

Ontwikkeling van een Python-tool voor het snel analyseren en ontwerpen van balken

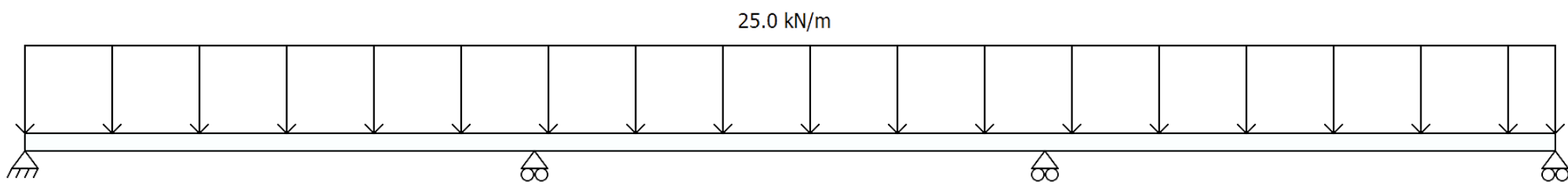
Jens Sanen
master IW Bouwkunde

Introductie

Balken vormen een essentieel onderdeel van de draagstructuur van gebouwen. Hun taak is om krachten, zoals die boven deuropeningen en raamkozijnen, over te brengen en vloerplaten te ondersteunen. Voor bouwkundig ingenieurs is een diepgaand begrip van de mechanica en berekeningen die bij deze balken betrokken zijn dan ook van groot belang. In deze masterproef werd een **softwareprogramma** met **Python** ontwikkeld voor het **snel analyseren** en **ontwerpen** van **betonnen**, **stalen** en **houten balken**. Dit programma is ontwikkeld voor studenten bouwkunde als **hulpmiddel** tijdens hun **leerproces**. Hiervoor heeft het programma een **efficiënte** en **gebruiksvriendelijke interface** en heeft de gebruiker de mogelijkheid om naast resultaten ook berekeningen op te vragen.

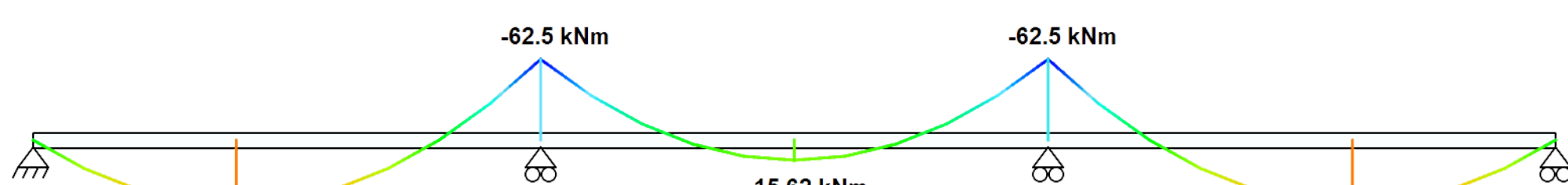
Analyse

Bij de analyse worden de **belastingen** op een balk **omgezet** naar **interne krachten en verplaatsingen** (zie Figuren 1 en 2). Hiervoor wordt de **eindige-elementenmethode (EEM)** gebruikt. Met deze methode wordt de balk opgedeeld in meerdere elementen, waarbij elk element wordt beschreven door een eigen stijfheidsmatrix. Deze individuele stijfheidsmatrices worden vervolgens gecombineerd tot een **globale stijfheidsmatrix** die de gehele balk karakteriseert. Door matrixberekeningen uit te voeren tussen de globale stijfheidsmatrix, een matrix van de steunpunten, en een matrix van de belastingen, worden de interne krachten en verplaatsingen berekend.



Figuur 1: Balk met belasting

De interne krachten en verplaatsingen moeten worden bepaald voor **verschillende belastingscombinaties** in **verschillende grenstoestanden**, conform **Eurocode 0** [1]. Het programma genereert automatisch alle mogelijke belastingscombinaties voor de blijvende ontwerpsituatie in de uiterste grenstoestand (**UGT-B**), de karakteristieke combinatie (**BGT-K**), de frequente combinatie (**BGT-F**) en de quasi-blijvende combinatie (**BGT-Q**) voor de bruikbaarheidsgrenstoestand. Hiervoor bevat het programma de waarde van benodigde partiële factoren en combinatiefactoren.



