasbare methode, echter de onderbouwing vanuit de fysica achter het mechanisme is nog onvoldoende. De keuzes hebben een grote invloed op de rekensterkte en dus op de toetsing, Voor een verbetering van de onderbouwing is meer inzicht noodzakelijk in de ruimtelijke variabiliteit van de sterkteparameters, maar ook de ruimtelijke variabiliteit van de belasting (een golfklap treedt heel lokaal en wisselend over het taludoppervlak op), de grootte van het mechanisme en de systeemwerking van de hele bekledingslaag. Wat bij dit laatste aspect speelt is of bijvoorbeeld een enkel zwak plekje in de asfaltdijkbekleding belangrijk is voor het falen van de hele bekleding.</p> <p>Het effect op de faalkans eis per dijkvak van de onzekerheid in gemaakte keuzes is een factor 100 t.a.v. de lengte van de onafhankelijke dijksectie (waarbinnen de sterkte en belastingsparameters correleren). Nu is deze lengte op 1000 meter gesteld, wat niet goed kon worden onderbouwd. Het middelen van invoer parameters over de relevante schaalgrootte heeft ook een flink effect. Het is niet bekend hoe en op welke schaal moet worden gemiddeld, zodat het falen van de asfaltdijkbekleding juist wordt berekend.</p>
<p>Doel</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>welke vragen moeten beantwoord zijn na het onderzoek</i></li><li>- <i>in de toelichting maak een onderscheid in beleidsdoel en projectdoel</i></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Hoe kan ik meer zekerheid verkrijgen over de berekende faalkans?</li><li>- Hoe moeten de Golfklap parameters 'gemiddeld' worden om op de juiste schaal te rekenen?</li><li>- Welke schaalgrootte is voor het falen van de asfaltdijkbekleding van belang?</li></ul> <p>Beleidsdoel: verantwoorde faalkans eis per dijkvak verkrijgen. Voorkomen van onnodig afkeuren of goedkeuren bij toetsing.</p> <p>Projectdoel: Hiertoe gemeten parameters juist statistisch bewerken, met gebruikmaking van mechanica modellen, zodat deze een realistischer voorspelling van het bulkgedrag van de asfaltdijkbekleding te zien geven. Dit moet onder de motorkap van Golfklap gedaan worden. De invoer voor de gebruiker moet op basis van de gangbare werkwijze worden verkregen. Een beter onderbouwde onafhankelijke dijksectielengte afleiden. Een verbeterde en consistent onderbouwde set veiligheidsfactoren afleiden.</p>
<p>Meerwaarde <i>(geef het belangrijkste aan)</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>meerwaarde bij toetsing, ontwerp en beheer &amp; onderhoud (zorgplicht), wordt het doelmatiger?</i></li><li>- <i>geef indien mogelijk ook samenhang met</i></li></ul>	<p>Faalkans eis per dijkvak is beter onderbouwd, nu is de onzekerheid een factor 100. Dit speelt een rol bij toetsen, ontwerpen, maar ook bij het tijdig ingrijpen in het kader van beheer. Dit laatste omdat de veroudering vaak sneller gaat dan de termijn van 12 jaren tussen de opeenvolgende toetsingen.</p>

<b>Onderwerp</b>	
<i>overstromingsrisicobenedering en overstromingskansen aan</i>	
klant	
Tijdshorizon/planning	Tijdsindicatie: middelange termijn 2 tot 5 jaar Budget: 250 k€
Samenhang met programma's	WTI-2017; RWS/STOWA onderzoek asfaltdijkbekledingen; POV-Wadden productinnovatie asfaltdijkbekleding
Relevant voor	Toetsers, ontwerpers, beheerders.
Bij wie is de expertise beschikbaar voor dit dossier	Deltares: Bernadette Wichman, Wouter Jan Klerk, Robert 't Hart; TU Delft: Lambert Houben en Martin vd Ven; KOAC-NPC: Arjan de Looff en Rien Davidse.
eventuele referenties - eerder onderzoek? - plannen?	Zie de diverse WTI-rapporten.





