Afstudeerscriptie

Build a School Ghana

Auteurs:
Dion de Leeuw
Elise Lamers
Babke Mensink

Arnhem, mei 2015

Build a school
Ghana

Build a school

Concept voor een school in Ghana

Auteurs:	Dion de Leeuw	(501320)
	Elise Lamers	(483169)
	Babke Mensink	(498671)

Onderwijsinstelling:	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
Opleiding:	Bouwkunde
Begeleiders:	Jaap Rikken (1e begeleider)
	Hanneke Spoorenberg (2e begeleider)
Begeleidend bedrijf:	Stichting bouwen Ghana

21 mei 2015

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie ''Concept voor een school in Ghana''. Er is onderzoek gedaan in Ghana naar de beschikbare materialen en bouwmethodieken. Deze scriptie is geschreven in het kader van het afstuderen aan de opleiding Bouwkunde aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN). Van februari 2015 tot en met juni 2015 zijn wij bezig geweest met het onderzoek en het schrijven van deze scriptie.

Deze scriptie is geschreven onder begeleiding van Stichting Bouwen Nederland. Samen met onze begeleiders, Jaap Rikken en Hanneke Spoorenberg, is de onderzoeksvraag opgesteld. Na het veldwerk, uitgevoerd door Babke Mensink en Elise Lamers, konden we de onderzoeksvraag beantwoorden. Gelukkig stond Stichting Bouwen altijd paraat om ons te voorzien van alle benodigde informatie.

Bij dezen willen wij graag onze begeleiders bedanken voor de fijne begeleiding en ondersteuning tijdens ons afstuderen.

Stichting Bouwen willen wij bedanken voor de begeleiding tijdens het veldwerk van Babke Mensink en Elise Lamers. Voor alle informatie die tijdens de reis is verkregen en de rondgang langs diverse bouwprojecten. Vooral de reis naar het binnenland heeft veel indruk op ons gemaakt waar wij veel informatie opgedaan hebben qua toegang tot de afgelegen gebieden.

Stichting Technisch Hoger Onderwijs willen wij bedanken voor de financiële bijdrage voor de reis naar Ghana. Zij hebben het mede mogelijk gemaakt om naar Ghana te gaan.

Wij wensen u veel leesplezier toe.

Dion de Leeuw
Elise Lamers
Babke Mensink

Arnhem, 21 mei 2015.

Managementsamenvatting

In het kader van het afstuderen aan de opleiding Bouwkunde aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN) is er onderzoek gedaan naar schoolgebouwen in Ghana. De hoofdvraag van de afstudeeropdracht luidt als volgt: '' *Hoe kan een school in het zuiden van Ghana, met de plaatselijke middelen, zelfvoorzienend en weersbestendig worden gebouwd?''.* Hierbij ligt de nadruk op het inzichtelijk krijgen van de huidige slechte bouwkwaliteit om zodoende een concept te ontwikkelen voor betere schoolgebouwen.

Om deze vraag te beantwoorden zijn er deelvragen opgesteld om inzicht te krijgen in de beschikbare materialen en de gebruikte methodes. Daarnaast is er onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om het schoolgebouw zelfvoorzienend te maken.

Uit onderzoek blijkt dat het belangrijk is om het schoolgebouw te voorzien van een waterkerende fundering. Dit kan gerealiseerd worden door het toepassen van twee lagen waterkerende folie. Tevens is het belangrijk om het gebouw te voorzien van onderhoudsarme materialen. Na de bouw van de school is er weinig tot geen budget beschikbaar om onderhoud uit te voeren. Tijdens het veldwerk is gebleken dat veel gebouwen toe zijn aan een onderhoudsbeurt. Een belangrijk streven is dat er weinig tot geen onderhoud gepleegd hoeft te worden aan het schoolgebouw. Om het schoolgebouw financieel haalbaar te maken is het belangrijk dat plaatselijke materialen worden toegepast. Om de kwaliteit hiervan te waarborgen is het relevant dat de materialen op de juiste locatie worden ingekocht en eventueel zelf worden geproduceerd. Daarom moeten op de bouwlocatie de werkzaamheden, door de voormannen, in de gaten worden gehouden zodat deze op de juiste manier worden uitgevoerd. Om een beeld te scheppen van de uit te voeren werkzaamheden is er een uitvoeringsplan opgesteld waar door middel van 3D-beelden de werkzaamheden worden uitgelegd. Daarnaast is één van onze speerpunten om een zelfvoorzienend gebouw te ontwerpen. Het streven is dat het concept overal in Ghana geplaatst kan worden, ook daar waar geen stroomvoorzieningen zijn. Om dit te bewerkstelligen is het belangrijk dat er zonnepanelen worden toegepast. Tevens is er een tekort aan water in Ghana. Om dit op te lossen wordt het hemelwater opgevangen, gefilterd en opgeslagen. Dit kan gebruikt worden voor sanitaire en agrarische doeleinden. Het wordt niet aangeraden dit te gebruiken als drinkwater omdat het filter niet toereikend is om alle bacteriën en kleine deeltjes te verwijderen.

Na het onderzoek zijn alle resultaten verwerkt in een ontwerp. Om tot dit ontwerp te komen zijn er eerst drie voorontwerpen gemaakt waaruit vervolgens de beste punten zijn meegenomen in het definitieve ontwerp. Alle ontwerpkeuzes die zijn gemaakt tijdens het proces worden besproken in de scriptie. Om er zeker van te zijn dat het definitieve ontwerp door ongeschoolde werklieden gemaakt kan worden is er een uitvoeringsplan gemaakt die zijn versterkt met 3D-beelden. Om erachter te komen of het uitvoeringplan volledig is, is er een praktijkonderzoek uitgevoerd om te kijken of alle stappen volledig beschreven staan. Daarnaast is aan Stichting Bouwen gevraagd om met hun kennis van bouwen in Ghana naar het uitvoeringsplan te kijken. Al deze opmerkingen zijn meegenomen in het definitieve uitvoeringsplan.

Summary

In the context of the graduation to the faculty Build Environment of the University of Applied Science research to school buildings in Ghana has been conducted. The main question of the thesis reads: *How can a self-sustaining, weather resistant school be built with local resources in the South of Ghana?* The focus lies with gaining insight of the current ill-conditioned build quality to develop a concept for higher quality school buildings.

To answer the main question, sub questions have been prepared to gain insight in the available construction methods and materials. In addition, research has been done into the opportunities to make the building self-sufficient.

Research shows that it is important to provide the school with a waterproof foundation. This can be achieved by the application of two layers of water-repellent membrane. It is also important to provide the building of low-maintenance materials. After the construction of the school, there is little to no budget available to perform maintenance. The fieldwork has shown that many buildings are due for maintenance. An important goal is that little to no maintenance needs to be committed to the school facility. To make the school financial feasible it is important that local materials are used. To guarantee the quality it is relevant that the materials are purchased at a trusted reseller or may be produced on site. Therefore it is necessary that the proceedings on the building site are being controlled by the construction manager. This is to ensure everything is constructed correctly. To create an image of the work to be performed, a construction plan is drawn up which explains the construction steps through 3D-images. In addition, one of our priorities is to design a self-sufficient school building. The goal is that the concept can be places anywhere in Ghana, even when there is no connection to an electricity grid. To achieve this goal it is important to apply solar panels. There also is a shortage of water. In order to solve this, rainwater will be collected, filtered and stored on site. This can be used for sanitary and agricultural purposes. It is not recommended to consume this water because the filter is not sufficient to remove all bacteria and small particles.

After all the research results have been incorporated to develop a concept. To achieve the final concept three designs have been made. The final concept consists of the best parts from all three designs. All design choices made during the process are discussed in the thesis. In order to be sure that the final design can be constructed by unskilled workmen, 3D-images have been implemented in the construction plan. To find out whether the construction plan is complete, a practical study has been carried out to see of all the steps are correctly described. Additionally Foundation to Build has been asked to look at the construction plan with their knowledge of construction in Ghana. All these comments were included in the final implementation.

Inhoudsopgave

Voorwoord 3
Managementsamenvatting 4
Summary 5
1. Inleiding 8
2. Probleemanalyse 9
2.1 Probleemveld 9
2.2 Probleemstelling 10
2.3 Doelstelling 10
3. Hoofdvraag en deelvragen 11
3.1 Hoofdvraag 11
3.2 Deelvragen 11
4. Onderzoeksmethodes 12
4.1 Literatuuronderzoek 12
4.2 Interview 12
4.3 Locatiebezoek 12
4.4 Grondonderzoek 12
4.5 Diverse bezoeken 12
4.6 Observaties 13
5. Resultaten 14
5.1 Wat zijn de gevolgen van het tropische klimaat voor het schoolgebouw in het zuiden van Ghana? .. 16
5.2 Welke middelen zijn beschikbaar in het zuiden van Ghana? 18
5.3 Welke maatregelen dienen er genomen te worden om het schoolgebouw zelfvoorzienend te maken?23
5.3.1 Elektriciteit 23
5.3.2 Water 24
6. Ontwerpkeuze 26
6.1 Eisen voorontwerp 26
6.2 Conceptontwerpen 27
6.2.1 Ontwerp A 27
6.2.2 Ontwerp B 28
6.2.3 Ontwerp C 29
6.3 Definitief ontwerp 30
6.4 Fundering 32
6.5 Vloeren 33

6.6 Wanden 34
6.7 Kozijnen 36
6.8 Constructie 37
6.9 Dak 39
6.10 Zelfvoorziening 41
7. Conclusie 43
8. Aanbevelingen 44
9. Bronnenlijst 46
10. Bijlagelijst 47

1. Inleiding

Als afsluiting van de HBO opleiding Bouwkunde dient er een afstudeeronderzoek gedaan te worden om aan te tonen dat de studenten competent zijn om het werkveld te betreden. Voor dit afstudeeronderzoek is er gekozen voor een internationaal probleem, namelijk de slechte basiseducatie in ontwikkelingslanden.

Er is contact gezocht met verscheidende bedrijven en stichtingen en uiteindelijk is er een organisatie gevonden die bereid was ons te ondersteunen bij ons onderzoek. Stichting Bouwen is een organisatie die bijdraagt aan ontwikkelingssamenwerking in ontwikkelingslanden. Bij de realisatie van de projecten gaan zij naar het desbetreffende land om de projecten uit te voeren in samenwerking met de lokale bevolking. Stichting Bouwen opereert onder andere in Ghana en zet daar diverse projecten op met als opdrachtgever verscheidende organisaties en stichtingen uit Nederland.

Voor het onderzoek zijn wij in contact gebracht met Barbara Schroijen-Bax. Zij is vestigingsmanager, tevens bouwkundige, in Ghana en heeft ons voorzien van informatie en begeleid waar nodig.

2. Probleemanalyse

In dit hoofdstuk is informatie omschreven over de achtergrond van dit onderzoek. Eerst wordt het probleemveld omschreven. Uit de omschrijving van het probleemveld is een probleemstelling geformuleerd. Deze probleemstelling geldt als leidraad voor het verdere onderzoek.

2.1 Probleemveld

In het jaar 2000 werd er op de Millenniumtop van de Verenigde Naties door 189 ontwikkelingslanden beloofd om acht millenniumdoelstellingen te halen. Deze doelstellingen richten zich op het uitbannen van de wereldwijde armoede. Deze millenniumdoelstelling is opgedeeld in acht concrete doelen die voor 2015 behaald dienen te worden. Eén van deze doelstellingen is: 'het bereiken van universele basiseducatie'. Dit houdt in dat de volgende aspecten van het onderwijs verbeterd dienen te worden (United Nations, 2014):

1. Het vergroten van de instroming op zowel basis als middelbaar onderwijs;
2. Het percentage leerlingen dat het basisonderwijs afrondt dient te stijgen;
3. De kwaliteit van het basisonderwijs moet beter.

