



Belgisch **Wegen**congres
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022

Structureel ontwerp en dimensionering met de nieuwe versie van Qualidim





Belgisch **Wegen**congres
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



Audrey Van der Wielen

Onderzoeker (geotechniek, beton en dimensionering)

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

Woluwedael 42

1200 Brussel

a.vanderwielen@brrc.be

+32.2.766.03.87



Y a-t-il parmi vous des utilisateurs du logiciel Qualidim?



Zijn er onder jullie gebruikers van de Qualidim-software?



Structureel ontwerp en dimensionering met de nieuwe versie van Qualidim



De QualiDim-software

Werking van het programma

- Flexibele en halfstijve verhardingen
- Stijve verhardingen

Innovaties

Perspectieven



Structureel ontwerp en dimensionering met de nieuwe versie van Qualidim



De QualiDim-software

Werking van het programma

- Soepele en halfstijve verhardingen
- Stijve verhardingen

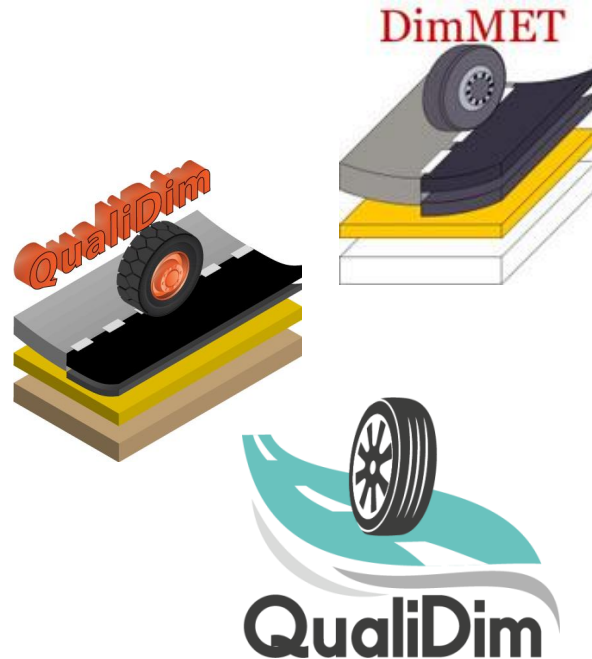
Innovaties

Perspectieven



De QualiDim-software

- Software voor de dimensionering en de versterking van wegconstructies
- Ontwikkeld sinds 2000, onder de naam DimMET (tot 2012)
- Ontwikkeld op vraag van de *Service Public de Wallonie* (SPW - DGO.1) door het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) en de Federatie van de Belgische Cementnijverheid (FEBELCEM)





De QualiDim-software



- Veel voordelen
 - Vrij beschikbaar
 - Veelzijdig
 - Aangepast aan de specificiteit van Wallonië
 - Bestaat ook in het Nederlands
- Update van de dimensioneringsmodule aan de gang in het kader van het opstellen van de wegstructurencatalogus van SPW



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen

Centre de recherches routières
Ensemble pour des routes durables





Structureel ontwerp en dimensionering met de nieuwe versie van Qualidim



De QualiDim-software

Werking van het programma

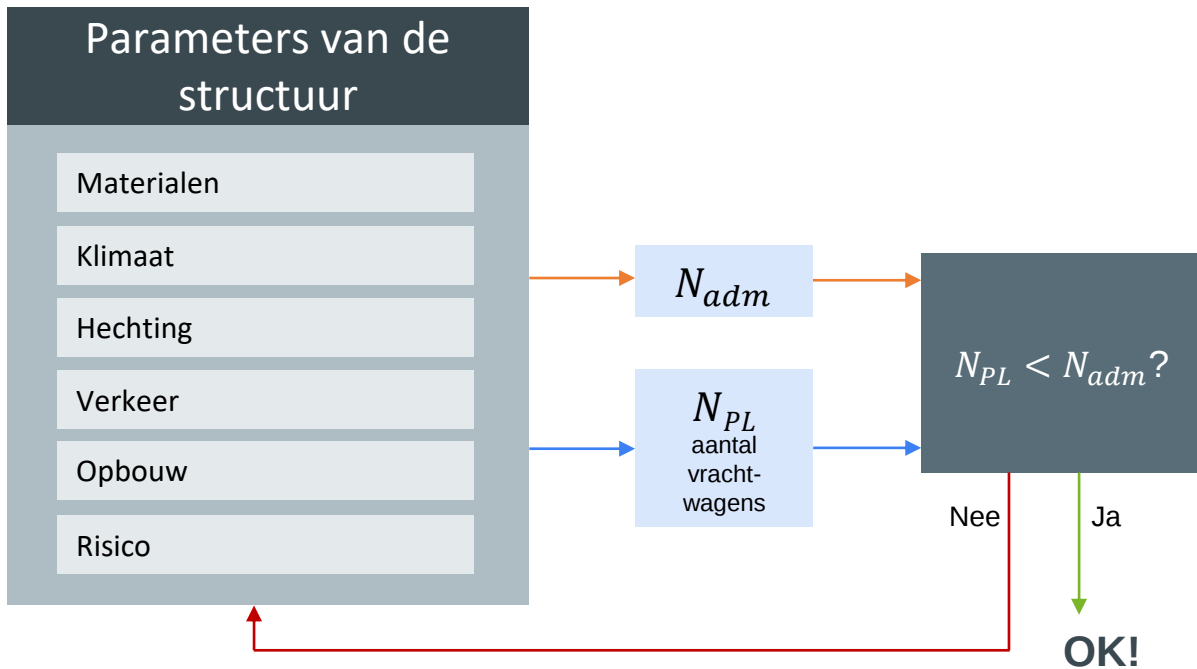
- Soepele en halfstijve verhardingen
- Stijve verhardingen

Innovaties

Perspectieven



Dimensionering volgens Qualidim



Parameters: materialen

- De database bevat de meeste materialen die in Qualiroutes staan
- Mogelijkheid om speciale of innoverende materialen in te voeren
- Mogelijkheid om asfaltmengsels in te voeren op basis van een bekende modulus of op basis van hun eigenschappen (penetratie - T° r&k - % holle ruimte - bindmiddelgehalte)
 - ➔ Berekening van de modulus vergelijkbaar met Pradoweb

Dimensionnement des chaussées - S.P.W. - Cas : Dim1

Cas Langue Base de données Fonctionnalités Trafic Climat... Calcul... Aides A propos...