## **C Factsheet**

# Factsheet kennisagenda Waterveiligheid

**Datum:** 25-05-2015

**Onderwerp:** toets- en ontwerpmethode open steenasfalt

**Doel van de voorstellen:** noodzaak om doelmatig te kunnen ontwerpen en kundig te kunnen toetsen/beoordelen. (onterecht afkeuren en onterecht goedkeuren verminderen)

Versie	Toelichting
0.1	Opgesteld door Robert 't Hart en Bernadette Wichman

Onderwerp	
<p><i>kort schets van probleem</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>wat is er aan de hand</i></li> <li>- <i>waar zijn gaten in kennis en kunde</i></li> </ul>	<p>Open steenasfalt (OSA) is een type asfaltdijkbekleding die op tal van dijken is toegepast en in de toekomst mogelijk een nog grotere rol gaat spelen in het kader van het overslagbestendig maken van dijken. Het is een doorlatende bekleding.</p> <p>OSA is op diverse locaties toegepast, zowel in de golfaanvalzone als in de golfoploop- en overslag zone. Het gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, Projectbureau Zeeweringen en de Belgen (Patrick Peeters) hebben al beoordelingen van dit OSA laten uitvoeren. Ook binnen het WTI is veld- en laboratoriumonderzoek gedaan. Wat nog ontbreekt is een volledige (probabilistische) toets- en ontwerpmethode, waarbij rekening wordt gehouden met veroudering van het materiaal.</p> <p>Bij het vaststellen van de faalmechanismen moet rekening gehouden worden met de open structuur van het OSA en het feit dat het normaal is dat er enige erosie van het oppervlak optreedt. Verder is begroeiing vaak aanwezig of zelfs gewenst.</p> <p>Het verloop van de materiaalsterkte als functie van de leeftijd van de bekleding is nog zeer onzeker, hoewel al wel beperkt onderzoek voorhanden is.</p>
<p>Doel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>welke vragen moeten beantwoord zijn na het onderzoek</i></li> <li>- <i>in de toelichting maak een onderscheid in beleidsdoel en projectdoel</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoe kan ik aan open steen asfalt (OSA) onder golfbelasting rekenen?</li> <li>- Onder welke voorwaarden is het model Golfklap geschikt?</li> <li>- Hoe kan ik OSA (semi-)probabilistisch toetsen en ontwerpen?</li> <li>- Hoe breng ik veroudering en aantasting van het materiaal in rekening?</li> </ul> <p>Beleidsdoel: Het gehele areaal aan OSA op een kosten effectieve wijze toetsen. Het opstellen van een veilige ontwerpmethode voor OSA.</p> <p>Projectdoel: Op basis van beschikbare gegevens en kennis een concept toets- en ontwerpmethode opstellen, deze valideren met veldonderzoek, een levensduurmodel opstellen. Dit inbedden in een probabilistisch raamwerk.</p>
<p>Meerwaarde <i>(geef het belangrijkste aan)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>meerwaarde bij toetsing, ontwerp en beheer &amp; onderhoud (zorgplicht), wordt het doelmatiger?</i></li> <li>- <i>geef indien mogelijk ook samenhang met overstromingsrisicobepaling en overstromingskansen aan</i></li> </ul>	<p>Het wordt straks mogelijk om op een kosten effectieve wijze (probabilistisch) te toetsen en te ontwerpen.</p> <p>Er is dan een landelijk gedragen aanpak hiervoor, in plaats van enkele ad hoc oplossingen.</p> <p>De toets- en ontwerpmethode zullen worden ingebed in een probabilistisch raamwerk, zodat inzicht wordt verkregen in de faalkans van OSA onder golfbelasting.</p>
klant	
Tijdshorizon/planning	<p>tijdsindicatie</p> <p>middelange termijn 2 tot 5 jaar</p> <p>kostenindicatie:</p> <p>250 k€</p>
Samenhang met programma's	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asfaltdijkbekledingen (STOWA/RWS)</li> <li>- WTI</li> <li>- Advisering Projectbureau Zeeweringen</li> </ul>

<b>Onderwerp</b>	
Relevant voor	- Ontwerpers, toetsers, beheerders.
Bij wie is de expertise beschikbaar voor dit dossier	Deltares / KOAC-NPC / TUD / ...
eventuele referenties - eerder onderzoek? - plannen?	<i>Open steenasfalt in de golfploopzone, Verkenning belastingen en sterkte.</i> Deltares rapport 1209832-015-HYE-0003, Delft 2015. Diverse WTI-rapporten.