In Sub-Sahara Afrika (landen die ten zuiden van de Sahara liggen en van oorsprong een donkere bevolking hebben) ligt het percentage schoolgaande kinderen het laagste, namelijk 71%.

Een van de vele VN lidstaten en onderdeel van de Sub-Sahara is Ghana. Om de Millenniumdoelstelling te halen heeft de Ghanese regering besloten om vanaf 2005 het basisonderwijs gratis toegankelijk te maken. Dit heeft geresulteerd dat het aantal schoolgaande kinderen in Ghana is gestegen tot 84%. Deze groei in schoolkinderen zorgt echter ook voor grote uitdagingen, zeker op het platteland. Circa 4.000 scholen geven buiten les 'onder de mangoboom' en nog eens circa 5.000 scholen zijn verplicht les te geven in gebouwen die zich in zeer slechte staat bevinden. Daarnaast hebben nog eens circa 7.500 scholen geen toegang tot fatsoenlijke sanitaire voorzieningen (Edukans, 2013).

In een Skype gesprek met B. Schroijen-Bax van Stichting Bouwen Ghana gaf zij aan waarom vele Ghanese leerlingen het zonder degelijke schoolvoorzieningen dienen te doen. Zo vertelde zij dat er weinig geld beschikbaar is voor de bouw van degelijke nieuwe gebouwen. Daarnaast beschikt men in vele gevallen niet over de juiste kennis en kunde om een bouwproject als een schoolgebouw op te zetten. In de gevallen dat er wel gebruik kan worden gemaakt van een schoolgebouw zijn deze gebouwen vaak in slechte staat. Dit komt onder andere door het tropische klimaat in het zuiden van Ghana. Daar worden periodes van 36 graden met brandende zon afgewisseld door regenperiodes waar tot wel 200 mm regen kan vallen in een maand tijd (Klimaatinfo.nl, z.d.). Dit houdt in dat in de ene periode het houtwerk, stucwerk en schilderwerk wordt aangetast door de zon. Maar tevens dat in de andere periode de materialen worden aangetast door een vochtig klimaat, slechte waterkering en water dat tegen het gebouw aan blijft staan. Deze zware weersomstandigheden samen met het gebrek aan financiële mogelijkheden en kennis zorgen er voor dat de meeste gebouwen weinig tot helemaal niet onderhouden kunnen worden (B. Schroijen-Bax, persoonlijke mededeling).

2.2 Probleemstelling

Uit het probleemveld in paragraaf 2.1 wordt duidelijk dat er veel te behalen valt op het gebied van de kwaliteit van de schoolgebouwen in Ghana. De vraag is of dit te behalen is met de middelen die er daar ter plekke beschikbaar zijn. Daarom is de volgende probleemstelling geformuleerd:

'In hoeverre is het mogelijk om met de beschikbare middelen een kwalitatief goed schoolgebouw te ontwikkelen en te onderhouden in het zuiden van Ghana?'

2.3 Doelstelling

Rekening houdend met de probleemstelling in paragraaf 2.2 is de volgende doelstelling geformuleerd voor het onderzoek:

'Inzichtelijk krijgen waarom de huidige schoolgebouwen kwalitatief slecht zijn om zodoende een concept te ontwikkelen voor betere schoolgebouwen.'

3. Hoofdvraag en deelvragen

In dit hoofdstuk zijn de hoofd- en deelvragen geformuleerd aan de hand van de gestelde probleem- en doelstelling. De probleem- en doelstelling zijn in het vorige hoofdstuk behandeld. Het beantwoorden van de deelvragen leidt uiteindelijk tot het antwoord op de hoofdvraag.

3.1 Hoofdvraag

'Hoe kan een school in het zuiden van Ghana, met de plaatselijke middelen, zelfvoorzienend en weersbestendig worden gebouwd?'

3.2 Deelvragen

1. Wat zijn de gevolgen van het tropische klimaat in het zuiden van Ghana?
2. Welke middelen zijn beschikbaar in het zuiden van Ghana?
    a) Wat zijn de beschikbare bouwmaterialen?
    b) Wat zijn de beschikbare bouwmethodieken?
    c) Wat is het beschikbare materieel?
    d) Wat is er benodigd om een project financieel haalbaar te maken?
3. Welke maatregelen dienen er genomen te worden om het schoolgebouw zelfvoorzienend te maken?

4. Onderzoeksmethodes

In dit hoofdstuk staat de verantwoording van de onderzoeksmethodes centraal.

4.1 Literatuuronderzoek

Voorafgaand aan het onderzoek wordt er door iedere onderzoeker individueel een literatuurstudie gedaan. In deze literatuurstudie zullen verschillende opvattingen verwant aan het onderzoek tegenover elkaar worden geplaatst. Hieruit kan de stand van zaken gemaakt worden in een bepaald onderzoeksgebied. Afhankelijk van de onderzoeksvraag zal hier een aanbeveling, een discussiepunt of een persoonlijke mening uit gedestilleerd worden.

4.2 Interview

Voorafgaand aan het interview in Ghana is er een vragenlijst opgesteld. Hierin staan de belangrijkste vragen waar antwoord op verkregen dient te worden. In het interview ligt de nadruk op de manier van bouwen en de materialen die gebruikt worden in Ghana. Er is gekozen om Barbara Schroijen-Bax te interviewen zodat er een goed bouwkundig beeld gevormd wordt over de huidige manier van bouwen.

Het interview wordt afgenomen door twee interviewers. Eén interviewer leidt het interview terwijl de andere de belangrijke hoofdpunten uit het interview notuleert. Daarnaast wordt er geprobeerd om alle interviews digitaal op te nemen zodat deze later als referentie gebruikt kunnen worden.

4.3 Locatiebezoek

Tijdens het veldwerk wordt de locatie bezocht waar het project plaatsvindt. De locatie bevindt zich in Agona Swedru. Hier heeft Stichting Bouwen ook een tijdelijk schoolgebouw neergezet. Daarnaast worden er door Stichting Bouwen in de nabije toekomst leslokalen neergezet. Tijdens het bezoek aan de locatie zal de toegang tot het perceel bekeken worden en daarnaast de omgeving. De bevindingen zullen worden beschreven in de observatielijsten.

4.4 Grondonderzoek

Tijdens het veldwerk is er naar voren gekomen dat er in Ghana geen grondonderzoeken worden uitgevoerd. Het uitvoeren van een grondonderzoek is niet relevant. De grond is dusdanig hard dat grondonderzoek en funderingsberekeningen niet noodzakelijk zijn. Ook beschikken ze niet over de juiste middelen om een kwalitatief goed onderzoek uit te voeren. Omdat de grond relatief hard is wordt ervan uitgegaan dat de fundering niet kan gaan zakken.

4.5 Diverse bezoeken

Tijdens het veldwerk worden er diverse locaties bezocht. Op deze locaties wordt gekeken welke materialen er zijn gebruikt tijdens de bouw. Stichting Bouwen brengt een bezoek aan:

- School en weeshuis in Agona Swedru;
- School en kinderopvang in Ekwamkrom;
- Kliniek en huisvesting personeel in Issah Krom;
- Scholen in Winneba.

Tijdens deze bezoeken zal er gekeken worden met welke materialen het gebouw is gebouwd en met welke bouwmethodiek.

4.6 Observaties

Als laatste wordt er in dit onderzoek gebruik gemaakt van observaties. De observaties zullen bij de diverse bezoeken uitgevoerd worden. Verder zijn de onderzoeken gestructureerd, direct, niet participerend en onverhuld:

- *Gestructureerd:* de te observeren aspecten zijn vooraf vastgesteld vanuit het vooronderzoek. Dit zorgt voor specifiekere resultaten van de observatie;
- *Direct:* dit betekent dat de observanten zichtbaar zijn voor de te observeren personen;
- *Niet participerend:* de observanten doen niet actief mee met de activiteiten van de te observeren personen, hierdoor is het voor de observanten mogelijk om het handelen te observeren.
- *Onverhuld:* de te observeren doelgroep is zich er niet van bewust op welke aspecten de observanten letten. Dit om te voorkomen dat personen zich anders gaan dragen.

Als observanten het eens zijn over de categorieën ontstaat er een systeem dat beter bruikbaar is, omdat er intersubjectiviteit over bestaat. Tijdens het bezoek aan Ghana zullen de observatielijsten door twee projectleden ingevuld worden om een zo goed mogelijk beeld te krijgen (Verhoeven, 2007).

5. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksresultaten weergegeven aan de hand van de onderzoeksvragen.

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is er veldwerk in Ghana gedaan. Tijdens het veldwerk zijn er met Stichting Bouwen diverse locaties bezocht. Als eerste is de projectlocatie bezocht. Hier zijn de bestaande lokalen bekeken en daarnaast het tijdelijke lokaal dat is gebouwd door Stichting Bouwen. Tijdens het bezoek is er gekeken hoe de omgeving eruit ziet en of deze goed te bereiken is. Bij het schoolgebouw is ook een weeshuis waar een gedeelte van de naar school gaande kinderen verblijven. De rest van de kinderen komen uit de omliggende dorpen. Daarnaast wordt er op de projectlocatie in de nabije toekomst door Stichting Bouwen een paar leslokalen neergezet. Stichting Bouwen heeft met ons de plannen besproken.

Afb. 1: Projectlocatie Swedru *(Eigen foto)*

Afb. 2: Projectlocatie Swedru *(Eigen foto)*

Afb. 3: Projectlocatie Swedru *(Eigen foto)*

Afb. 4: Projectlocatie Swedru *(Eigen foto)*

Afb. 5: Toegangsweg locatie Swedru *(Eigen foto)*

Afb. 6: Weeshuis Swedru *(Eigen foto)*

Meet Kate

Stichting Bouwen heeft voor Stichting Meet Kate een schoolgebouw en kindertehuis gebouwd. Op de locatie is uitgelegd met welke materialen en met welke methode de school is gebouwd. Nadat we de school hebben bezocht, is er vervolgens een bezoek gebracht aan het kindertehuis. Door de hoogteverschillen heeft het gebouw aan de achterzijde een lagerliggend gedeelte waar de kinderen slapen. Hier ziet men dat de oplossingen goed zijn aangesloten. Ghanezen zouden het op andere manieren opgelost hebben zoals ook in de stad te zien is.

Naast deze twee locaties is er ook in de omgeving van Winneba gekeken hoe de gebouwen, en vooral schoolgebouwen, gebouwd zijn. Hier is ook te zien dat er veel achterstallig onderhoud is. Veel van deze schoolgebouwen zijn er neergezet, maar vervolgens is er geen geld meer beschikbaar voor onderhoud. Het is daardoor erg belangrijk om onderhoudsarme materialen te gebruiken.

Issah Krom

Als laatste is er een bezoek gebracht aan een dorpje in het binnenland, Issah Krom. Hier leven de mensen erg primitief omdat er geen schoon drinkwater en elektriciteit is. Op deze locatie bouwt Stichting Bouwen op dit moment een kliniek. Ook hier bouwt men op wat primitievere manieren. Het dorp ligt erg afgelegen waardoor kapot materieel niet snel gemaakt kan worden. Om vertraging te voorkomen wordt er op een primitieve manier materieel gemaakt wat ook werkt maar wel meer arbeid vergt.