☐ Fonctionnalité:
☐ Trafic:
☐ Climat:
☐ Structure:
☐ Calcul inverse

Base de données - Matériaux

Type de matériaux : **Enrobés bitumineux** [Ajouter] [Supprimer] [Modifier] Sélectionner un matériau pour accéder aux boutons

Couche d'usure

Dénomination	% Liant	% Vides	Pénétration (1/10mm)	Temp. A&B (°C)	Non classique
AC-10Surf4-1	5,90	4,00	60,00	50,00	
AC-10Surf4-2	5,90	4,00	63,00	55,00	*

Couche de base

Dénomination	% Liant	% Vides	Pénétration (1/10mm)	Temp. A&B (°C)	Non classique
AC-20base3-1 (35/50)	4,40	5,00	42,00	54,00	
AC-20base3-1 (50/70)	4,40	5,00	60,00	50,00	

[Quitter]

Version 2.6.1.0 | 30.03.2021

Parameters: klimaat



- Keuze van de stad op de kaart
- Steden van Brussel en Vlaanderen beschikbaar in de lijst
- Temperatuur en zonnestraling (maandgemiddelde) + vorstindex
- Update op basis van temperaturen gemeten tussen 2000 en 2020
- Voor stijve verhardingen, alleen invloed op de dimensionering tegen vorst

Localisation de la construction

Gradient thermique

Ville principale Huy

Température moyenne (°C) 10,4

Indice de Gel (°C.jours) 244

Profondeur de la nappe phréatique (mm) ☐ Connue

Géivité du sol

☒ Non Gélif
 ☐ Moyennement G
 ☐ Fortement Gélif

☒ Accepter



Parameters: klimaat



- In geval van onvoldoende dikte van de opbouw, waarschuwingsbericht

Dimensionnement au gel

Epaisseur prévue pour la structure (en mm) = 600

Epaisseur nécessaire des matériaux non gélifs (en mm) = 696

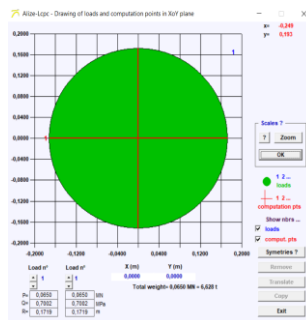
Pour information : Profondeur de gel (en mm) = 773

Solution 1	Nouvelle épaisseur de la sous-fondation en mm	396
Solution 2	Remplacement du sol gélif sur une épaisseur de (mm)	96
Solution 3	Traiter le sol gélif aux liants hydrauliques sur une épaisseur de (mm)	96

OK

Parameters: verkeer

- QualiDim voert de berekening uit voor elke ascategorie
- De berekeningen worden uitgevoerd voor elke belasting met een druk van 7 bar uitgeoefend door een band
 ➔ berekening van het contactvlak
- Mogelijkheid om alleen assen van 10 t in te voeren (SB 250)



Trafic - Histogramme simple précisé

Trafics : **Histogramme simple**

Nombre journalier de poids lourds : **1400**
 Nombre de jours ouvrables : **300**
 Taux de croissance annuel (%) : **5,0**
 Durée de service en années : **20**

Nombre moyen d'essieux par poids lourd : **4,00** Valeur par défaut

Histogramme simple

Classe	Charge par essieu (kN)	Fréquence
1	5	0,70
2	15	9,73
3	25	15,35
4	35	20,71
5	45	18,86
6	55	10,68
7	65	5,45
8	75	3,69
9	85	3,59
10	95	2,65
11	105	3,33
12	115	2,22
13	125	1,56
14	135	0,89
15	145	0,32
16	155	0,18
17	165	0,09

Sauver dans base de données

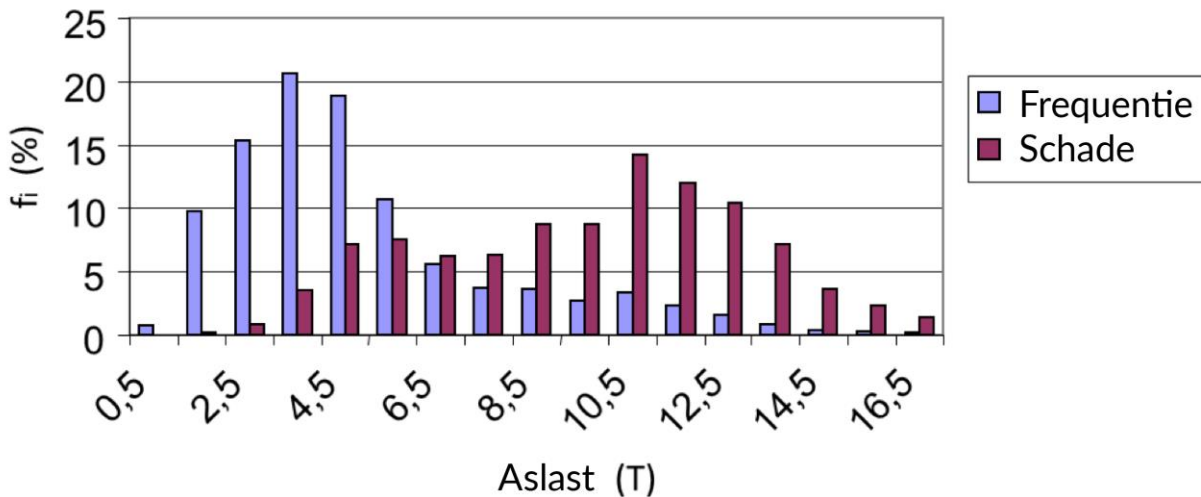
Retour au menu principal Accepter



Parameters: verkeer



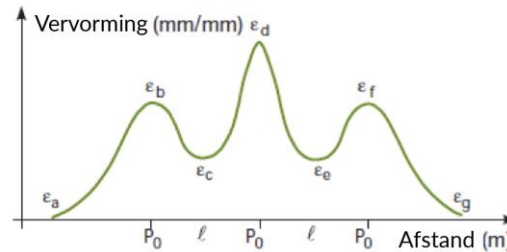
Histogram van belastingen en beschadigingen