Figuur 2: Momentenlijn van dezelfde balk

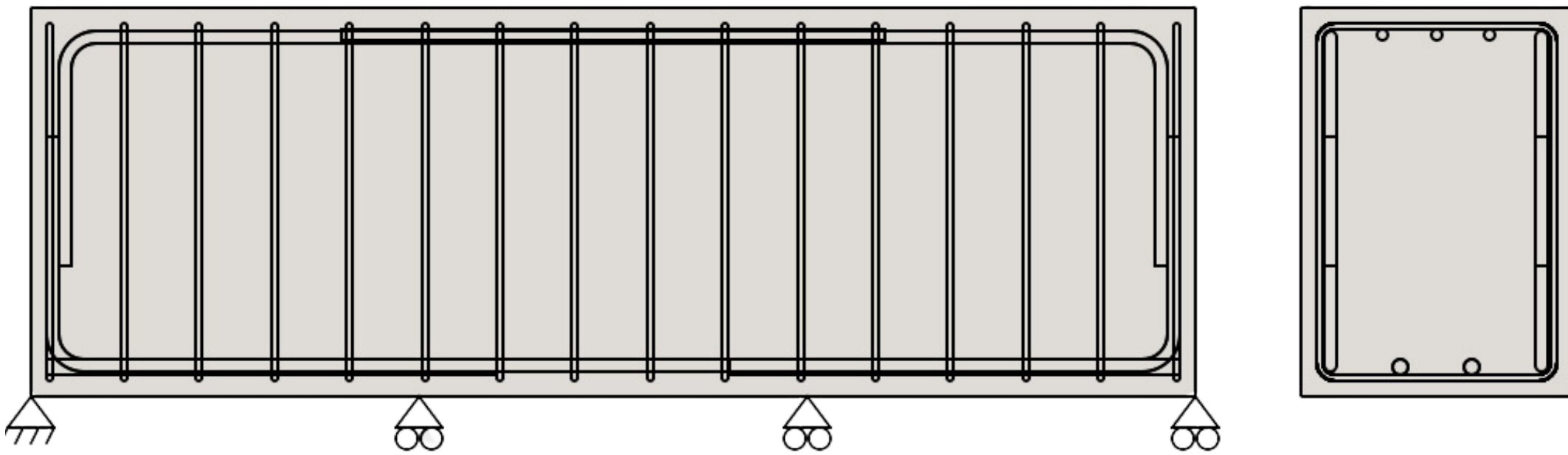
Het programma is in staat **rechthoekige niet-voorgespannen betonnen balken** te controleren volgens **Eurocode 2** [2]. Het voert controles uit op voldoende **langswapening**, **dwarskrachtwapening**, **toelaatbare spanningen**, **scheurwijdte**, en **doorbuiging**, **zowel met als zonder kruip**. Daarnaast kan het programma de **afmetingen** van de doorsnede en de **wapening optimaliseren** op basis van deze criteria, zodat het beton en staal optimaal worden benut. De gebruiker kan ervoor kiezen om de betondekking en de kruipfactor automatisch te laten bepalen volgens de regels van Eurocode 2.

Voor de uitvoering van de berekeningen dient de gebruiker eerst **wapening** in de balk te **plaatsen**, inclusief **boven- en onderwapening** en **dwarskrachtwapening**. Bij het modelleren van de wapening toont het programma een **schets** voor **visuele ondersteuning** (zie Figuur 3). Met een schuifbalk onder deze schets kan de gebruiker de **doorsnede** van de balk op verschillende punten weergeven.

Stalen balken worden gecontroleerd op **sterkte**, **stabiliteit** en **doorbuiging** volgens **Eurocode 3** [3]. Het programma biedt daarnaast de mogelijkheid om het **profiel** te **optimaliseren** op basis van deze criteria. Dit kan inhouden dat een groter profiel wordt voorgesteld indien het huidige profiel niet voldoet, of een kleiner profiel wordt geselecteerd als het huidige profiel overgedimensioneerd is.

Houten balken worden gecontroleerd conform **Eurocode 5** [4]. Hierbij wordt gecontroleerd op **sterkte**, **stabiliteit**, **onmiddellijke doorbuiging** en **doorbuiging met kruip**. De **doorsnede** kan hierbij opnieuw worden **geoptimaliseerd**.

De gebruiker heeft voor het houttype keuze uit hard en zacht gezaagd hout en gelijmd gelamineerd hout. Daarnaast houdt het programma ook rekening met de klimaatklasse en de belastingduurklasse.



Figuur 3: Schets van de wapening in het programma

Resultaten

Nadat een balk is geanalyseerd en gecontroleerd, kan de gebruiker de gewenste **resultaten** opvragen door deze te laten **plotten**. Het is mogelijk om verschillende resultaten onder elkaar weer te geven, wat zorgt voor een **overzichtelijk beeld** en het gemakkelijker maakt om eventuele **correlaties** tussen de verschillende uitkomsten te **ontdekken**.

Naast het visualiseren van de resultaten, kan de gebruiker ook een automatisch **gegenereerd rapport** opvragen. Dit rapport **toont de berekeningen** voor elke controle op het meest kritische punt. Voor elk type materiaal is een specifiek formulier ontworpen dat de relevante details weergeeft.