Naast de diverse bezoeken is er ook een interview gehouden met Barbara Schroijen-Bax. Zij gaf aan dat er op constructief, bouwkundig en organisatorisch gebied nog veel verbeterd kan worden.

Op constructief gebied moet er goed gekeken worden dat de juiste verhoudingen beton gebruikt worden. Daarnaast is het inkopen van materiaal erg belangrijk. Langs de weg worden diverse materialen verkocht die vaak van een slechte kwaliteit zijn. In Ghana worden geen grondonderzoeken en geen constructieve berekeningen gemaakt. Pas vanaf 1 verdieping of hoger zijn berekeningen vereist.

Op organisatorisch vlak is het zeer belangrijk dat de gehele bouwsom beschikbaar is voor de bouw van het schoolgebouw. Voordat de bouw begint is het belangrijk dat er een contract opgesteld wordt waarin de begin- en einddatum staan vermeld, de bouwplannen duidelijk zijn en het totaalbedrag wordt vermeld. Daarnaast is het belangrijk dat niet de gehele bouwsom in één keer wordt gefactureerd, maar dat deze in termijnen wordt betaald. Zo kan er per fase worden betaald en trekt men als opdrachtgever nooit aan het kortste eind.

Op bouwkundig gebied kunnen er ook dingen aangepast worden. Door de hoge grondwaterstand heeft men last van optrekkend vocht in de fundering waardoor de verf snel afbladdert. Het gebruik van goed materiaal is erg belangrijk zodat het gebouw lang in goede staat zal verkeren.

In bijlage D: *Interview B. Schroijen-Bax* kan het gehele interview nagelezen worden.

In bijlage E: *Observatielijsten* en bijlage C: *Veldwerk* kunnen de bezoeken aan de diverse locaties worden bekeken.

5.1 Wat zijn de gevolgen van het tropische klimaat voor het schoolgebouw in het zuiden van Ghana?

Het klimaat van Ghana is in te delen in twee type seizoenen, het natte en het droge seizoen. Het natte seizoen is een periode van eind maart tot juni en september en oktober. Het droge seizoen valt in de periodes ertussen. In Ghana komen er dus periodes voor met erg veel neerslag, dit is erg typisch voor het tropisch klimaat waartoe Ghana behoord. De temperatuur in Ghana ligt meestal zo rond de dertig graden. Ook is het in Ghana meestal erg benauwd, dit komt doordat de luchtvochtigheid in de natte seizoenen hoger is. (Klimaat-info)

Door de vele regenbuien is de grondwaterstand vrij hoog waardoor men last heeft van optrekkend vocht in de constructie. Door het optrekkende vocht uit de fundering bladdert het stucwerk af en is de kans op schimmel in bijvoorbeeld meubilair erg groot. Daarnaast wordt er in Ghana geen goede verf gebruikt waardoor deze afbladdert. Door de zon verkleurt de verf erg snel en aan de regenkant van het gebouw krijgt mos de kans om zich op de gevel te nestelen.

De ontbossing veroorzaakt erosie. De wortels van de bomen houden normaliter de grond vast maar als deze verdwijnen dan wordt de grond blootgesteld aan de weersomstandigheden. Door de vele regenval wordt de bovenste zandlaag weggespoeld. Hierdoor wordt de fundering blootgesteld aan water. Door een apron, betonstrook naast de fundering, toe te passen zorgt men ervoor dat de fundering niet blootgelegd wordt en beschermd blijft. Wanneer men geen apron toepast zorgt het water ervoor dat de fundering bloot komt te liggen en er scheurvorming kan ontstaan.

Daarnaast ziet men in Ghana ook veel wanden van zandcementblokken zoals is afgebeeld op afbeelding 17. Het is belangrijk dat de kwaliteit van de materialen wordt gewaarborgd. Dit staat verder uitgewerkt in bijlage JK: *Kwaliteitswaarborging*. Wanneer de materialen niet van een goede kwaliteit zijn worden deze aangetast door het klimaat. Als de zandcementstenen niet in de goede verhouding zijn gemaakt brokkelen deze langzaam af, echter is de mortel wel in juiste verhouding zodat deze intact blijft.

Afb. 15: Apron *(Eigen foto)*

Afb. 16: Door erosie aangetaste gebouwdeel *(Eigen foto)*

Afb. 17: Zandcementwand *(Eigen foto)*

Naast de aanslag die het klimaat heeft op de bouwmaterialen en -methodieken dient er ook rekening gehouden te worden met de behaaglijkheid in gebouwen. Aangezien de temperaturen in Ghana kunnen oplopen tot ruim 40 graden is een degelijke koeling in bijvoorbeeld een schoolgebouw zeer gewenst. Uit het veldwerk is gebleken dat er voor daken vaak de keuze wordt gemaakt voor stalen geprofileerde platen, zoals weergegeven op afbeelding 18. Het grote nadeel van dit bouwmateriaal is dat wanneer de zon de gehele dag op het dakoppervlak schijnt, de temperaturen binnen oncomfortabel hoog op kunnen lopen. Dit zou opgelost kunnen worden door het toepassen van een degelijke natuurlijke ventilatie of de dakconstructie dusdanig te ontwerpen dat deze niet direct de gebruiksruimte opwarmt. De methodes voor natuurlijke ventilatie zijn als volgt:

Afb. 18: Stalen geprofileerde dakplaten *(Eigen foto)*

1. *Wind gedreven ventilatie*: Wanneer natuurlijke wind langs een gebouw waait, raakt deze de naar de wind gerichte wand (bovenwindse wand) en creëert hier een positieve druk. Vervolgens beweegt de wind over het gebouw en laat een negatieve druk, oftewel zuiging, achter bij de onderwindse wand. Als er in deze situatie gevelopeningen zijn aan zowel de boven- als onderwindse wand zal de wind zich door het gebouw bewegen om het drukverschil weer in balans te krijgen.
2. *Accumulatieve ventilatie*: Bij deze manier van ventileren dient er gezorgd te worden voor een temperatuurverschil in de ruimte. Doordat opgewarmde lucht op stijgt wordt er onderin de ruimte een zuiging gecreëerd. Dit kan weer gebruikt worden om frisse lucht van buiten aan te zuigen.

Beide vormen van ventilatie worden nader toegelicht in bijlage G: *Studie ventilatiemogelijkheden.*

Niet alleen de zon kan voor problemen zorgen voor de behaaglijkheid in het gebouw, maar ook de hevige regenval in de regenseizoenen kan voor overlast zorgen. Uit het interview met B. Schroijen-Bax en het veldwerk is gebleken dat de heftige regenval op de laatst genoemde dakplaten voor aanzienlijke geluidsoverlast kan zorgen. Helaas zijn de mogelijkheden om dit probleem op te lossen vrij beperkt, omdat er in afgelegen gemeenschappen vaak geen beschikking is tot degelijke geluiddempende isolatiematerialen. Een oplossing hiervoor kan zijn om tussen de gordingen en de dakplaten houten plaatmateriaal te bevestigen om de grootste trillingen van het dak op te vangen. Deze oplossing werkt voornamelijk bij bijvoorbeeld trapeziumplaten, omdat hier de golfafstand relatief minder is dan bij een golfplaat. Als dezelfde oplossing bijvoorbeeld gebruikt wordt bij golfplaten kan het ook averechts werken, doordat tussen de grotere golfafstand en het plaatmateriaal een klankkast ontstaat.

5.2 Welke middelen zijn beschikbaar in het zuiden van Ghana?

Voor het beantwoorden van deze vraag zijn er subdeelvragen opgesteld.

A. Wat zijn de beschikbare bouwmaterialen?

In Ghana zijn er in vergelijking met Nederland zeer weinig bouwmaterialen beschikbaar. Vooral de basis bouwmaterialen zijn in Ghana erg belangrijk. Met deze materialen kunnen op een eenvoudige manier gebouwen worden gerealiseerd. Sommige van deze bouwmaterialen worden zelf geproduceerd en andere worden geïmporteerd uit bijvoorbeeld China. Hieronder is een opsomming gemaakt van de beschikbare bouwmaterialen in Ghana.

Zandcementblokken

De meeste zandcementblokken worden langs de kant van de weg gemaakt. Omdat er vaak wordt bezuinigd op bepaalde dure grondstoffen worden de verkeerde verhoudingen voor de blokken aangehouden, wat ten koste gaat van de kwaliteit. Daarom is het altijd aan te raden de zandcementblokken zelf te produceren. Door het zelf produceren van de blokken is er meer zekerheid over de kwaliteit. Voor meer informatie zie Bijlage C: *Veldwerk.*

Standaard zandcementblokken

De standaard zandcementblokken zijn massief. De blokken worden gemaakt in de daarvoor bestemde mallen. Na het storten van het zandcement wordt de mal verwijderd en moeten de blokken drogen.

Afb. 19: Productieschuur zandcementblokken *(Eigen foto)*

Afb. 20: Droogplaats zandcementblokken *(Eigen foto)*

Holle blokken

Naast de standaard zandcementblokken worden er ook holle blokken geproduceerd. Deze blokken worden ook door middel van een mal gemaakt. Holle blokken worden vaak gebruikt voor de wanden. Het voordeel van holle blokken is dat ze een stuk minder massa hebben dus ook een stuk goedkoper zijn.

Afb. 21: Holle blokken *(Eigen foto)*

Schoonmetselwerk

In Ghana wordt er naast zandcementblokken ook gebruik gemaakt van schoonmetselwerk. Bij schoonmetselwerk gebruikt men bakstenen. In de bakstenen zitten gaten waar de wapening doorheen gestoken kan worden. In de gaten van de bakstenen kan ook de specie worden verwerkt. Door de inkeping aan de onderkant en de uitstulping aan de bovenkant vallen de bakstenen in elkaar. Doordat de stenen in elkaar vallen zijn er geen voegen nodig om de stenen aan elkaar te koppelen.

Afb. 22: Schoonmetselwerk *(Eigen foto)*

Afb. 23: Schoonmetselwerk *(Eigen foto)*

Afb. 24: Schoonmetselwerk *(Eigen foto)*

Beton

In Ghana wordt het beton met behulp van een betonmolen op de bouwplaats zelf geproduceerd, om zo zeker te zijn van de juiste verhoudingen. Door de juiste verhouding van cement, zand en gravel kan de kwaliteit van het beton worden gewaarborgd. De juiste verhouding voor het beton is: 1 cement, 2 zand, 3 gravel (Work method and Technical Specifications, Stichting bouwen).

Staal

Het (wapening)staal wordt in Ghana vaak ook langs de kant van de weg verkocht. Dit staal is vaak van slechte kwaliteit. Vaak bevat het staal te zwakke en te harde delen. Het (wapening)staal dat langs de kant van de weg wordt verkocht is vaak ook geen gecertificeerd staal. Bij het aanschaffen van dit staal is er dus veel onzekerheid over de kwaliteit. Daarom is het niet verstandig staal langs de kant van de weg te kopen. Om de kwaliteit te waarborgen is het verstandig (wapening)staal in te kopen bij grotere staalleveranciers in Ghana. Hier is het (wapening)staal vaak wel voorzien van een keurmerk en dus van betere kwaliteit. Voor meer informatie zie Bijlage C: *Veldwerk.*

Afb. 25: Staalverkoop *(Eigen foto)*

Stalen hoekprofielen

Voor de spanten in een gebouw wordt er vaak gebruik gemaakt van stalen hoekprofielen. De hoekprofielen worden eerst geschuurd en vervolgens geverfd met primer. Na het behandelen worden de profielen aan elkaar gelast. Er wordt bewust gekozen voor twee stalen hoekprofielen omdat deze vooraf aan het lassen goed behandeld kunnen worden. Dit gaat het eventuele roesten van de profielen tegen. Om de kwaliteit van het staal te waarborgen wordt ook dit staal ingekocht bij een staalleverancier in Ghana.