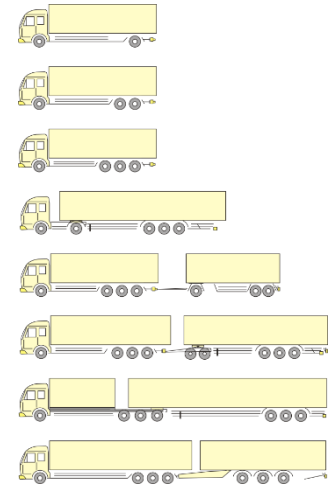


WIM-histogram

- Meer en meer vrachtwagens hebben tandem- en tridemassen
- Toevoeging van lasten → Een tridem is agressiever voor de funderingslagen dan drie enkele assen



Figuur 13 Vervormingen aan de bovenkant van de verharding (tridem)



Parameters: verkeer

WIM-histogram

- QualiDim maakt de introductie van WIM-histogrammen (*Weight In Motion*) mogelijk
- Integratie van een WIM-histogram met de waarden die in 2020 op de autosnelwegen in het Waals Gewest zijn gemeten
- Het in aanmerking nemen van tridemassen bij berekeningen volgens de partiële relaxatiemethode

Ideaal blijft om te beschikken over projectspecifieke gegevens!

Histogramme WIM

Traffic : Histogramme WIM 2020

Nombre journalier de poids lourds :

Nombre journalier de poids lourds corrigé : ☐ Calcul

Nombre de jours ouvrables :

Taux de croissance annuel (%):

Durée de service en années :

Nombre de poids lourds observés : ☒ Connu

Nombre moyen d'essieux par poids lourd : Valeur par défaut

Calculer

Histogramme WIM

Classe	Charge par essieu (kN)	Simple	Tandem	Tridem
1	10	10104	356	26
2	30	11780	357	111
3	50	22124	5918	2802
4	70	42468	2988	4397
5	90	15909	2480	3038
6	110	10206	1967	2594
7	130	3125	1310	2137
8	150	347	656	1817
9	170	20	295	1972
10	190	1	104	2838
11	210	0	37	4334
12	230	0	11	3743
13	250	0	11	1846
14	270	0	4	650
15	290	0	1	161
16	310	0	0	41
17	330	0	0	10

Sauver dans base de données

Retour au menu principal

Accepter

16



Parameters: verkeer



Gecorrigeerd aantal vrachtwagens

Trafic - Histogramme simple

Trafics :

Nombre journalier de poids lourds :

Nombre journalier de poids lourds corrigé : ☐

Nombre de jours ouvrables :

Taux de croissance annuel (%) :

Durée de service en années :

Nombre moyen d'essieux par poids lourd : Valeur par défaut

Histogramme simple

Classe	Charge par essieu (kN)	Fréquence
1	100	100,00



Calcul du nombre de poids lourds corrigé

Nombre de poids lourds / jour par direction (sauf bus) :

Nombre de bus / jour : Standard Articulé

Nombre de bandes de circulation par direction :

Chaussée bidirectionnelle de largeur <= 5 m : ☐

Largeur des bandes de circulation (m) :

Vitesse de dimensionnement (km/h) :

Carrefour, rond-point, arrêt de bus,... ☐

Nombre journalier de poids lourds corrigé :



Parameters: hechting

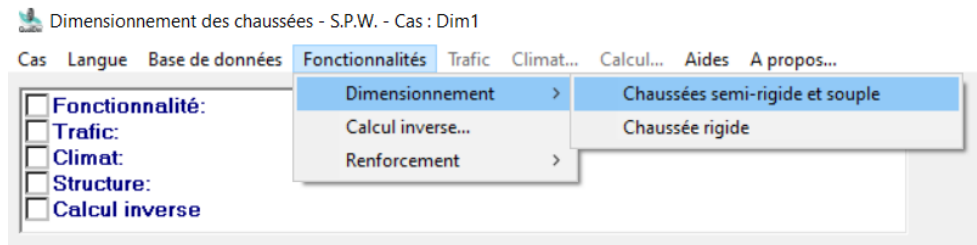
- Hechting in de database
- Voor beton: vermindering van de hechting in de tijd ➔ 4 berekeningsperioden

Soort	0-10 jaar	10-20 jaar	20-30 jaar	30-... jaar
Beton / asfalt	1	0,66	0,33	0,10
Asfalt / gebonden fundering	0,5	0,33	0,1	0,1
Beton / gebonden fundering	0,1	0,1	0,1	0,1
Asfalt / asfalt	1	1	1	1
Asfalt / beton	1	1	0,5	0,5
Asfalt / korrelvormig materiaal	0,33	0,33	0,1	0,1
Beton / korrelvormig materiaal	0,1	0,1	0,1	0,1
Korrelvormig materiaal / korrelvormig materiaal	1	1	1	1
Gebonden fundering / korrelvormig materiaal	0,33	0,33	0,1	0,1
Beton / beton	0,1	0,1	0,1	0,1



Parameters: structuur

- Initiële keuze: soepel/halfstijf of stijf



- Integratie van de verschillende lagen in het rekenvenster

Revêtement

Nombre de couche(s) (1 à 4) Nombre de couches

	(**) Type	h (mm)
Enr. Bit.	☐ AC-14Surf1-1	50
Enr. Bit.	☐ AC-20base3-1 (35/50)	100

(*) Bitume modifié (**) Enrobé à module connu

Fondation liée ☒

☒ Type Béton maigre (R'bk = 10MPa)

☐ Module (N/mm²)

h (mm) 150

Fondation non liée ☐

☒ Type Type I et II continue

☐ Module (N/mm²)

h (mm) 0

Sous-fondation ☒

☒ Type Type 2 granulaire continue

☐ Module (N/mm²)

h (mm) 400

Sol

☒ Type Sol qualité 'conforme' (M1 >= 17 I)

☐ Module (N/mm²)

Degré d'anisotropie 1

Parameters: berekeningsrisico



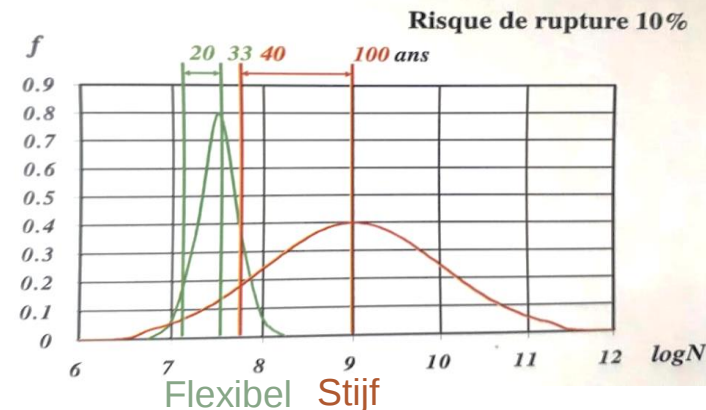
= kans op breuk

= aandeel van de weg dat na de levensduur is aangetast

- De kans op breuk wordt berekend op basis van een lognormale verdeling met als middelpunt N_{PL} en een standaardafwijking van 0,3 (voor soepele constructies) en 1 (voor stijve constructies)
 - Snelwegen → risico = 10 %
 - Minder belangrijke wegen → risico = 50 %

