

› MODELLERING BESCHADIGD BETON

Henco Burggraaf

TNO innovation
for life

BETROKKENEN

- › Vaibhav Raghavan (afstudeerder)
- › TU-Delft
- › DIANA FEA
- › TNO

INHOUD

- › Waarom modellering beschadigd beton?
- › Modelbeschrijving
- › Eén element testen
- › Validatie op basis van experimenten
- › Mogelijke vervolgstappen

WAAROM MODELLERING BESCHADIGD BETON?

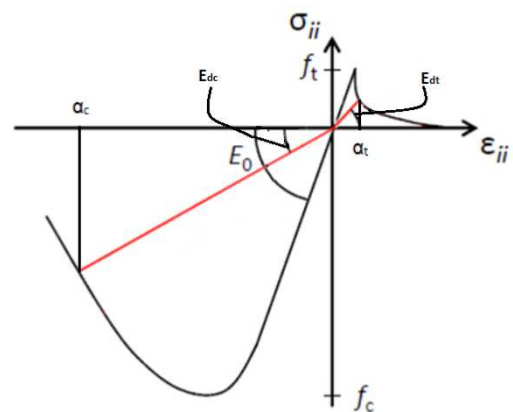
- › Bestaande betonconstructies kunnen beschadigd zijn ten gevolge van belastingsgeschiedenis en aantastingsmechanismen
- › Bestaande schade (aan beton, wapening en aanhechting beton-staal) kan invloed hebben op het constructief gedrag
- › Modellering van processen die tot schade leiden kan problemen opleveren:
 - › Complexe (fysische, elektrochemische) processen op microniveau
 - › Veel rekenkracht benodigd
 - › Tekort aan data om modellen te voeden

MODELBSCHRIJVING

- › Alternatieve benadering: beschadigd beton als “nieuw” materiaal
- › Schade als uitgangspunt
- › Invoerparameters kunnen worden beschouwd als random fields om in te spelen op onzekerheden

MODELBSCHRIJVING

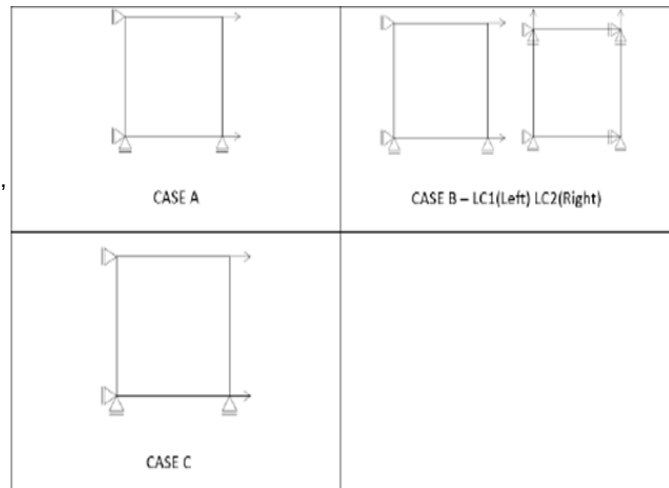
- › Gebaseerd op het uitgesmeerde scheurenconcept
- › Schadeparameter d :
 - › $d = 0$: onbeschadigd
 - › $d = 1$: volledig beschadigd
- › Onderscheid in schade onder trek (d_t) en onder druk (d_c)
- › Invoer schadeparameter via stijfheid of rek op basis waarvan α_t en α_c worden bepaald
- › Overige invoer:
 - › f_t , f_c , G_t , G_c , softening diagram
- › Implementatie door DIANA FEA ter evaluatie (toepassing voor fixed, rotating en rotating-fixed modellen)