## **D Factsheet**

# Factsheet kennisagenda Waterveiligheid

**auteur(s) voorstel:** Arjan de Looff

**datum:** 31 juli 2015

**Onderwerp:** levensduur van asfalt

**Doel van de voorstellen:** noodzaak om doelmatig te kunnen ontwerpen en kundig te kunnen toetsen/beoordelen. (onterecht afkeuren en onterecht goedkeuren verminderen)

Versie	Toelichting
0.3	

Onderwerp	
<p><i>kort schets van probleem</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>wat is er aan de hand</i></li><li>- <i>waar zijn gaten in kennis en kunde</i></li></ul>	<p>De sterkte van materialen als asfalt en beton worden op de lange termijn beïnvloed door klimatologische omstandigheden en omgevingsinvloeden. Dit kan resulteren in stripping (degeneratie), scheurvorming, groei van vegetatie enz. waardoor de levensduur negatief wordt beïnvloed. Inzicht in deze fenomenen zorgt dat passende maatregelen genomen kunnen worden om de levensduur te verlengen. Er is op dit moment een levensduurmodel</p>
<p>Doel</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>welke vragen moeten beantwoord zijn na het onderzoek</b></li><li>- <i>in de toelichting maak een onderscheid in beleidsdoel en projectdoel</i></li></ul>	<p>Beleidsdoelen:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Ontwikkelen van kennis die leidt tot levensduurverlenging van nieuw aan te leggen constructies en levensduurverlengende onderhoudsmethoden voor huidige constructies.</li></ol> <p>Projectdoelen:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Ontwikkelen van kennis over veroudering van asfalt en effectieve maatregelen bij ontwerp en beheer en onderhoud om de levensduur te verlengen. Ontwikkelen van kennis om de teruggang in sterkte en levensduur(verlenging) effectief te meten.</li><li>2. Ontwikkelen van kennis over de effectiviteit en levensduur van reparatiemethoden.</li><li>3. Ontwikkelen van een objectieve meettechniek om vocht in asfalt te detecteren en onderzoeken of richtlijnen kunnen worden opgesteld om volledige reconstructie bij aantasting door vocht te voorkomen.</li><li>4. Verbeteren van het huidige levensduurmodel zodat een krachtig hulpmiddel beschikbaar komt dat continu inzicht geeft in de sterkte van asfalt dijkbekledingen.</li><li>5. Vergroten van inzicht in de invloed van vegetatie op de sterkte van een asfaltbekleding en opstellen van richtlijnen voor ontwerp en beheer in verband met vegetatie.</li><li>6. Vergroten van kennis over oorzaken en gevolgen van scheuren in asfaltbekledingen en opstellen van richtlijnen bij ontwerp om scheurvorming te voorkomen/beperken en bij beheer en onderhoud om scheuren effectief te repareren.</li></ol>
<p>Meerwaarde</p> <p><i>(geef het belangrijkste aan)</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>meerwaarde bij toetsing, ontwerp en beheer &amp; onderhoud (zorgplicht), wordt het doelmatiger?</i></li><li>- <i>geef indien mogelijk ook samenhang met overstromingsrisicobepaling en overstromingskansen aan</i></li></ul>	<p>Levensduurverlenging van huidige en nieuw aan te leggen constructies levert direct grote kostenvoordelen op.</p> <p>Een verbeterd levensduurmodel is een krachtig hulpmiddel voor dijkbeheerders bij het toetsen en bij beheer en onderhoud.</p>