Kozijnen

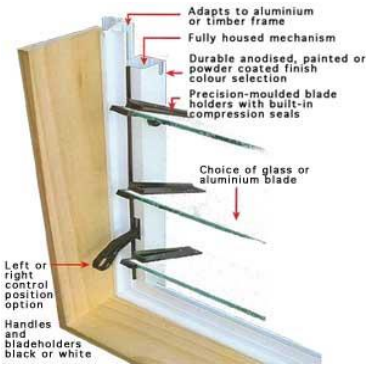
Kozijnen kunnen op verschillende manieren wordt gerealiseerd. Langs de kant van de weg kan een compleet kozijn worden ingekocht. Dit zijn kozijnen gemaakt van aluminium zoals we ze ook wel in Nederland kennen. Deze komen uit China en zijn vaak van slechte kwaliteit. Het toepassen van deze kozijnen wordt dan ook sterk afgeraden. Kozijnen worden vaak met de hand gemaakt. Doormiddel van houten stijlen, wapeningsstaven, louvreframes en muskietennet kan er op een eenvoudige manier een kozijn worden gerealiseerd. Hieronder worden twee type kozijnen omschreven:

- *Chinese kozijnen*

  Langs de kant van de weg staan diverse kleine hutjes waar kozijnen worden gemaakt. Dit zijn kozijnen van een Chinese kwaliteit. De kozijnen worden op maat gemaakt maar dit gebeurd vaak niet precies genoeg. Na het aanschaffen passen de kozijnen vaak niet in de daarvoor bestemde openingen. Door de slechte kwaliteit gaan de schuifkozijnen vaak scheef hangen waardoor ze niet goed meer aansluiten. Nog een nadeel van dit kozijn is dat één deel van het raam dicht zit, hierdoor kan er minder frisse lucht in de ruimte komen. Daarom worden deze kozijnen meestal in gebouwen met airco toegepast.

- *Houten kozijnen*

  Hard houten kozijnen worden vaak op de bouwplaats gerealiseerd. Met houten stijlen wordt eerst het frame van het kozijn gemaakt. Omdat er in het kozijn geen glas zit wordt er door middel van wapeningstaven inbraakwerende voorzieningen getroffen. Stalen wapeningsstaven worden door het kozijn gestoken. Na het bevestigen van het staal wordt het louvreframe bevestigd in het kozijn. Wanneer het louvreframe geplaatst is kan het muskietennet met gegalvaniseerd gaas, ter versteviging, geplaatst worden. Dit om het ongedierte buiten te houden. Het toepassen van een houten kozijn is in vergelijking met de Chinese kozijnen velen malen beter. De houten kozijnen kunnen ter plekke op maat worden gemaakt en zijn vaak van een betere kwaliteit en passen goed. Voor meer informatie zie Bijlage C: *Veldwerk.*



Afb. 26: Naco louvre
(Ullrich.com.au)

Dakplaten

In Ghana wordt er veel gebruik gemaakt van dunne aluminium geprofileerde dakplaten. Deze dakplaten zijn van erg slechte kwaliteit, omdat ze zo dun zijn corroderen ze snel. Door het corroderen komen er gaten en scheuren in het dak waardoor er vaak lekkages ontstaan. Om de kwaliteit van het dak te verbeteren kan er ook gebruik gemaakt worden van Aluzinc dakplaten. Aluzinc dakplaten worden in Ghana geproduceerd en kunnen vanuit daar dus prima worden ingekocht. Deze dakplaten

zijn in vergelijking met aluminium dakplaten van een betere kwaliteit. De dakplaten zijn over het algemeen dikker en corroderen minder snel.

Bamboe

Door het klimaat groeit bamboe in Ghana erg snel. Door de snelle productie van bamboe is deze relatief voordelig. Bamboe is een sterk materiaal welke goed toegepast kan worden als afwerkmateriaal. Het toepassen van bamboe als constructiemateriaal is niet verstandig. Door de verscheidenheid in bamboestammen is het constructief gebruik van bamboe erg complex. Omdat de bevolking over weinig bouwtechnische kennis beschikt is het toepassen van bamboe als constructiemateriaal niet geschikt. Voor meer informatie zie Bijlage UV: *Literatuurstudies*.

B. Wat zijn de beschikbare bouwmethodieken?

In Ghana wordt veel stapelbouw toegepast. De zandcementblokken worden op de bouwplaats gemaakt en verwerkt. De blokken zijn erg zwaar waardoor er een dikkere voeg wordt toegepast. Het is belangrijk dat de stenen eerst in water gedoopt worden zodat de stenen niet al het water uit het cement opzuigen. Er worden geen waterpassen gebruikt waardoor de wanden vaak scheef zijn. In de afwerking binnen is dit goed te zien. Veel wanden zijn scheef betegeld en kozijnen zijn ook scheef geplaatst.

Gietbouw is een bouwmethode die vaak wordt toegepast. Hierbij worden de kolommen die gebruikt worden ter plaatse gestort. Er wordt een bekisting gemaakt en deze wordt vervolgens met diverse latten gestut. Vervolgens stort men hier het beton in. Op deze manier worden ook de balken en vloeren gestort. Voor het stutten gebruikt men veel bamboe. (Veldwerk Ghana)

Afb. 27: Gestutte vloer *(Eigen foto)*

Afb. 28: Gestutte balken *(Eigen foto)*

Afb. 29: Zandcementwand (*Eigen foto)*

Afb. 30: Gestutte kolom (*Eigen foto)*

C. Wat is het beschikbare materieel?

Uit het veldwerk is gebleken dat er niet zoveel materieel gebruikt wordt zoals in Nederland. Het materieel is vaak erg duur en om de kosten zo laag mogelijk te houden wordt er gewerkt met alleen de basis aan materieel. Bij grotere projecten van buitenlandse aannemers wordt vaak hetzelfde materieel gebruikt zoals we die hier kennen. Bij kleinere projecten zoals de bouw van een school zijn er vaak maar weinig financiële middelen en dus weinig materieel beschikbaar. Wanneer het echt niet anders kan wordt er een kraan ingezet, dit is tevens ook het enige zware materieel dat gebruikt wordt.

Qua klein materieel wordt er gebruik gemaakt van hamers, zagen, schoppen, boormachines, betonmolen, kruiwagens, trilplaat, emmers voor het cement en zand. Daarnaast is er wanneer er staal gelast dient te worden ook een lasapparaat beschikbaar waar wel een vakman voor wordt ingehuurd. Het materieel dat gebruikt wordt tijdens de bouw is bekend bij de bevolking die helpt bij het bouwen. Mochten er mensen zijn die het materieel nog niet kennen dan kan dit uitgelegd worden door de voormannen. Mocht er geen stroom op de bouwplaats aanwezig zijn dan kan er een generator worden gehuurd zodat het elektrische materieel alsnog gebruikt kan worden.

D. Wat is er benodigd om een project financieel haalbaar te maken?

Afb. 31: Betonnen casco *(Eigen foto)*

Voor de financiën is het belangrijk dat er een goede begroting wordt opgesteld zodat het duidelijk is wat de verwachte kosten zijn. Wanneer de kosten bekend zijn kan er begonnen worden aan het werven van donateurs of particuliere instanties. Veel van dit soort projecten wordt gefinancierd door verschillende particuliere instanties die graag iets willen doen voor een land. Veel van deze particuliere initiatieven worden opgericht door mensen die voor werk, studie, verblijf of reizen in contact zijn gekomen met een bepaald land. Deze mensen hebben een gebied bezocht waar weinig hulp is geboden waardoor men het gevoel heeft dat men iets moet doen. De belangrijkste bron van inkomsten van deze particuliere organisaties zijn inkomsten van individuen en giften. Als tweede bron van inkomsten zijn er subsidies of fondsen van maatschappelijke organisaties (Bouzoubaa, H. & Brok, M. , 2005). Als al het geld ingezameld is kan men beginnen met de bouw van de school. In Ghana wordt er veel gebouwd terwijl niet al het geld beschikbaar is. Vervolgens staan hier veel betonnen casco's die jaren later pas afgemaakt worden wanneer er weer geld beschikbaar is.

5.3 Welke maatregelen dienen er genomen te worden om het schoolgebouw zelfvoorzienend te maken?

Scholen in Ghana hebben aanzienlijk minder behoeften aan stroom en water dan bijvoorbeeld scholen in West-Europa. Uit het veldwerk is gebleken dat de voornaamste behoeften bestaan uit een stabiele toevoer van elektriciteit en schoon drinkwater. De elektriciteit zal benodigd zijn voor de verlichting en ventilatoren, welke gewenst zijn in vrijwel elke ruimte. Verder zal het gebruikt worden voor computers en overige elektronische apparatuur waar men beschikking toe heeft in een schoolgebouw. Het water zal naast drinkwater ook gebruikt worden voor hygiënische en sanitaire doeleinden. Als er een overschot aan water gecreëerd wordt, dan kan dit zelfs voor agrarische doeleinden gebruikt worden door de omliggende gemeenschap. Om aan de behoefte van stroom en water te voldoen kunnen er meerdere oplossingen geboden worden.

5.3.1 Elektriciteit

In de stedelijke gebieden is er vaak toegang tot een landelijk elektriciteitsnetwerk. Dit elektriciteitsnetwerk heeft echter vaak last van uitval zoals aangegeven door B. Schroijen-Bax in het interview. Daarnaast zijn er tijdens het veldwerk momenten geweest dat het persoonlijk ervaren was dat de stroomvoorziening niet naar behoren werkte door storingen. In de afgelegen gebieden is vaak niet eens toegang tot deze slecht werkende stroomvoorziening. Om deze reden kan er voor gekozen worden om de stroomvoorziening van de school onafhankelijk te maken van het algemene stroomnetwerk.

Uit het veldwerk is opgemerkt dat deze keuze al wel degelijk vaker genomen is door afgelegen gemeenschappen en dorpen. Bij deze situaties wordt er echter gebruik gemaakt van een generator welke fossiele brandstof omzet in elektriciteit. Omdat deze manier van stroomopwekking niet constant aan kan blijven staan kan de generator maar op bepaalde momenten gebruikt worden om bijvoorbeeld oplaadbare apparatuur, zoals mobiele telefoons, op te laden. De stroombehoeften van een school zijn echter hoger dan alleen maar het opladen van mobiele apparatuur. Voor een school dient er al minstens rekening gehouden te worden met voldoende verlichting en één of meerdere plafondventilators per ruimte. Daarnaast is het ook aangenaam dat er binnen de school zonder problemen gebruik gemaakt kan worden van enkele elektronische apparaten, zoals een computer inclusief randapparatuur. Om deze reden dient er gekeken te worden naar een meer constante manier van energieopwekking dan een generator.