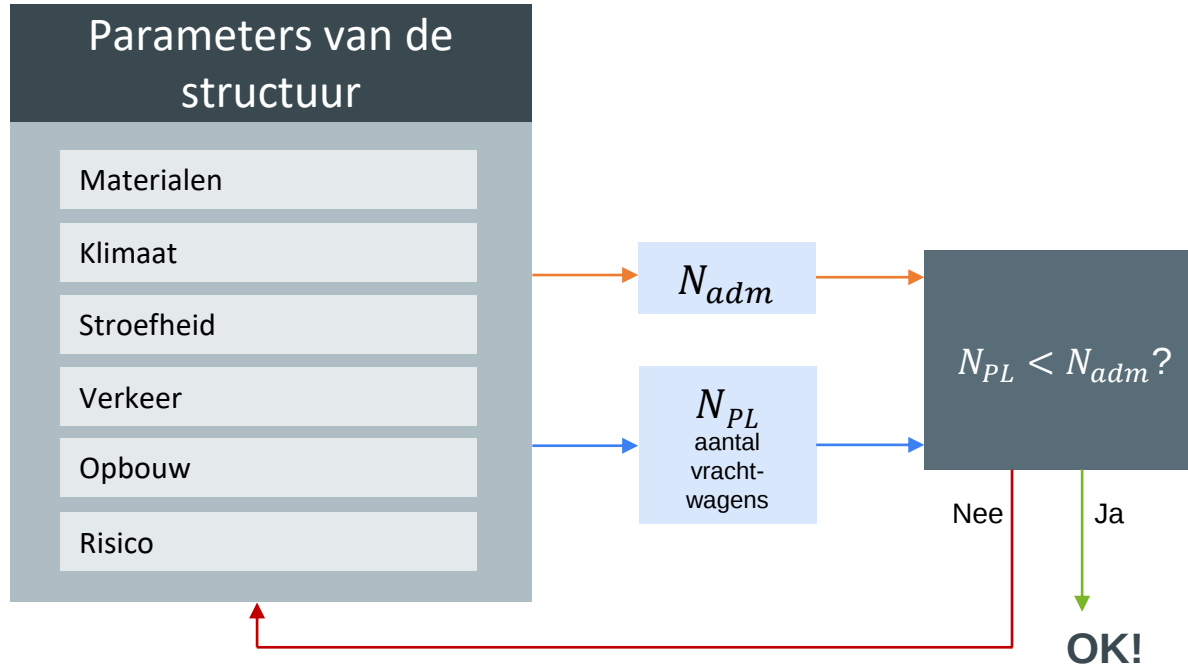
Nombre de poids lourds prévus	6,61E+006
Probabilité de rupture (%): ?	50
Estimation des performances de la structure globale	
1. Probabilité de rupture [%] après 20 années	41,7
2. Pour une probabilité de rupture de 50%	
- Nombre d'années	> 20
- Nombre de poids lourds	1,07E+007

DISTRIBUTION DES ESSIEUX AUTORISÉS





Dimensionering volgens Qualidim



Revêtement

Nombre de couche(s) (1 à 4)

Nombre de couches

	(**)	Type	h (mm)
Enr. Bit.	☐	AC-14Surf1-1	50
Enr. Bit.	☐	AC-20base3-1 (50/70)	100

(*) Bitume modifié (**) Enrobé à module connu

Fondation liée



Type

Béton maigre ($R'_{bk} = 10\text{MPa}$)Module (N/mm^2)

h (mm)

200

Fondation non liée



Type

Type I et II continue

Module (N/mm^2)

h (mm)

0

Sous-fondation



Type

Type 2 granulaire continue

Module (N/mm^2)

h (mm)

300

Sol

Type

Sol qualité 'conforme' ($M1 \geq 171$)Module (N/mm^2)

Degré d'anisotropie

1.00

Nombre de poids lourds prévus

Probabilité de rupture (%): ?

50

Estimation des performances de la structure globale

1. Probabilité de rupture (%) après
20 années

2. Pour une probabilité de rupture de 50%

- Nombre d'années

- Nombre de poids lourds

Adhérence

Modèle

Valeurs par défaut

Détails...

Calcul

Retour

Dimensionnement - Structure semi-rigide ou souple

Sauver structure Charger structure Rapport

Revêtement

Nombre de couche(s) (1 à 4) Nombre de couches

	(**) Type	h (mm)
Enr. Bit.	☐ AC-14Surf1-1	50
Enr. Bit.	☐ AC-20base3-1 [50/70]	100

(*) Bitume modifié (**) Enrobé à module connu

Fondation liée ☒

☒ Type Béton maigre (R'bk = 10MPa)

☐ Module (N/mm²)

h (mm) 200

Fondation non liée ☐

☒ Type Type I et II continue

☐ Module (N/mm²)

h (mm) 0

Sous-fondation ☒

☒ Type Type 2 granulaire continue

☐ Module (N/mm²)

h (mm) 300

Sol

☒ Type Sol qualité 'conforme' (M1 >= 17 I)

☐ Module (N/mm²)

Degré d'anisotropie 1.00

Nombre de poids lourds prévus 6,61E+006

Probabilité de rupture (%): 50

Estimation des performances de la structure globale

1. Probabilité de rupture (%) après 20 années 41.7

2. Pour une probabilité de rupture de 50%

- Nombre d'années > 20

- Nombre de poids lourds 1,07E+007

Rupture par déformation excessive au niveau du sol, après fissuration de la fondation liée

Adhérence

Modèle Valeurs par défaut

[Détails...](#)

[Calcul](#) [Retour](#)