<b>Onderwerp</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>laat zien hoe het past in een nieuw samenhangend instrumentarium</i></li> </ul>	
klant <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Inbedding, is er een duidelijk "klant" aan te wijzen waarmee tijdens het onderzoek gesproken kan worden.</i></li> <li>- <i>echte klant</i></li> <li>- <i>gedelegeerde klant (voor aansturing onderzoek)</i></li> </ul>	Rijkswaterstaat WVL is verantwoordelijk voor het toets- en ontwerpinstrumentarium.  Dijkbeheerders (waterschappen en RWS) hebben de kennisbehoefte in verband met het onderhoud en toetsing van hun bestaande keringen en ontwerp van nieuwe constructies.  Deltares, KOAC-NPC en ingenieursbureau gebruiken de kennis en modellen bij ontwerp en advisering van dijkbeheerders.
Tijdshorizon/planning <i>dit bepaald waar we financiering gaan zoeken en of er een duidelijke rol is voor NKWK, EU of NWO gelden</i>	tijdsindicatie korte termijn 1 tot 2 jaar middellange termijn 2 tot 5 jaar
Samenhang met andere programma's <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>waar loopt al onderzoek op dit onderzoek?</i></li> <li>- <i>is hechtere samenwerking verstandig?</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- POV-Wadden. Een van de onderwerpen binnen POV-Wadden is Duurzaam asfalt waarbij wordt nagegaan welke aanpassingen in het mengselontwerp leiden tot mengsels met een langere levensduur. Doelstelling is hier eveneens om geschikte laboratoriumproeven te kiezen of te ontwikkelen om de effecten te meten.</li> <li>- In het onderzoeksprogramma asfaltdijkbekledingen 2011-2016 van RWS/Stowa is een voorstudie gepland voor bovenstaand onderzoek en is een eerste levensduurmodel ontwikkeld. Daarnaast is onderzoek gedaan naar vocht in asfalt.</li> <li>- PIW 2.0, digigids, digispectie.</li> </ul>
Relevant voor: <i>mogelijke klanten aangeven</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toets- en ontwerp Instrumentarium</li> </ul>
Bij wie is de expertise beschikbaar voor dit dossier <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>GTI's</i></li> <li>- <i>markt</i></li> <li>- <i>RWS</i></li> <li>- <i>Waterschappen</i></li> <li>- <i>elders</i></li> </ul>	Deltares, KOAC-NPC, TU-Delft, Kees Montauban, Martin van de Ven (oud RWS en oud TU-Delft) Detectie vocht in asfalt: MiraMap, Roadscanners Reparatiemethoden: aannemers
eventuele referenties <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>eerder onderzoek?</i></li> <li>- <i>plannen?</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zie projecten onder: samenhang</li> <li>- Wereldwijd wegenbouwkundig onderzoek op dit gebied.</li> </ul>

<b>uitvoering en toelichting</b>	
financiering Waar ligt onze voorkeur bij de financiering. Als dit niet lukt wat zijn alternatieven. Schets die svp.  <i>wie zou ook mee kunnen betalen?</i>	<i>Benodigd budget sterk afhankelijk van invulling: k€ 600,- tot k€ 1.200,-</i>  <i>Medefinanciering: monitoring, vocht in asfalt: Stichting IJKdijk, Livedijk XL?</i>
criteria : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Doelmatigheid ten behoeve voor het vergroten van hoogwaterveiligheid               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Versterkingsmaatregelen Waterkeringen</li> <li>o Invulling van de zorgplicht</li> <li>o Invulling van de toetsing</li> <li>o Maatregelen om belastingen te verlagen (rivierverruiming, zandsuppleties, natuurontwikkeling)</li> <li>o Kennis om onzekerheden in sterkte en belastingen te verkleinen                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Belastingen: kennis van Wind en afvoeren</li> <li>▪ Sterkte: kennis van sterkte van waterkeringen, de individuele elementen (kunstwerken) en de ondergrond</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- Concreetheid van een voorstel</li> <li>- Haalbaarheid van een voorstel (tijd en geld)               <ul style="list-style-type: none"> <li>o is het voorstel afhankelijk van andere bouwstenen (extra data, andere vorm van Hydraulische Belastingen, andere toetsregels. Dan moet aangegeven worden hoe dit in gezamenlijkheid wordt opgepakt of hoe stapsgewijs gewerkt wordt (zonder deze aspecten uit het oog te verliezen)</li> <li>o producten moeten helder benoemd zijn en te begroten zijn.</li> </ul> </li> <li>- Inbedding, is er een duidelijk "klant" aan te wijzen waarmee tijdens het onderzoek gesproken kan worden.</li> <li>- Flexibiliteit, er moet een doorlopende kennisagenda zijn. We moeten laten zien waar dit in de doorlopende kennisagenda past.               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Jaarlijks zou het programma bijgestuurd moeten worden</li> </ul> </li> <li>- we zullen altijd een klein deel van het budget reserveren om op actuele ontwikkelingen in te spelen.</li> </ul>	Het project heeft tot doel om de restlevensduur van het huidige areaal asfaltbekledingen te vergroten en de levensduur van nieuw aan te leggen constructies te verlengen ten opzichte van de huidige generatie bekledingen.  Een verbeterd levensduurmodel is een krachtig hulpmiddel bij invulling van toetsing en zorgplicht en geeft beheerders inzicht in het juiste moment om over te gaan tot reconstructie.
hoofdlijnen werkwijze - <i>lange termijn onderzoeken moeten altijd opgezet worden met duidelijk go/no momenten. Als dit niet gehaald wordt. Wordt een pauze in het onderzoek ingelast. Een eis wordt dan aan financiers om geen jaargrenzen in te stellen.</i>	
betrokkenheid klant gewaarborgd	
commitment : wie zou mee willen betalen	