$$\sigma_{ii} = (1 - d)E_0\epsilon_{ii}$$

ÉÉN ELEMENT TESTEN

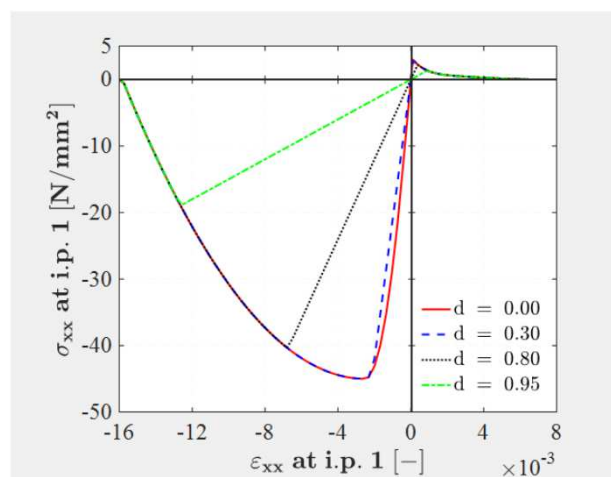
- › Schade ingevoerd als reductie van stijfheid
- › Testen:
 - › A: Uni-axiaal (trek en druk)
 - › B: Twee fasen (één richting tot bezwijken, daarna andere richting, trek en druk)
 - › C: Effect Poisson constante (uni-axiaal trek)



7 | Modelleren beschadigd beton

ÉÉN ELEMENT TESTEN – A: UNI-AXIAAL

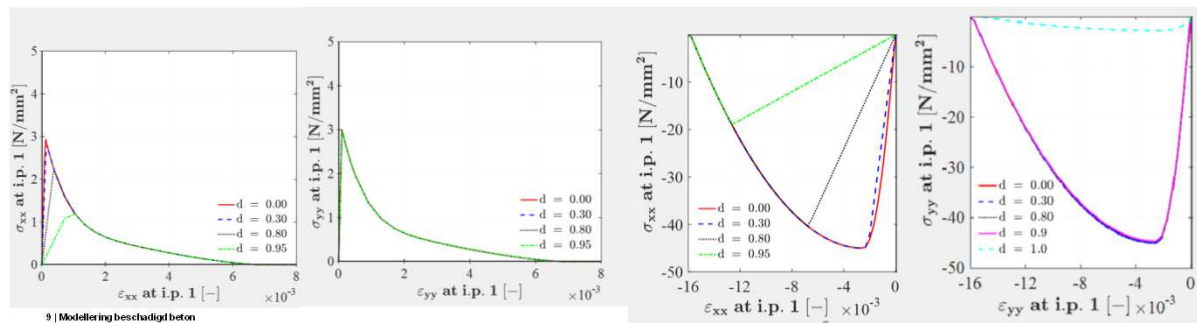
- › Schadeparameter geeft reductie van stijfheid



8 | Modelleren beschadigd beton

ÉÉN ELEMENT TESTEN – B: TWEE FASEN

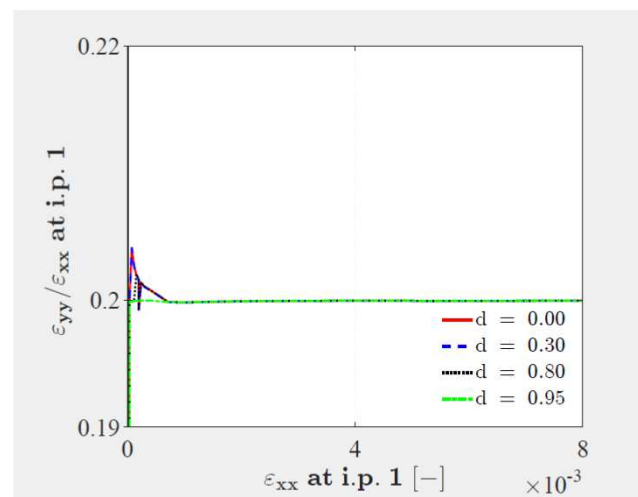
- › Onder trek heeft initiële schade alleen invloed op de eerste hoofdrichting
- › Onder druk heeft initiële schade invloed op tweede hoofdrichting voor $d > 0,9$