Deze manier van constante energieopwekking kan uit meerdere varianten bestaan: Bio-energie, Geothermische energie, energie uit water, enz. Als er echter wordt gekeken naar de meest praktische oplossingen kan er in Ghana het beste gebruik gemaakt worden van windenergie en zonne-energie. Met dan voornamelijk de nadruk op zonne-energie, omdat windenergie voornamelijk rendabel is op bepaalde locaties met hogere windsnelheden. Daarnaast hebben windmolens vaker en meer behoefte aan onderhoud dan zonnepanelen. Tevens is de kans groot dat de onderdelen ter vervanging vrijwel niet beschikbaar zijn in afgelegen gebieden (GENI, 2014). Zonnepanelen daarentegen kunnen op vrijwel elke locatie gebruikt worden, hebben een lage behoefte aan onderhoud, lage operationele kosten en een verwachte levensduur van minstens 25 jaar. In bijlage F: *Studie energiebehoefte* wordt uitgerekend wat het gemiddeld verbruik is van het ontworpen schoolconcept. Hierin wordt er onderscheidt gemaakt tussen drie verschillende opties van verbruik en apparatuur. Uit deze berekening is gebleken dat er voor een variant waarmee er in elk lokaal voldoende licht, een

plafondventilator en het vermogen tot het opladen van enkele mobiele apparatuur, er volstaan kan worden met vijf tot zes zonnepanelen, 250 Wp per paneel, op het dak van de school. Als er echter in elk lokaal gebruik gemaakt wordt van een computer met randapparatuur, dan stijgt het aantal zonnepanelen al gauw naar 18 stuks. Natuurlijk moet er ook een accu in het schoolgebouw aanwezig zijn welke de mogelijkheid biedt tot het opslaan van het overschot aan vermogen.

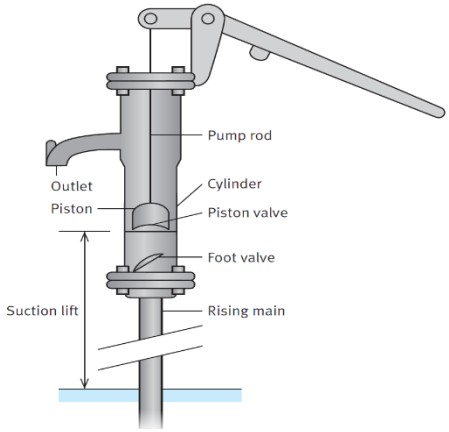
Uiteindelijk zijn voor de elektriciteitsbehoeften zonnepanelen uitermate geschikt om aan deze behoefte te voldoen. Het is echter wel afhankelijk van de behoeften van de eindgebruiker en de financiële mogelijkheden hoeveel zonnepanelen er uiteindelijk geïnstalleerd kunnen worden.

5.3.2 Water

Toegang tot een bron van voldoende en schoon drinkwater ligt aan de basis van een degelijke hygiënische gezondheid. Volgens recent onderzoek hebben wereldwijd meer dan 780 miljoen mensen geen toegang tot schoon drinkwater. 660 miljoen mensen van het totaal bevinden zich in Afrika (WHO, 2012). Het gevolg hiervan is dat er een veel grotere kans is op ziektes en infecties, zeker op plaatsen waar meerdere mensen samenkomen. Om toch aan voldoende water te komen dienen er vaak grote afstanden te voet afgelegd te worden. Vaak worden deze tochten ook gemaakt door kinderen, terwijl ze deze tijd beter kunnen besteden aan onderwijs (the water project, z.d.).

Handpompen

Zoals te lezen in bijlage HI: *Studie waterbehoeften* zijn er meerdere varianten handpompen beschikbaar en hebben ze allemaal eigen voor- en nadelen. Deze handpompen maken vrijwel allemaal gebruik van verdringerpompen en heen en weer bewegende zuigers. Door de zuiger heen en weer te bewegen in een cilindervormig omhulsel wordt er een vacuüm gecreëerd waardoor het water omhoog wordt gezogen. De terugslagkleppen zorgen er vervolgens voor dat het waterniveau niet terugzakt naar het grondwaterniveau. De verschillende onderdelen staan hiernaast schematisch weergegeven in afbeelding 32.



Afb. 32: Schematische weergave touwpomp *(Wateraid, 2013)*

Het type handpomp hangt af van de diepte van het grondwater. De diepte over welk type pomp water naar het oppervlak kan zuigen zijn onderverdeeld in de volgende categorieën (Wateraid, 2013):

De verschillende type handpompen staan verder uitgewerkt in bijlage HI: *Studie waterbehoeften.* Het belangrijkste waar rekening mee gehouden dient te worden met het uitkiezen van een type handpomp is, naast de diepte van het grondwater, de moeilijkheid van het vereiste onderhoud. Hiermee is de term VLOM (Village Level Operation and Management of maintenance) verbonden. De VLOM is een concept welke is gericht op de ontwerpeisen van handpompen bestemd voor afgelegen gebieden en ontwikkelingslanden. Een deel van de gestelde eisen zijn als volgt:

- Eenvoudig te onderhouden zijn door een monteur uit het dorp, wat minimale kennis en materieel vereist;

- Gefabriceerd in het land van plaatsing, om reserveonderdelen zeker te stellen;
- Robuust en betrouwbaar onder zware omstandigheden;
- Kosten efficiënt.

Later werd er duidelijk dat het gebruik en het onderhoud van de pomp afhankelijk was van de organisatie binnen de gemeenschap waar de pomp zich bevind. Daarom werden deze volgende eisen later bijgevoegd:

- De keuze van de gemeenschap wanneer de pomp wordt onderhouden;
- De keuze van de gemeenschap wie de pomp onderhoudt;
- Directe betaling van de gemeenschap aan degene die de pomp onderhoudt.

De toepassing van de VLOM-principes bij het kiezen van een pomp is vaak het afwegen van verschillende ontwerpeisen. Zo kan het de voorkeur hebben om een pomp te nemen die vaker onderhoud nodig heeft dan een pomp die weinig tot geen onderhoud vereist. Dit omdat een pomp die bijvoorbeeld maandelijks onderhoud vergt, vaak gerepareerd is binnen enkele uren. Terwijl een pomp die minder onderhoud vergt zomaar weken tot maanden buiten gebruik kan zijn. Dit staat dan weer in relatie tot beschikbare monteurs met de juiste kennis en de beschikbaarheid van onderdelen ter vervanging (Wateraid, 2013).

Hemelwateropvang

Regenwater kan één van de schoonste natuurlijke watervoorzieningen zijn mits deze op een degelijke manier wordt verzameld. Dit is niet verassend, omdat regen het resultaat is van een natuurlijk destillatieproces. Tijdens dit proces kan het regenwater alleen vervuild worden door vervuilde luchtdeeltjes en door rook van vuur en industriële processen. De regenwateropvang bestaat in feite uit 3 delen: opvang, transport en opslag. Met de opvang wordt gerefereerd naar het gekozen materiaal voor de dakbedekking, het transport verwijst naar het type hemelwaterafvoeren en de opslag is het type opslagtank waar het water zal worden opgeslagen voordat het gebruikt wordt. Deze onderdelen staan verder uitgewerkt in bijlage HI: *Studie waterbehoeften.*

Zoals vermeld kan hemelwater een van de meest schone vormen van watertoevoer zijn. Het water wordt pas vervuild vanaf het moment dat het in aanraking komt met het opvangoppervlak, omdat deze vervuild kan zijn met pathogene bacteriën (van bijvoorbeeld uitwerpselen van gevogelte). Het wordt aangeraden om het opvangoppervlak schoon te houden en de eerste stroming vervuild water eruit te filteren. Andere bacteriën die eventueel in de opslagtank terecht komen zullen snel afsterven mits het water van redelijke kwaliteit is. Daarnaast moet er rekening mee gehouden worden dat er geen zonlicht in de tank komt, om de groei van algen tegen te gaan. Verder dient de opslagtank ook correct afgesloten te worden om te voorkomen dat insecten zoals muggen zich erin gaan nestelen.

6. Ontwerpkeuze

In dit hoofdstuk staat de verantwoording van de ontwerpkeuzes centraal.

6.1 Eisen voorontwerp

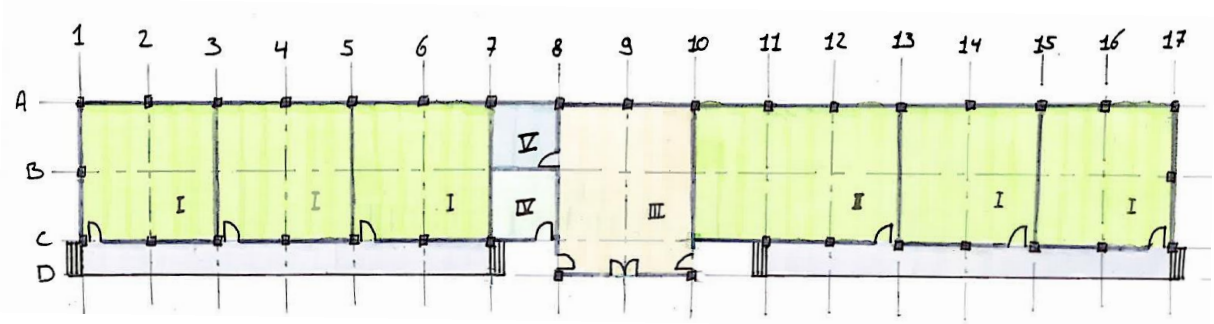
Tijdens het veldwerk zijn er constateringen gedaan over de huidige staat van schoolgebouwen en soortgelijke bouwwerken. Aanvullend daarop is het interview gehouden met B. Schroijen-Bax over de huidige manier van ontwerpen en bouwen met de beperkte voorzieningen ter plaatse. De uitgewerkte constateringen hiervan zijn te vinden in bijlage C: *Veldwerk,* bijlage D: *Interview met Barbara Schroijen-Bax* en bijlage E: *Observatielijsten.* Naast het veldwerk is er vooraf het benodigde vooronderzoek gedaan naar de omstandigheden op de projectlocatie. Dit staat omschreven in bijlage B: *Vooronderzoek.* Uit al deze informatie zijn de volgende eisen gedestilleerd voor het nieuwe schoolconcept:

1. Naast de gewone lokalen (6 x 6 m) dient er ook minstens een groter practicum lokaal (6 x 9 m) aanwezig te zijn. Deze ruimte kan naar wens van de eindgebruiker worden ingericht als bijvoorbeeld een scheikunde- of ICT-lokaal.
2. Er dienen ruimtes te zijn voor de leraren, conciërge, kantoor, keuken en opslag. Deze ruimtes hoeven niet al te groot te zijn, maar groot genoeg voor het verblijven van één tot twee personen.
3. Het peil van de school dient minimaal 500 mm boven het maaiveld te zijn i.v.m. de grote regenval tijdens de regenseizoenen.
4. Het is een pré als het gebouw zichzelf zou kunnen voorzien van elektriciteit en water, omdat dit niet overal beschikbaar is.
5. Het gebouw dient dusdanig vormgegeven te worden dat er een natuurlijke ventilatie plaats kan vinden om de lokalen te koelen.
6. Bij de fundering dient er rekening gehouden te worden met een vorm van waterkering, om te voorkomen dat vocht de constructie in kan trekken.
7. Er mag alleen gebruik gemaakt worden van lokale materialen of materialen die ingekocht kunnen worden in een grotere stad in de nabije omgeving.
8. Het gebouw moet bouwtechnisch zo eenvoudig als mogelijk blijven, om te garanderen dat het gebouwd kan worden door dorpelingen zonder enige bouwkennis.
9. In het kader van de eenvoud dient het gebouw uit zoveel mogelijk dezelfde elementen te bestaan.
10. Omdat onderhoud aan het gebouw meestal slecht of helemaal niet wordt gedaan moet er naar gestreefd worden het gebouw onderhoudsvriendelijk te maken.