## **E Factsheet**

# Factsheet kennisagenda Waterveiligheid

**auteur(s) voorstel:** Arjan de Looff

**datum:** 31 juli 2015

**Onderwerp:** completeren toets- en ontwerpinstrumentarium

**Doel van de voorstellen:** noodzaak om doelmatig te kunnen ontwerpen en kundig te kunnen toetsen/beoordelen. (onterecht afkeuren en onterecht goedkeuren verminderen)

Versie	Toelichting
0.3	

Onderwerp	
<p><i>kort schets van probleem</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>wat is er aan de hand</i></li><li>- <i>waar zijn gaten in kennis en kunde</i></li></ul>	<p>Op een aantal punten ontbreken er onderdelen in het huidige toets- en ontwerpinstrumentarium voor asfalt dijkbekledingen. Dit maakt het correct toetsen en ontwerpen van asfaltbekledingen soms onmogelijk.</p> <p>De sterkte van asfaltbekledingen wordt getoetst met het model Golfklap. Op een aantal punten moet nog validatie van dit model plaatsvinden. Daarnaast wordt op een aantal punten mogelijk onveilig gerekend wat leidt tot onterecht goedkeuren en kan er op andere punten mogelijk scherper worden getoetst. Ook ontbreken er ontwerp- en toetsregels voor het mechanisme wateroverdrukken voor een groot aantal dijkvakken. Kennis op de volgende onderdelen moet worden ingevuld:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- kennis over het gedrag van de ondergrond en het gedrag van de constructie bij hoge golven</li><li>- een kosteneffectieve toetsmethode voor open steenasfalt</li><li>- ruimtelijke variatie in eigenschappen, interactie tussen constructie-onderdelen en de gevolgen hiervan voor de rekenparameters</li><li>- verbeteren van het toetsen van asfalt op bermen</li><li>- Toetsen van dichte bekledingen op wateroverdrukken bij een niet-homogene opbouw van het dijklichaam. De toetsregels voor wateroverdrukken zijn geldig bij een homogene opbouw van het dijklichaam. Dit is in het algemeen correct voor de grote dammen die zeearmen afsluiten. Bij de oudere zeedijken is de opbouw vaak heterogeen; een voorbeeld is een oude kleidijk met een buitendijkse verzwaring met zand. Voor deze gevallen zijn geen toetsregels uitgewerkt. Er is behoefte aan eenvoudige toetsregels voor veel voorkomende situaties en uitwerking van meer geavanceerde toetsregels</li><li>- onderzoek naar de sterkte van vol en zat gepenetreerde breuksteen en opstellen ontwerp- en toetsgrafieken op basis hiervan</li></ul>
<p>Doel</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>welke vragen moeten beantwoord zijn na het onderzoek</b></li><li>- <i>in de toelichting maak een onderscheid in beleidsdoel en projectdoel</i></li></ul>	<p>Beleidsdoelen:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Algemene beleidsdoelstelling is het beschikbaar stellen van een compleet ontwerp- en toetsinstrumentarium.</li><li>2. Een aantal asfaltbekledingen is in de afgelopen toetsronde niet of niet volledig getoetst. Dit betreft dijkvakken met <math>H_s &gt; 3m</math>. Het aantal is beperkt maar dit zijn wel de zwaarst aangevallen dijkvakken in Nederland. Daarnaast zijn open steenasfaltbekledingen alleen eenvoudig getoetst vanwege het ontbreken van een kosteneffectieve gedetailleerde toetsmethode. Doelstelling is het volledig toetsen van deze dijkvakken.</li><li>3. De onzekerheden van de beoordeling op golfklappen moeten worden verkleind. Doelstelling is het verkleinen van de onzekerheden en waar mogelijk aanscherpen van de toetsing om onterecht goed- of afkeuren te voorkomen.</li></ol>