9 | Modelling beschadigd beton

ÉÉN ELEMENT TESTEN – C: EFFECT POISSON CONSTATE

- › Initiële schade heeft geen invloed op Poisson constante



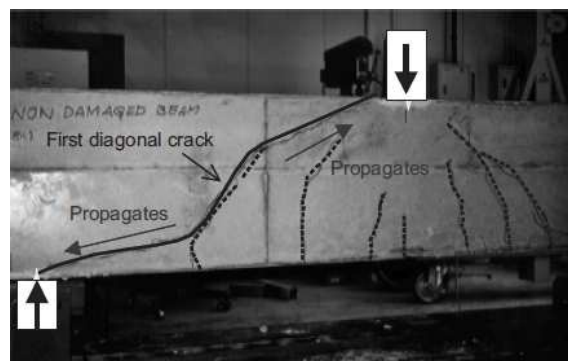
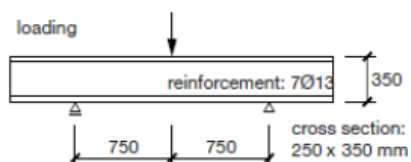
10 | Modelling beschadigd beton

VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

- › In literatuurstudie meerdere experimenten beschouwd
- › Gekozen voor experimenten van Maekawa en Pimanmas
 - › Experimenten op onbeschadigde en beschadigde liggers
 - › Goed gedocumenteerd
 - › Minimale scheurwijdte ten gevolge van initiële schade groter dan 0,15 mm

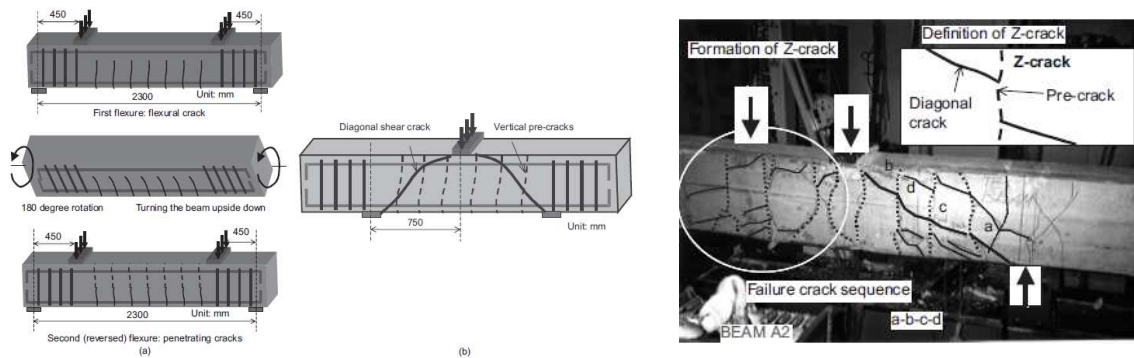
VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

- › Experiment Maekawa en Pimanmas op onbeschadigde ligger



VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

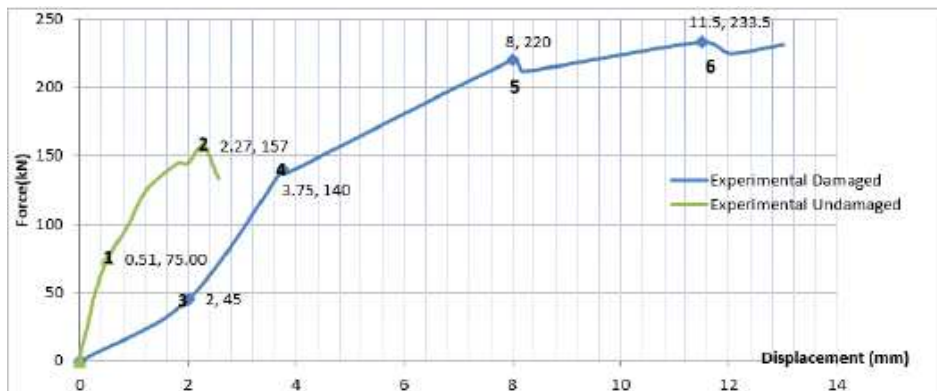
- Experiment Maekawa en Pimanmas op beschadigde ligger (beam 2)



13 | Modelling beschadigd beton

VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

- Experiment Maekawa en Pimanmas op onbeschadigde en beschadigde ligger (beam 2)