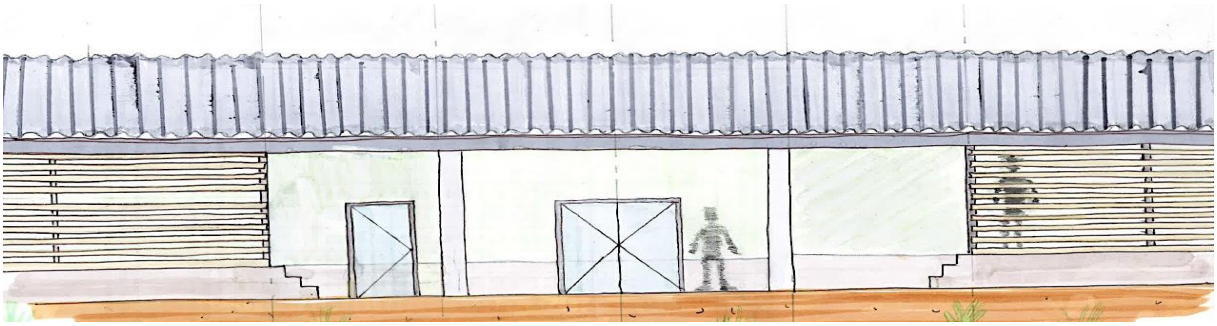
Vervolgens zijn er drie verschillende conceptontwerpen gemaakt, waaruit het definitieve ontwerp gekozen zou worden. Ontwerp A is gemaakt aan de hand van de voorkennis uit het vooronderzoek en de vooraf ontvangen bestanden van Stichting Bouwen. Ontwerpen B en C zijn in een later stadium gemaakt met de aanvullende informatie uit het veldwerk. Alle drie de ontwerpen zijn beoordeeld aan de hand van de hierboven opgesomde eisen.

6.2 Conceptontwerpen

6.2.1 Ontwerp A

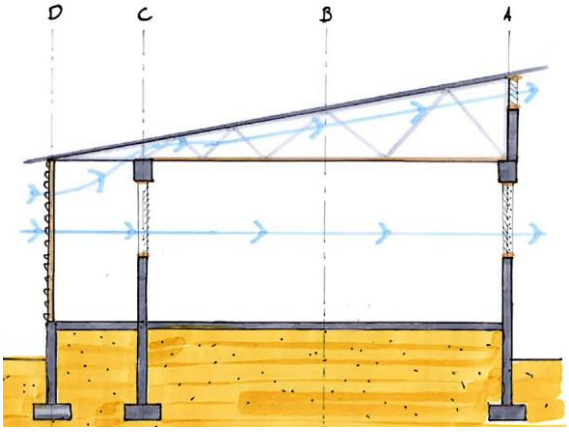


Afb. 33: Plattegrond ontwerp A



Afb. 34: Voorgevel ontwerp A

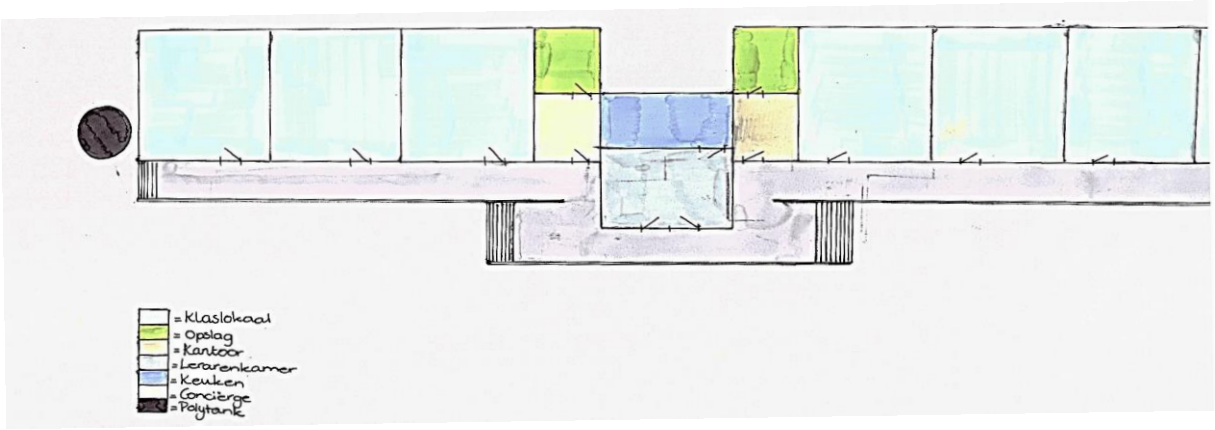
Bij ontwerp A is er gekozen voor een centrale bibliotheek op maaiveldniveau. In de bibliotheek zouden de leerlingen samen kunnen komen en is er plaats voor groepsactiviteiten. Daarnaast kunnen hier kasten geplaatst worden met leesmateriaal voor de leerlingen. Naast de bibliotheek is er ruimte gemaakt voor opslag en kantoor. De lokalen strekken zich zowel links als recht van de centrale gebouwen uit op een verhoogd niveau van +800 mm.



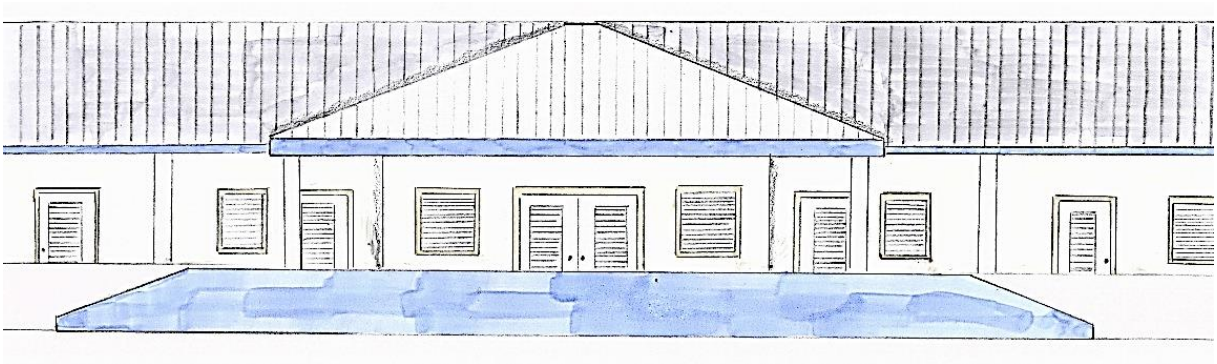
Afb. 35: Doorsnede ontwerp A

Het lessenaarsdak kan gebruikt worden om hemelwater op te vangen en bij een juiste oriëntatie voorzien worden van zonnepanelen. Door het gebouw een smalle vormgeving te geven kan er gebruik worden gemaakt van dwarsventilatie in de lokalen, samen accumulatieve ventilatie om de verwarmde lucht onder het dak af te voeren. Het dakoverstek aan de voorgevel samen met de bamboeafwerking van de galerij voorkomen dat de lokalen opgewarmd worden door de zon. Voor de wateropslag is hier gekozen om deze in te graven in de grond om te garanderen dat het water koel blijft.

6.2.2 Ontwerp B

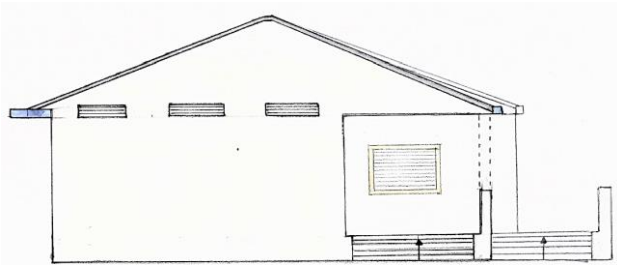


Afb. 36: Plattegrond ontwerp B

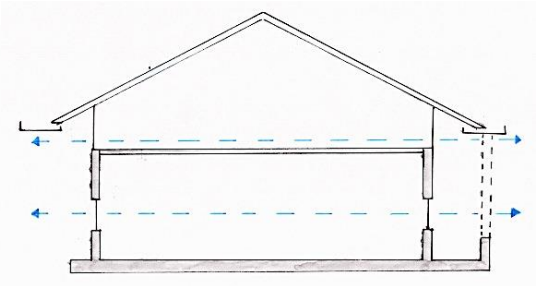


Afb. 37: Fragment van voorgevel ontwerp B

Ontwerp B is tevens langwerpig gevormd. De entree van het gebouw is gesitueerd in het midden, waar meteen de verhoging is voor het hemelwater. Bij de entree bevindt zich de lerarenkamer met daarachter de keuken. Daarnaast bevinden zich kantoren en opslag, waarna zowel links als rechts lokalen gesitueerd zijn. Alle lokalen zijn te bereiken via de galerij die voorlangs loopt.