Onderwerp	
	<p>Projectdoelen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verbeteren modelleren ondergrond, incl. invloed hoge grondwaterstand, aardshokken en het optreden van andere mechanismen bij zware golfaanval</li> <li>2. Ontwikkelen en operationaliseren kosteneffectieve toetsmethode voor bekledingen van open steenasfalt</li> <li>3. Vergroten inzicht in het gedrag van de constructie onder golfaanval</li> <li>4. Inzicht in het gedrag van asfalt op bermen bij golfaanval</li> <li>5. Inzicht verkrijgen in het waterstandsverloop in een grondlichaam tijdens een storm en de daaruit volgende wateroverdruk onder een gesloten bekleding bij enkele waterkeringen met een standaard opbouw en verwerken van de inzichten in toetsregels</li> <li>6. Opstellen van ontwerp- en toetsgrafieken voor vol en zat gepenetreerde breuksteen op basis van onderzoek naar de sterkte van dit type bekledingen</li> </ol>
<p>Meerwaarde (geef het belangrijkste aan)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- meerwaarde bij toetsing, ontwerp en beheer &amp; onderhoud (zorgplicht), wordt het doelmatiger?</li> <li>- geef indien mogelijk ook samenhang met overstromingsrisicobenedering en overstromingskansen aan</li> <li>- laat zien hoe het past in een nieuw samenhangend instrumentarium</li> </ul>	<p>Het percentage "geen oordeel" bij het toetsen wordt verder verkleind met het beschikbaar komen van een methoden voor het toetsen van asfaltbekledingen onder zware golfaanval, voor het toetsen van bekledingen van open steenasfalt en met een verbetering van de methode voor het toetsen op wateroverdrukken.</p> <p>Beter onderbouwde faalkans per dijkvak. De huidige onzekerheid is circa een factor 100.</p> <p>Verkleinen van de kans op onterecht goed- of afkeuren van bekledingen.</p>
<p>klant</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inbedding, is er een duidelijk "klant" aan te wijzen waarmee tijdens het onderzoek gesproken kan worden.</li> <li>- echte klant</li> <li>- gedelegeerde klant (voor aansturing onderzoek)</li> </ul>	<p>Rijkswaterstaat WVL is verantwoordelijk voor een betrouwbaar en compleet toetsinstrumentarium.</p> <p>Dijkbeheerders (waterschappen en RWS) hebben de kennisbehoefte in verband met het toetsen van hun keringen.</p> <p>Deltares, KOAC-NPC en ingenieursbureaus gebruiken de kennis en modellen bij toetsing en advisering van dijkbeheerders.</p>
<p>Tijdshorizon/planning dit bepaald waar we financiering gaan zoeken en of er een duidelijke rol is voor NKWK, EU of NWO gelden</p>	<p>tijdsindicatie</p> <p>middellange termijn 2 tot 5 jaar</p> <p>lange termijn 5 tot 10 jaar</p>
<p>Samenhang met andere programma's</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- waar loopt al onderzoek op dit onderwerp?</li> <li>- is hechtere samenwerking verstandig?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- WTI 2017 en onderzoeksprogramma asfalt dijkbekledingen 2011-2016 van RWS-Stowa</li> <li>- Cristina Jommi heeft samen met Deltares en andere partijen een STW-voorstel ingediend, genaamd: Response of Earth Structures to Subsidence and Earthquakes (StaunchStructures).</li> </ul>
<p>Relevant voor: mogelijke klanten aangeven</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- WTI2023, WTI2035</li> <li>- Toets- en ontwerp Instrumentarium</li> </ul>