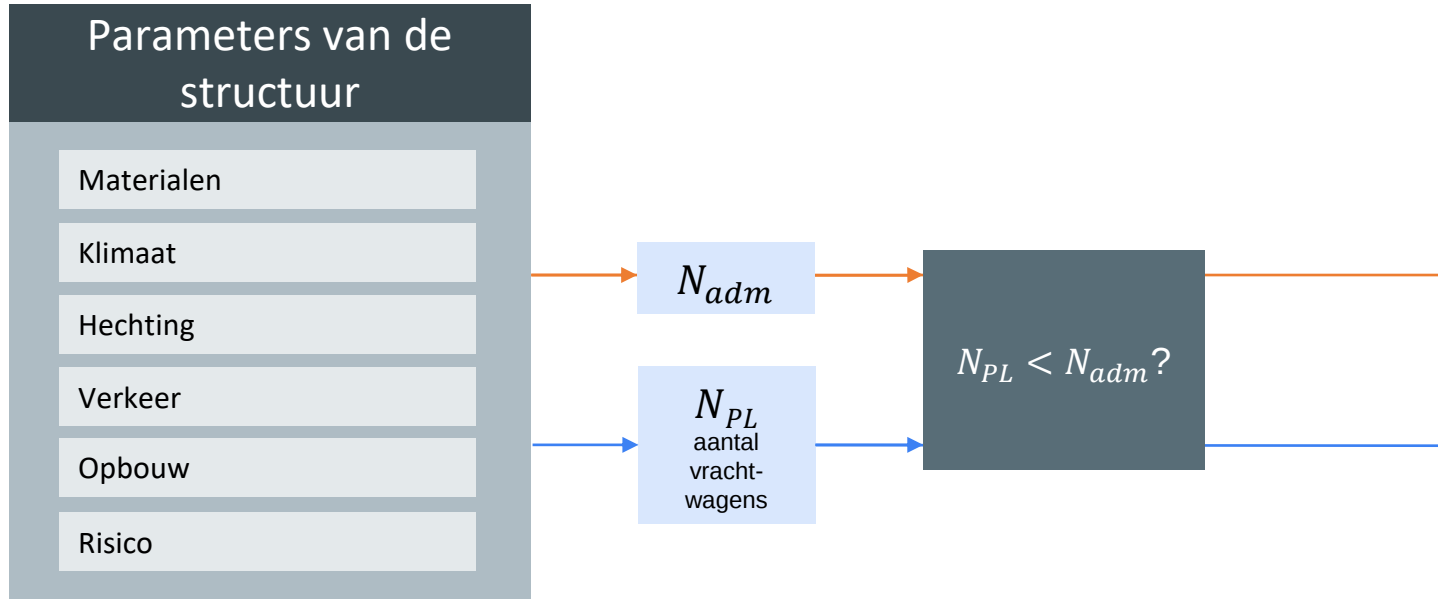
La structure résiste au gel : Sol non gélif

 N_{PL}
 $\wedge$

OK!
 N_{adm}

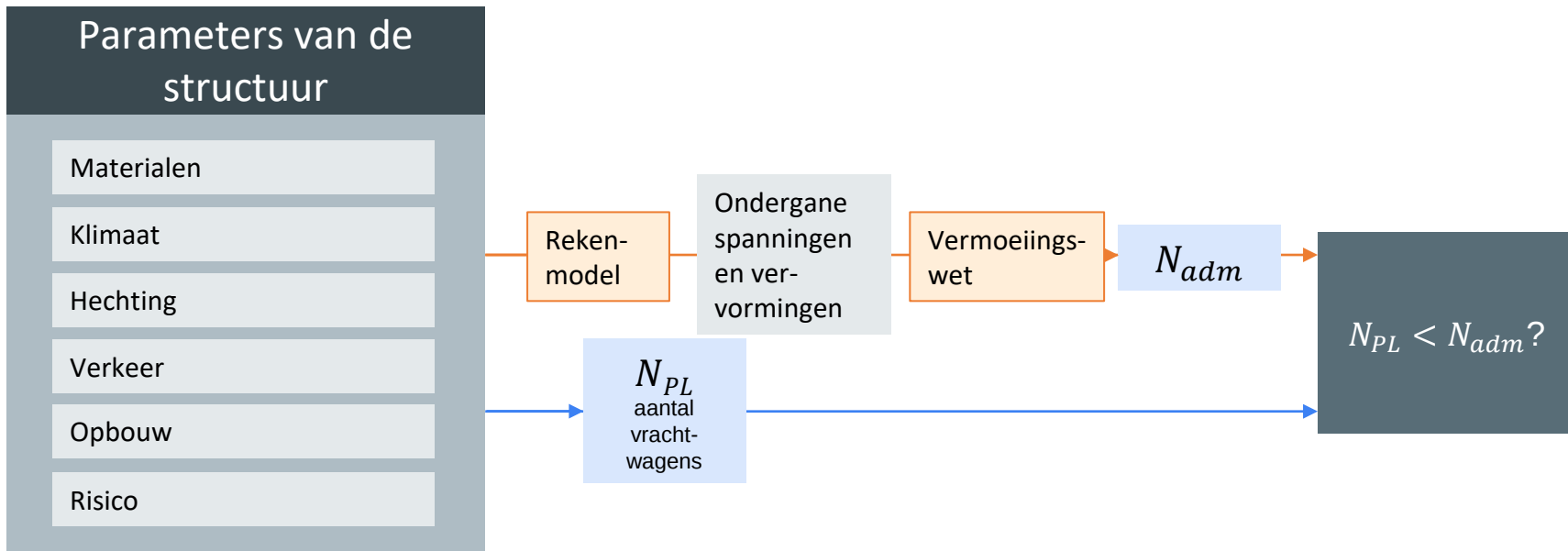


Dimensionering volgens Qualidim



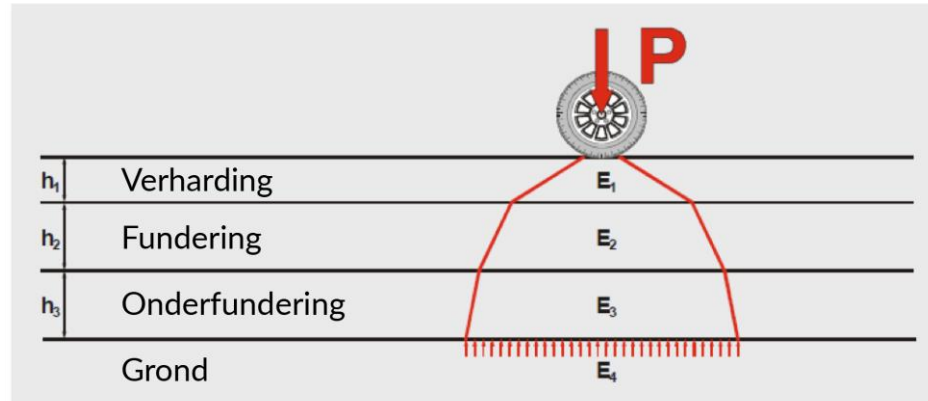


Dimensionering volgens Qualidim



Rekenmodel – soepele verhardingen

Voor soepele en halfstijve verhardingen, berekening op basis van het Burmister-model: oneindig uitgestrekte homogene en isotrope lagen