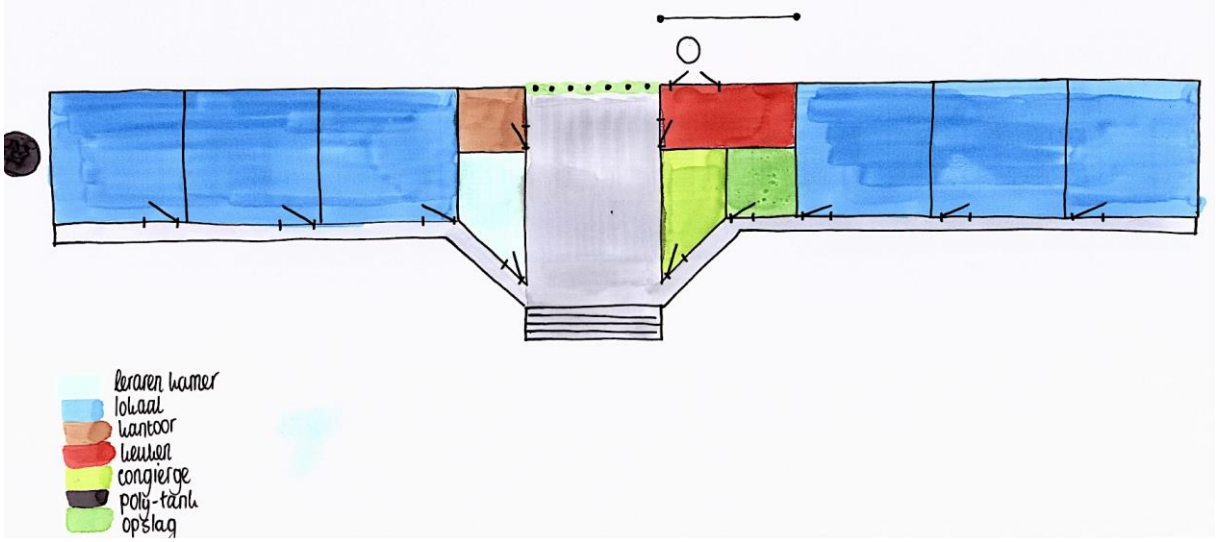
Afb. 38: Zijgevel ontwerp B



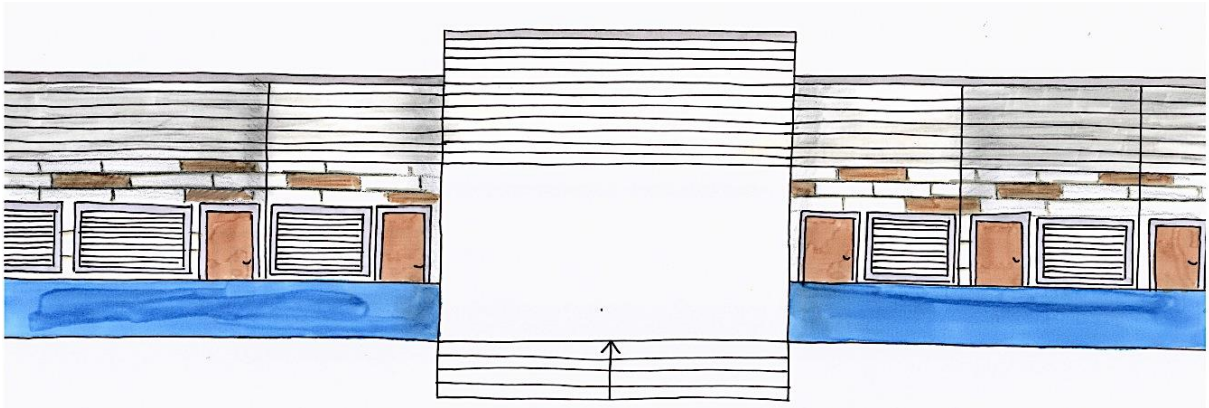
Afb. 39: Doorsnede ontwerp B

Er is gekozen voor een zadeldak van geprofileerde aluminiumplaten waar het opgevangen water aan beide zijden afgevoerd kan worden. Het water zal worden opgeslagen in polytanks deze zijn gesitueerd bij de gevels van het gebouw. Bij de lokalen wordt er gekozen voor een plafondafwerking, zodat de zon niet direct de lucht in de lokalen op kan warmen. Op deze manier kan d.m.v. dwarsventilatie de opgewarmde lucht worden afgevoerd.

6.2.3 Ontwerp C

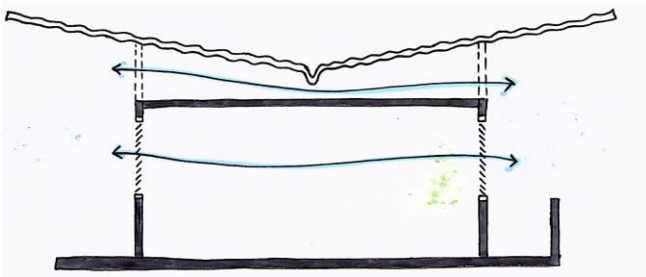


Afb. 40: Plattegrond ontwerp C



Afb. 41: Fragment van voorgevel ontwerp C

Ook bij ontwerp C is er gekozen voor een langwerpige vormgeving. De entree van het gebouw is gesitueerd bij de open buitenplaats in het midden van het gebouw. Hieraan grenzen de algemene ruimtes, zoals het kantoor, de lerarenkamer, de keuken en de conciërgeruimte. Ook bij ontwerp C verspreiden de lokalen zich verder naar de buitenzijdes van het gebouw, welke te bereiken zijn via een galerij die voorlangs loopt.

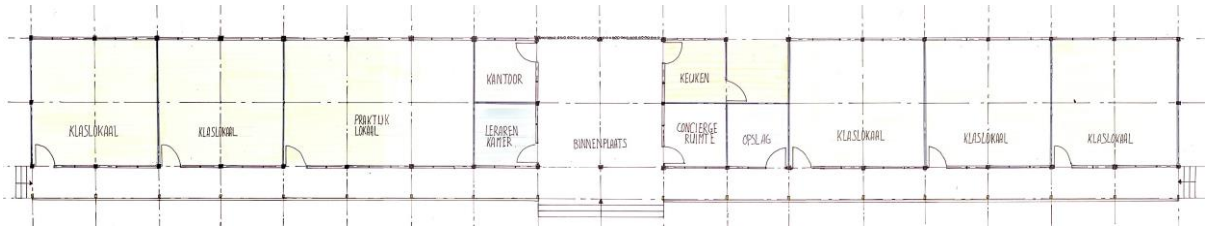


Afb. 42: Doorsnede ontwerp C

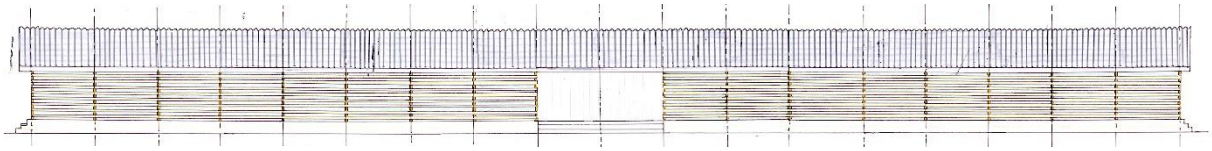
Er is gekozen voor een V-vormig dak welke het hemelwater naar het midden van het gebouw leidt, waarna het naar de zijgevels wordt afgevoerd. Bij de lokalen wordt er gekozen voor een plafondafwerking, zodat de zon niet direct de lucht in de lokalen op kan warmen. Op deze manier kan d.m.v. dwarsventilatie de opgewarmde lucht worden afgevoerd.

6.3 Definitief ontwerp

Na het individueel beoordelen van de verschillende ontwerpen is ervoor gekozen om alle positieve onderdelen van elk ontwerp samen te voegen tot het definitieve ontwerp. Het resultaat daarvan is te zien op de afbeeldingen 43 en 44. Voor de definitieve tekeningen zie bijlage M: *Bouwkundige tekeningen.*

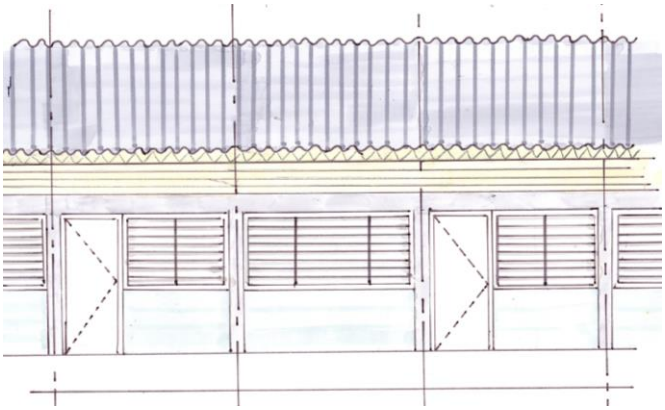


Afb. 43: Plattegrond definitief ontwerp

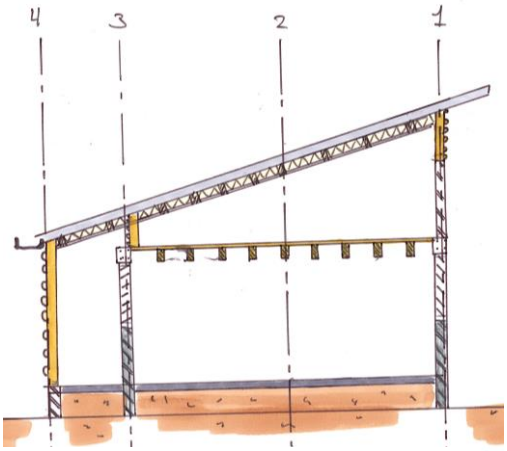


Afb. 44: Voorgevel definitief ontwerp

Voor de indeling is er gekozen om de indeling van ontwerp C aan te passen, zodat deze in de praktijk efficiënter te realiseren zal zijn. Bij de entree in het midden komt een binnenplaats, met daar omheen de algemene voorzieningen. Vervolgens komen daar de lokalen weer naast. De constructie zal bestaan uit betonnen kolommen en balkenstructuur, welke later verder uitgelegd worden. Tussen de kolommen in de voor- en achtergevel komen maar twee verschillende elementen. Een element met één deur inclusief zijlicht en een element met één kozijn, zoals te zien op afbeelding 45. Op deze manier ontstaat er veel herhaling in het ontwerp, wat het bouwen in de realisatiefase vergemakkelijkt.



Afb. 45: Fragment voorgevel zonder bamboe definitief

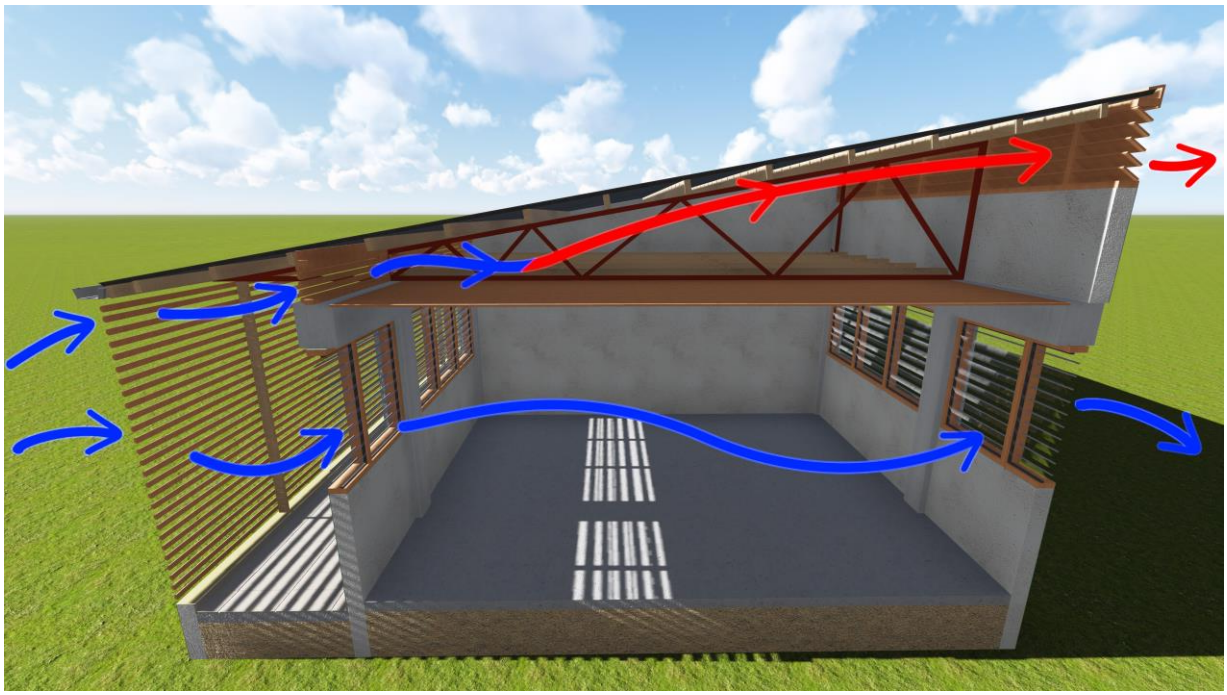


Afb. 46: Dwarsdoorsnede definitief ontwerp

Het dak zal bestaan uit het lessenaarsdak van ontwerp A, welke gebruikt zal worden om hemelwater op te vangen. Tevens zullen er op dit dak zonnepanelen gemonteerd worden, wat invloed heeft op de uiteindelijke dakhelling. Deze zonnepanelen dienen georiënteerd te worden op het zuiden. Om te voorkomen dat de zon door de gevelopeningen de klaslokalen opwarmt is er gekozen voor een

overstek over de galerij. Daarnaast wordt de galerij afgeschermd door een bamboe hekwerk, wat tevens fungeert als zonwering, zoals weergegeven op afbeelding 46.