<b>Onderwerp</b>	
Bij wie is de expertise beschikbaar voor dit dossier <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>GTI's</i></li> <li>- <i>markt</i></li> <li>- <i>RWS</i></li> <li>- <i>Waterschappen</i></li> <li>- <i>elders</i></li> </ul>	Deltares, KOAC-NPC, TU-Delft
eventuele referenties <ul style="list-style-type: none"> <li>- eerder onderzoek?</li> <li>- plannen?</li> </ul>	- Het onderzoek is een logisch vervolg op WTI 2017 en het onderzoeksprogramma asfalt dijkbekledingen 2011-2016 van RWS-Stowa

<b>uitvoering en toelichting</b>	
financiering Waar ligt onze voorkeur bij de financiering. Als dit niet lukt wat zijn alternatieven. Schets die svp.  <i>wie zou ook mee kunnen betalen?</i>	<i>Benodigd budget sterk afhankelijk van invulling: k€ 750,- tot k€ 2.000,-</i>  <i>Hoge golven: door Deltares is een STW-voorstel ingediend.</i>
<p>criteria :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Doelmatigheid ten behoeve voor het vergroten van hoogwaterveiligheid <ul style="list-style-type: none"> <li>o Versterkingsmaatregelen Waterkeringen</li> <li>o Invulling van de zorgplicht</li> <li>o Invulling van de toetsing</li> <li>o Maatregelen om belastingen te verlagen (rivierverruiming, zandsuppleties, natuurontwikkeling)</li> <li>o Kennis om onzekerheden in sterkte en belastingen te verkleinen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Belastingen: kennis van Wind en afvoeren</li> <li>▪ Sterkte: kennis van sterkte van waterkeringen, de individuele elementen (kunstwerken) en de ondergrond</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- Concreetheid van een voorstel</li> <li>- Haalbaarheid van een voorstel (tijd en geld) <ul style="list-style-type: none"> <li>o is het voorstel afhankelijk van andere bouwstenen (extra data, andere vorm van Hydraulische Belastingen, andere toetsregels. Dan moet aangegeven worden hoe dit in gezamenlijkheid wordt opgepakt of hoe stapsgewijs gewerkt wordt (zonder deze aspecten uit het oog te verliezen)</li> <li>o producten moeten helder benoemd zijn en te begroten zijn.</li> </ul> </li> <li>- Inbedding, is er een duidelijk "klant" aan te wijzen waarmee tijdens het onderzoek gesproken kan worden.</li> <li>- Flexibiliteit, er moet een doorlopende kennisagenda zijn. We moeten laten zien waar dit in de doorlopende kennisagenda past. <ul style="list-style-type: none"> <li>o Jaarlijks zou het programma bijgestuurd moeten worden</li> </ul> </li> <li>- we zullen altijd een klein deel van het budget reserveren om op actuele ontwikkelingen in te spelen.</li> </ul>	Beantwoorden van de geformuleerde onderzoeksvragen is noodzakelijk om compleet toets- en ontwerpinstrumentarium beschikbaar te stellen waardoor alle met asfalt beklede dijkvakken in Nederland correct kunnen worden getoetst of ontworpen.

<b>uitvoering en toelichting</b>	
hoofdpijnen werkwijze <i>- lange termijn onderzoeken moeten altijd opgezet worden met duidelijk go/no momenten. Als dit niet gehaald wordt. Wordt een pauze in het onderzoek ingelast. Een eis wordt dan aan financiers om geen jaargrenzen in te stellen.</i>	
betrokkenheid klant gewaarborgd	
commitment : wie zou mee willen betalen	