Rekenmodel – stijve verhardingen

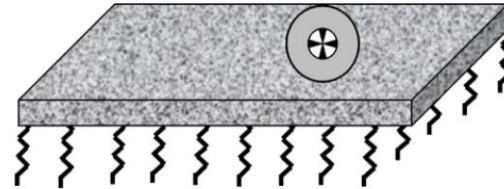
Voor stijve verhardingen moet rekening worden gehouden met de randeffecten

- Verharding gemodelleerd als plaat (model van Westergaard)
- De verticale reactie van de grond q is evenredig met de belasting

Hypothese van Winkler

$$q = k \cdot w(x, y)$$

- q = verticale belasting,
 w is de vervorming en
 k de stijfheid van de grond



- Mogelijkheid om rekening te houden met afschuivingsweerstand in de grond → modulus G van Pasternak

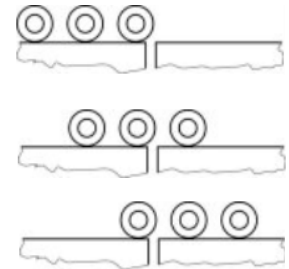


Rekenmodel – stijve verhardingen

Twee soorten spanningen werken in op beton:
thermische spanningen en mechanische spanningen

- De **mechanische spanningen** zijn het hoogst aan de rand van de plaat, wanneer ook de belasting aan de rand van de plaat is

- Geen invloed van de dimensionering van de platen
- Invloed van het type as en van het type spanningsoverdracht bij de voeg
- Dimensionering op basis van spanning bij de voeg



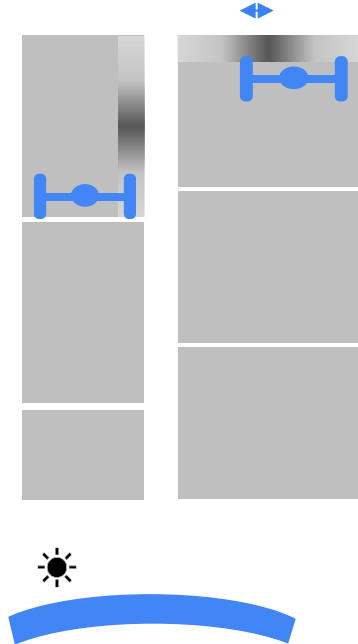
➔ Berekening van de minimale afstand tussen de band en de rand van de plaat

Rekenmodel – stijve verhardingen



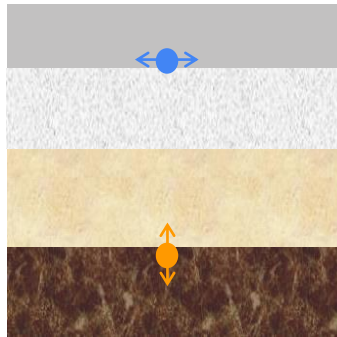
Twee soorten spanningen werken in op beton:
thermische spanningen en mechanische spanningen

- De **thermische spanningen** zijn maximaal aan de rand van de plaat, in het midden van de langste rand
 - Berekend over de lengte of breedte van de weg
 - Ze kunnen groter zijn dan de mechanische spanningen
 - Ze zijn het schadelijkst in het geval van een positieve thermische gradiënt
→ trekkracht aan de basis van de plaat



Rekenmodel – breukwijzen

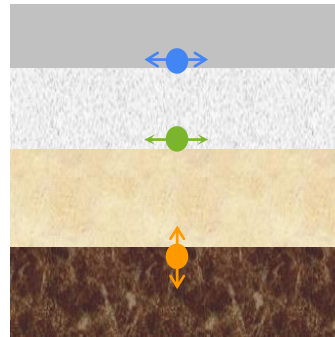
Soepel



Horizontale
vervorming van
het asfalt ε_y

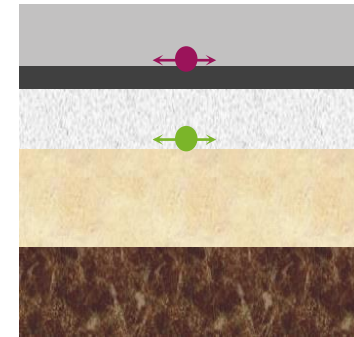
Verticale
vervorming van
de grond ε_z

Halfstijf



Horizontale
spanning aan de
basis van het
beton σ_y
Horizontale
spanning aan de
basis van de
gebonden
fundering σ_y