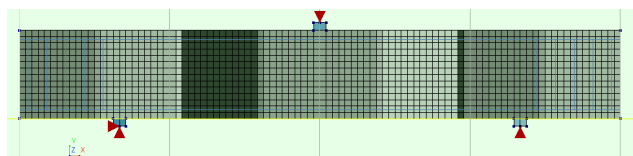
14 | Modelling beschadigd beton

VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

- › Experimenten Maekawa en Pimanmas
 - › Verschil initiële stijfheid tussen onbeschadigde en beschadigde ligger
 - › Optreden crack arrest: discontinue propagatie van diagonale scheuren (Z-cracks)
 - › Bezwijkbelasting beschadigde liggers 18% - 49% hoger dan onbeschadigde varianten
 - › Onbeschadigde ligger: bezwijken op dwarskracht
 - › Beschadigde ligger: bezwijken op moment

VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

- › Model onbeschadigde ligger
 - › Beton
 - › Plane stress
 - › Total strain fixed crack
 - › Hordijk softening onder trek
 - › Ideaal plastisch onder druk
 - › Vecchio & Collins reductie onder druk
 - › Damage based shear retention
 - › Wapening
 - › Von Mises
 - › Dorr bond-slip

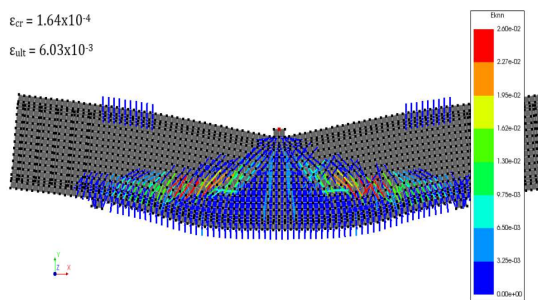


VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

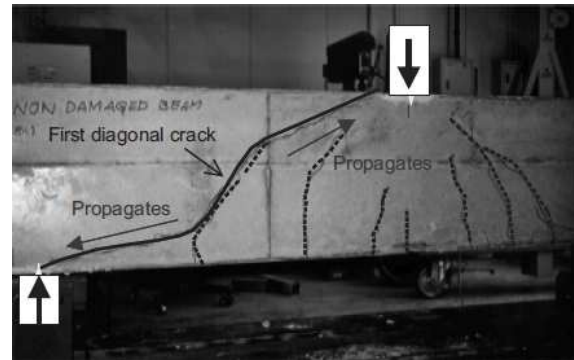
- Resultaten analyse onbeschadigde ligger

$$\epsilon_{cr} = 1.64 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{ult} = 6.03 \times 10^{-3}$$

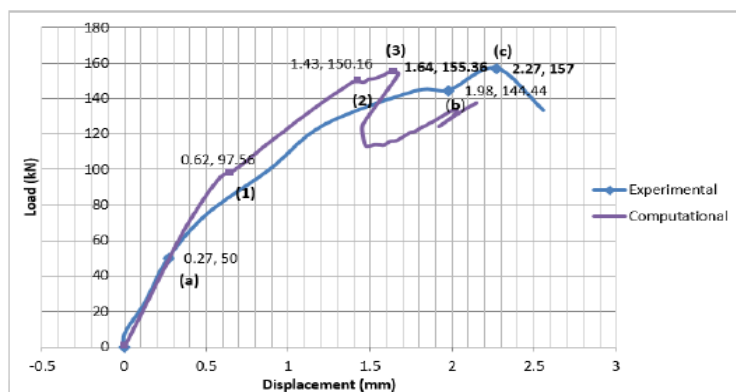


17 | Modelling beschadigd beton



VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

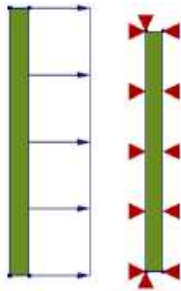
- Resultaten analyse onbeschadigde ligger