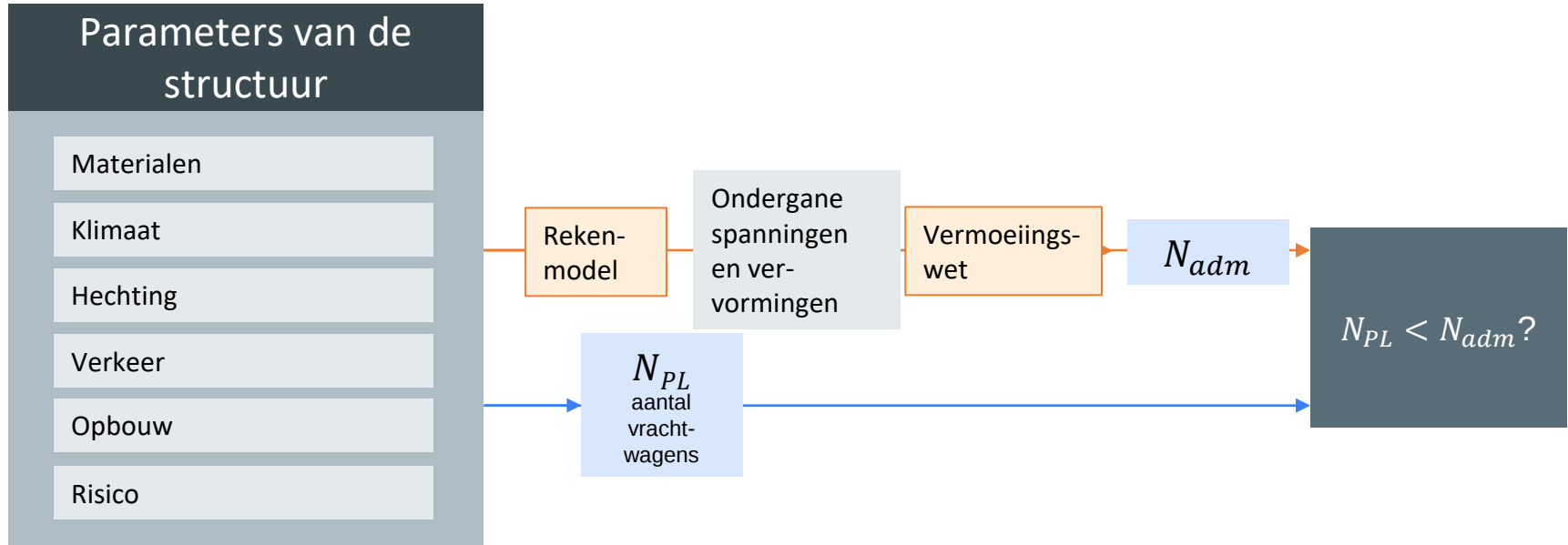
Stijf



➔ Berekening voor elk type en elke aslast, voor elk seizoen, voor elke toestand wat betreft hechting en scheurvorming



Dimensionering volgens Qualidim



Dimensionering: vermoeiingswetten

- De vermoeiingsproeven maken het mogelijk de levensduur te bepalen voor elk belastingsniveau
- Wet voor beton:

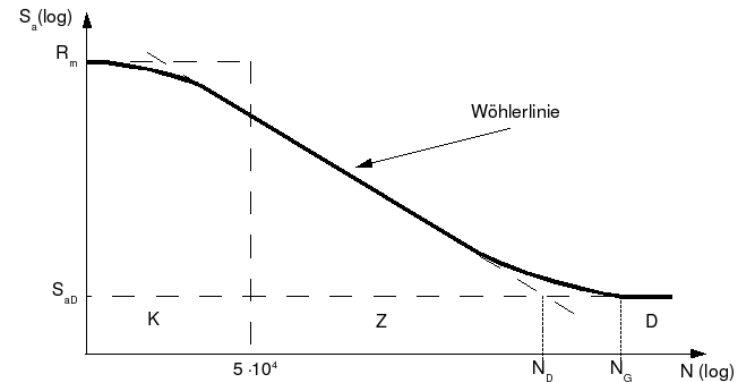
$$\log N = 15 \left[\frac{1 - \frac{\sigma_{fl} + \sigma_{th}}{\sigma_{br}}}{1 - 0,75 \frac{\sigma_{th}}{\sigma_{br}}} \right]$$

σ_{fl} : buigspanning (N/mm^2)

σ_{th} : thermische spanning (N/mm^2)

σ_{br} : breukspanning (N/mm^2)

= Gemiddelde weerstand tegen buigtrekkracht





QualiDim: vermoeiwetetten

- Soepele verhardingen

$$NE_{enrobé} = 10^6 * \left(\frac{\varepsilon_6 * 10^{-6}}{\varepsilon_y(P, T^o)} \right)^{0,4762}$$

- Grond en korrelvormige materialen

$$NE_{sol} = \left(\frac{0.011}{abs(\varepsilon_z)} \right)^{4.35}$$

- Gebonden funderingen

$$\log N = 14 \left[\frac{1 - \frac{\sigma_{fl} + \sigma_{th}}{\sigma_{br}}}{1 - 0,75 \frac{\sigma_{th}}{\sigma_{br}}} \right]$$



QualiDim: case met gebonden fundering

- Het is vaak de gebonden fundering die het eerst begeeft onder de doorgang van belastingen
- Een scheur in de fundering betekent niet onmiddellijk het einde van de levensduur
➔ Berekening van een tweede fase met verlaagde modulus en verhoogde modulus van Poisson, alsook een vermindering van de hechting aan het grensvlak (benadering van een ongebonden fundering)

$$N_{\text{totaal}} = N_{\text{gebond.fund.}} + \left(1 - \frac{N_{\text{gebond.fund.}}}{N_{\text{rev}}} \right) N_{\text{gesch.fund.}}$$



Dimensionering: wet van Miner

- De vermoeiingswet wordt toegepast voor een groot aantal gevallen (voor elk type belasting, seizoen, enz.) → levensduren N_i
- De berekende levensduren N_i worden gecombineerd als functie van hun frequentie f_i met behulp van de wet van Miner:

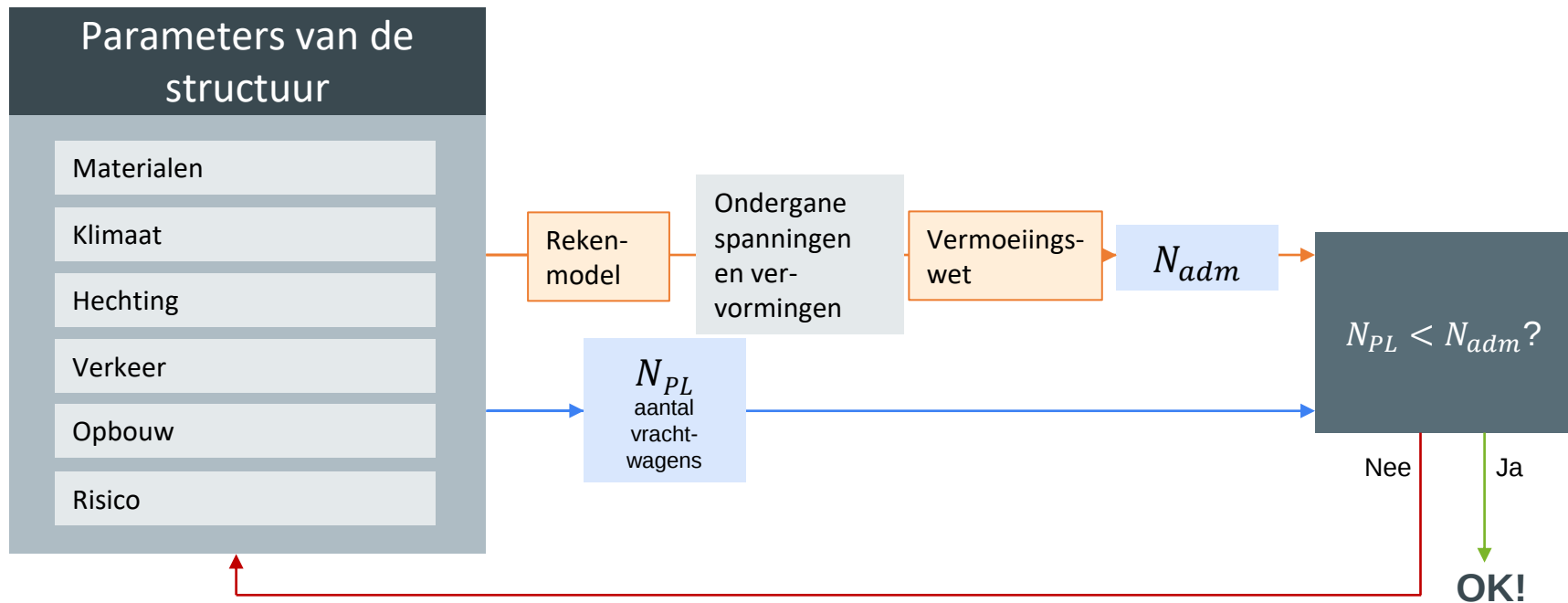
$$\frac{f_1 N}{N_1} + \frac{f_2 N}{N_2} + \dots + \frac{f_n N}{N_n} = 1$$

waarbij:

$$N = \frac{1}{\frac{f_1}{N_1} + \frac{f_2}{N_2} + \dots + \frac{f_n}{N_n}}$$



Dimensionering volgens Qualidim





Structureel ontwerp en dimensionering met de nieuwe versie van Qualidim



De QualiDim-software

Werking van het programma

- Soepele en halfstijve verhardingen
- Stijve verhardingen

Innovaties

Perspectieven



Belgisch **Wegen**congres
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



Innovaties

Klimaat

Materialen

Verkeer

Kans op breuk

Visueel

Rapport

Parameters





Verbeterd rapport

- Samenvattende tabel van de structuur en de hechtungen

- Slotzin over de breuk in het rapport en de rekenmodule

“Breuk door overmatige vervorming van de grond, na scheurvorming in de gebonden fundering”

- Samenvattende tabel van de levensduur

Adhèrence initiale	Epaisseur (mm)	Couche	Dénomination	Module initial à 15°C (MPa)
1,00	50	Enrobé bitumineux	AC-14Surf1-1	10067
0,50	100	Enrobé bitumineux	AC-20base3-1 (35/50)	17539
0,33	200	Fondation liée	Béton maigre (R _{bk} = 10MPa)	15000
1,00	300	Sous-Fondation	Type 2 granulaire continue	200
	Infini	Sol	Sol qualité 'conforme' (M1 ≥ 17 MPa)	40

	Nombre autorisé de Poids lourds			
	Sur enrobé	Sur fond. liée	Sur sol	Sur structure totale
Période 1 : Fondation liée saine	1,1E+011	8,6E+004	1,8E+008	8,6E+004
Période 2 : Fondation liée fissurée	2,7E+007		1,1E+007	1,1E+007
Durée de vie totale				1,1E+007



Parameters

- Automatisering van de keuze van gerelateerde parameters
- Tijdswinst en lager risico op fouten

Dimensionnement - Structure rigide

Sauver structure Charger structure Rapport

Structure rigide

Béton

☒ Classe de Résistance Réseau I - Sans E.A.

☐ Module (N/mm²)

h(mm) 120

Type de transfert au joint **Joint non goudonné**

Enrobé bitumineux ☒

☐ Module (N/mm²) 13000 Par défaut

h(mm) 30

Fondation liée ☒

☒ Type Béton maigre (R'bk = 10MPa)

☐ Module (N/mm²)

h(mm) 240

Fondation non liée ☐

☒ Type Matériau granulaire Type I

☐ Module (N/mm²)

h(mm) 0

Sous-fondation ☒

☒ Type Type I

☐ Module (N/mm²)

h(mm) 150

Sol

☒ Type Argile

☐ C.B.R.

Portance équivalente (N/mm²) 0,03

Module de Pasternak G (N/mm) 0

Adhérence entre couches

Modèle : Valeurs par défaut

Détails...

Nombre de poids lourds prévus 8,93E+006

Estimation des performances de la structure globale

1. Probabilité de rupture(%) après 20 années 65,2

2. Pour une probabilité de rupture de 50%

- Nombre d'années 10

- Nombre de poids lourds 3,62E+006

Estimation de la surlargeur

Surlargeur (mm) 60

Facteur dynamique 1,0

Coefficient de calage 1,1

☒ **Prise en compte du gradient thermique**

Modèle de gradients thermiques choisi :

BAC / I = 3,50m Détails...

Période d'adhérence : 4

Calcul

Retour



Structureel ontwerp en dimensionering met de nieuwe versie van Qualidim



De QualiDim-software

Werking van het programma

- Soepele en halfstijve verhardingen
- Stijve verhardingen

Innovaties

Perspectieven



Perspectieven



- Lancering van de nieuwe versie van Qualidim (eind 2022?)
<http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/qualidim.html>
- Publicatie tegelijk met de wegstructurencatalogus van SPW
- Opstellen van een gedetailleerde gebruikersgids
- Organisatie van theoretische en praktische opleidingen voor de gebruikers van het programma



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen

Centre de recherches routières
Ensemble pour des routes durables



Belgisch **Wegen**congres
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



EEN ORGANISATIE VAN



BWV

Belgische
Wegenvereniging



AGENTSCHAP
WEGEN & VERKEER

MET DE STEUN VAN



Opzoekingscentrum
voor de Wegenbouw



BRUSSEL MOBILITEIT

GEWESTELIJKE OVERHEIDSDIENST BRUSSEL



Wallonie
mobilité infrastructures
SPW



BFAW

Belgische Federatie van Aannemers van Wegenwerken vzw



Belgisch **Wegencongres**
Congrès belge de la **Route**

LEUVEN • 4-7.04.2022



Contact

 Audrey Van der Wielen

 +32.2.766.03.87

 a.vanderwielen@brrc.be