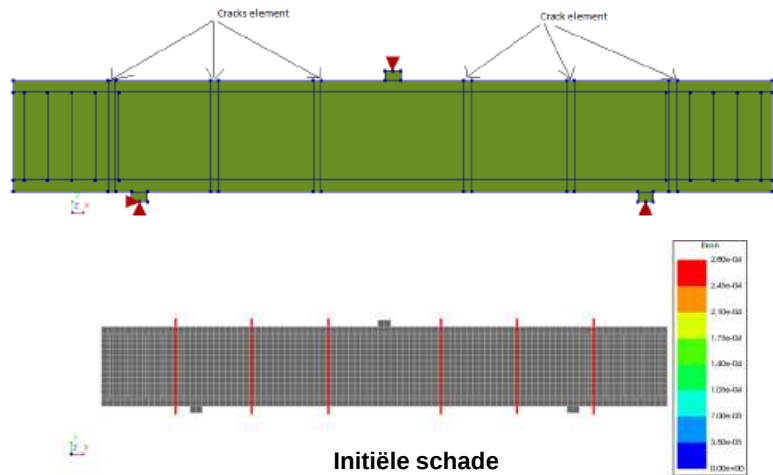
18 | Modelling beschadigd beton

VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

- Model beschadigde ligger



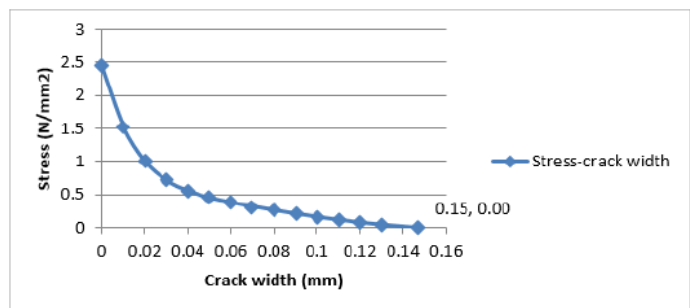
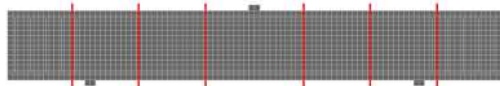
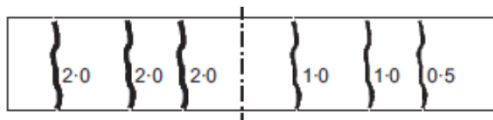
Uni-axiale trek t.b.v. initiële schade



Initiële schade

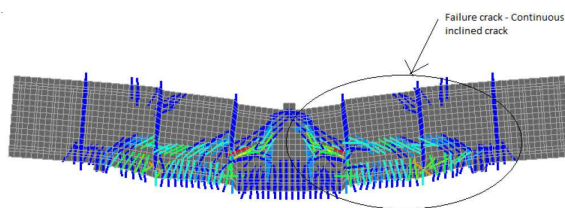
VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

- Vertaling initiële schade experiment naar model

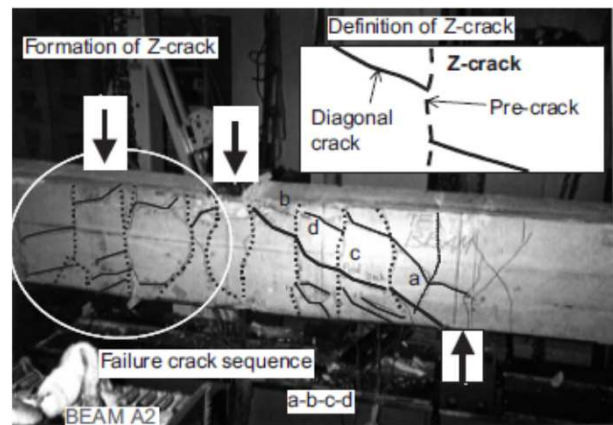


VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

- Resultaten analyse onbeschadigde ligger

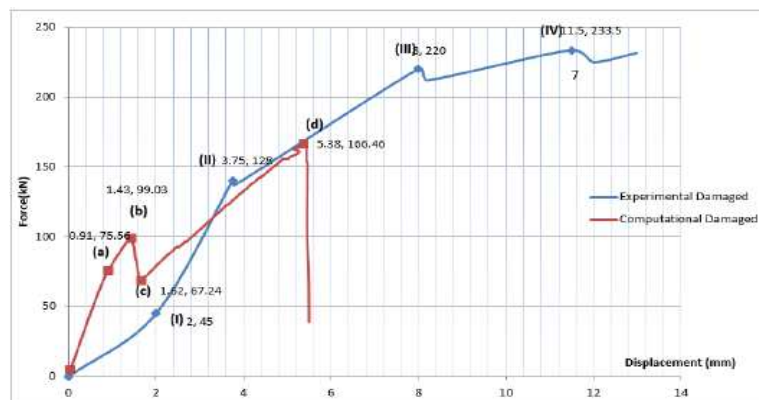


21 | Modelling beschadigd beton



VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

- Resultaten analyse beschadigde ligger



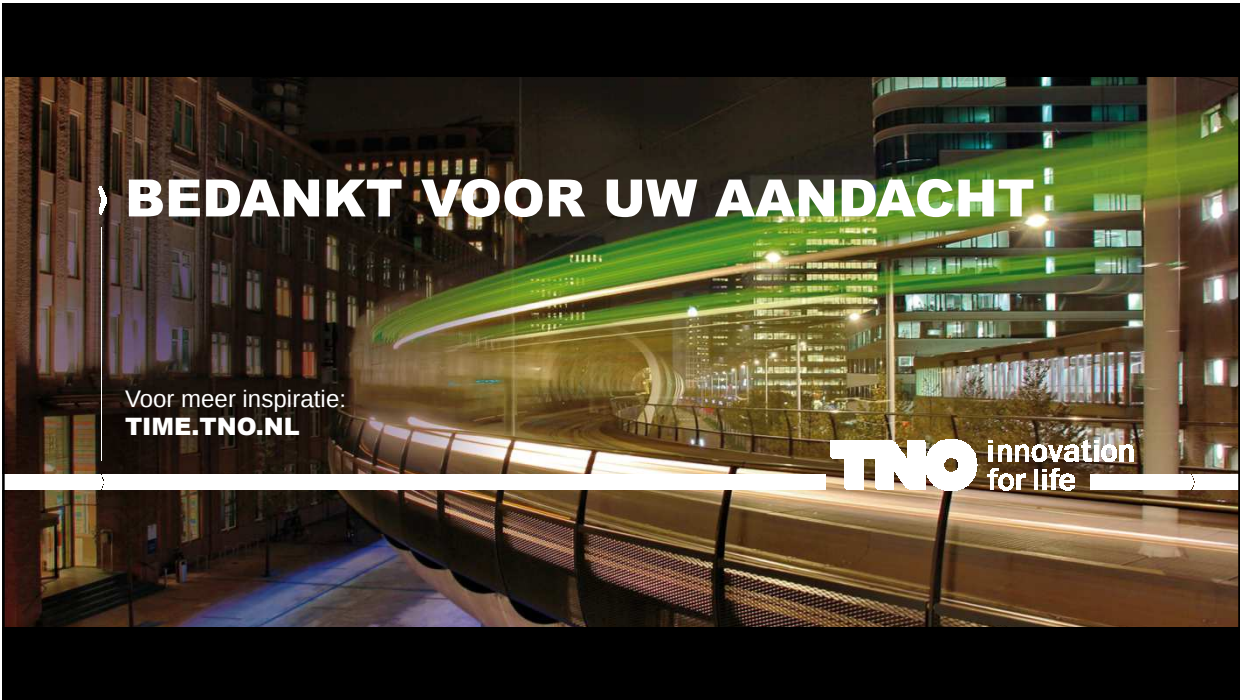
22 | Modelling beschadigd beton

VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

- › Resultaten analyse beschadigde ligger
 - › Vanaf punt (I) komen stijfheid in experiment en simulatie redelijk goed overeen
 - › Crack arrest mechanisme komt naar voren in simulatie
 - › Groot verschil in bezwijkbelasting tussen experiment en simulatie
 - › Numerieke problemen door crack elementen

VALIDATIE OP BASIS VAN EXPERIMENTEN

- › Mogelijke vervolgstappen
 - › Simulaties met ander shear retention model, bijvoorbeeld op basis van korrelgrootte (aggregate size based shear retention)
 - › Invoer richting initiële schade als extra mogelijkheid?
 - › Invloed initiële schade op Poisson ratio meenemen?

A nighttime photograph of a city street featuring a modern, curved pedestrian bridge or walkway. The bridge is illuminated with warm, golden light. In the background, there are multi-story buildings with lit windows. A prominent feature is a series of bright green light trails that curve across the upper right portion of the image, suggesting long-exposure photography of moving lights or traffic. The overall scene is a blend of urban architecture and dynamic light effects.

› **BEDANKT VOOR UW AANDACHT**

Voor meer inspiratie:
TIME.TNO.NL

TNO innovation
for life