Er is gekozen om het ontwerp van het schoolgebouw langwerpig te houden. Hierdoor kan er verzekerd worden dat het gebouw per stramien uit steeds dezelfde elementen bestaat. Dit komt voort uit de eis om het gebouw bouwtechnisch simpel te houden en dat er veel herhaling in het gebouw dient te zijn. Een ander voordeel van de langwerpige vorm is dat er nu relatief eenvoudig een natuurlijk ventilatiesysteem gecreëerd kan worden. Door in de tegenovergelegen gevels van de lokalen te openen raamdelen te plaatsen ontstaat hier dwarsventilatie om de lokalen koel te houden. Tevens wordt er onder het lessenaarsdak accumulatieve ventilatie gecreëerd, doordat de opgewarmde lucht tussen het dak en plafond op het hoogste punt het gebouw kan verlaten. Hierdoor komt er een drukverschil in deze ruimte, waardoor er koele lucht aangezogen wordt door het rooster aan de voorgevel. Dit staat schematisch weergegeven op afbeelding 47.



Afb. 47: Schematische weergave van de natuurlijke ventilatie *(Eigen foto)*

Voor de verdere materialisatie van het ontwerp dient er per element gekeken te worden welke materialen er beschikbaar zijn op de locatie. Daarnaast wordt er gekeken hoe deze materialen het eenvoudigst verwerkt worden. Deze informatie wordt verderop in de ontwerpkeuze uitgewerkt.

6.4 Fundering

In het ontwerp van het schoolgebouw is er gekozen voor een strokenfundering met hierop een funderingswand. In Nederland wordt er meestal gebruik gemaakt van een fundering op staal of een fundering op palen. De fundering die in Ghana wordt toegepast kan worden vergeleken met een fundering op staal. Het toepassen van een fundering op palen is in Ghana geen optie. Omdat de grond relatief hard is kunnen geen palen in de grond worden geslagen, tevens beschikken ze niet over de juiste middelen om een paal in de grond te slaan. De optie die dan overblijft, is een in het werk gestorte fundering. Voordat de fundering gestort kan worden graaft men een sleuf, in deze sleuf worden de wapeningsstaven voor de funderingsstrook gelegd. Hier wordt door middel van stenen de wapening iets hoger gelegd zodat er voldoende dekking wordt aangehouden. In afbeelding 48 is weergegeven hoe de wapening wordt aangebracht, ook zijn hierop de stenen te zien waarmee de wapening omhoog wordt gelegd.

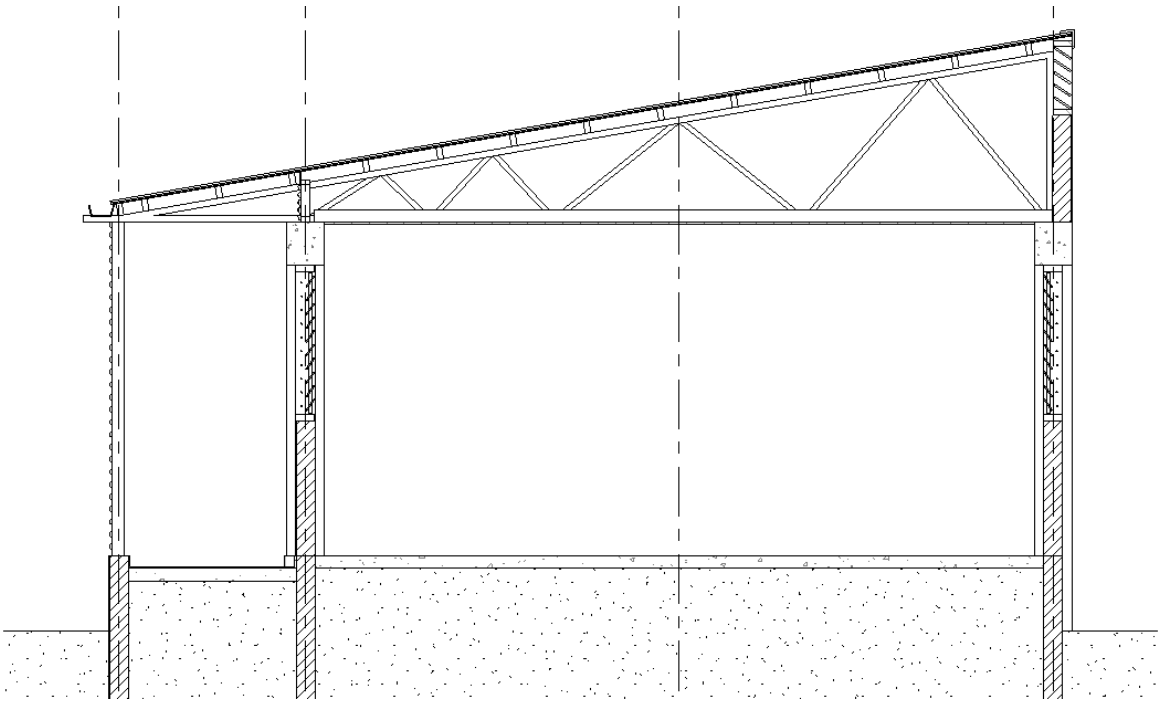
Afb. 48: Wapening kolom met funderingsstrook (*Foto Stichting Bouwen)*

Tijdens het veldwerk is er onderzocht wat er verbeterd kan worden aan de fundering. Door middel van een interview en observaties is er naar voren gekomen dat de grondwaterstand erg hoog is. Omdat de grond vrij hard is wordt de fundering niet erg diep in de grond gelegd, dit omdat de fundering toch niet zal gaan zakken. Door een hoge grondwaterstand kan de fundering snel in aanraking komen met water. Dit water tast op deze manier de fundering en de bovenliggende constructie aan. Dit was te zien aan het afbladderen van het stuc- en schilderwerk van de wanden. Daarom is het tijdens het ontwerp een speerpunt vastgesteld om de fundering voor het schoolgebouw waterkerend te maken. Om dit te realiseren wordt er gebruik gemaakt van twee lagen waterkerende folie. De folie wordt onder de funderingsstrook aangebracht, hierdoor ontstaat er tussen de lagen een capullaire werking, dit zorgt ervoor dat er geen water bij de fundering kan komen. Voor meer informatie zie bijlage JK: *Kwaliteitswaarborging.*

6.5 Vloeren

De mogelijkheden aan verschillende soorten vloeren in het binnenland van Ghana is zeer beperkt. Als er gekozen wordt voor een systeem met vloerelementen als een kanaalplaatvloer of breedplaatvloer dient er eerst gekeken te worden of deze überhaupt geleverd kan worden op de projectlocatie. Dit omdat de vloeren een overspanning van zes meter dienen te hebben, wat er in resulteert dat er een aanlevering dient te zijn met groot vrachtvervoer. Daarnaast kan er met deze keuze niet meer gewerkt worden met een enkelsteens gevel, want bij de oplegging is de vloer zichtbaar aan de buitenkant van de gevel. Om al deze redenen is er gekozen voor een vloer op zand. Al het materiaal welke benodigd is om een vloer op zand te maken zijn reeds beschikbaar op de bouwplaats, dus hoeft er geen extra rekening gehouden te worden met transport.

Bij het toepassen van een vloer op zand in dit specifieke ontwerp dient er wel rekening gehouden te worden met het hoogteverschil tussen de galerij en de lokalen. De galerij dient minimaal 100 mm lager te liggen dan de lokalen, zoals weergegeven op afbeelding 49. Dit om te voorkomen dat eventuele watervorming in de galerij de klaslokalen in kan stromen. Details hiervan zijn weergeven in het detailboek in bijlage M: *Bouwkundige tekeningen*.



Afb. 49: Weergave hoogteverschil galerij en lokalen

Verdere opmerkingen over de correcte bouwprocedures van de vloeren staan omschreven in bijlage JK: *Kwaliteitswaarborging*.

6.6 Wanden

Uit het veldwerk is gebleken dat gebouwen over het algemeen gebouwd worden met zandcementblokken. Deze zandcementblokken kunnen op diverse manieren gemaakt worden. Ze kunnen met de hand gemaakt worden maar ook machinaal. Een nadeel van het machinaal produceren van deze zandcementblokken is dat men afhankelijk is van een stabiel energienetwerk. Vanwege bezuinigingen schakelt men de stroom overdag uit in bepaalde delen. Hier is een schema voor opgesteld zodat men weet wanneer men niet over stroom beschikt. (Sjoerd Schroijen, veldwerk)

Voor het ontwerp is gekozen om de holle zandcementblokken toe te passen voor de wanden. Deze blokken zijn niet massief maar hebben twee holle vlakken. Hierdoor is de massa van de steen een stuk minder waardoor deze ook gebruiksvriendelijker worden. Op de locatie zullen de blokken met de hand gemaakt worden. Belangrijk is dat deze stenen worden beschermd tegen regen, harde wind, zon en andere substanties die het zandcement kunnen aantasten. De zandcementstenen dienen hiervoor afgedekt te worden met plastic folie gedurende zeven dagen. Wanneer de blokken volledig zijn uitgehard kan er gemetseld worden. Een van de belangrijkste handelingen voor het metselen is dat de zandcementblokken eerst in het water gedompeld worden. Wanneer dit niet gebeurd zal de zandcementblok het water uit de mortel opzuigen en wordt de mortel droog. Wanneer men begint met metselen is het belangrijk dat de voormannen de metselaars hebben uitgelegd hoe ze met een waterpas om moeten gaan. Het gebruik van de waterpas is bij vele Ghanezen onbekend waardoor er veel scheve wanden zijn.

Afb. 50: Volle zandcementblokken *(Eigen foto)*

Afb. 51: Holle zandcementblokken *(Eigen foto)*

De mortel die gebruikt wordt tussen de zandcementblokken moet ook van de juiste verhouding zijn, één deel portlandcement en drie delen zand. Het is belangrijk dat de mortel in de juiste verhouding is gemaakt zodat deze door de jaren heen intact blijft. Tijdens het veldwerk is er gezien dat de mortel vaak in de juiste verhouding is gemaakt in tegenstelling tot de zandcementblokken. Deze zijn uitgesleten door de weersomstandigheden.

Terracotta muurplint

Tegen de plint van het gebouw, 600-P tot P, is een terracotta tegel geplaatst. Op het eerste oog lijkt het of het onderste gedeelte bestaat uit schoon metselwerk. Door het toepassen van deze muurplint wordt ervoor gezorgd dat het regenwater wat aan de onderzijde opspat niet tegen het pleisterwerk komt. Het tegelwerk is makkelijker schoon te houden en wordt minder snel aangetast. Wanneer de tegels zijn aangebracht dient deze goed gevoegd te worden. Dit zorgt ervoor dat het (regen-)water niet in de gevel kan trekken.

Pleister- en schilderwerk

Voor de wanden boven peil is ervoor gekozen om deze te pleisteren. Dit is de makkelijkste en tevens de goedkoopste optie. Het is wel van belang dat het pleisterwerk goed wordt aangebracht. Wanneer men de zuiging van de blokken niet aanpakt zal het pleisterwerk niet op de stenen blijven zitten. Tevens is het van belang dat voor het pleisteren de wand wordt ontdaan van stof en losse delen. Als het pleisterwerk is uitgehard kan men beginnen met het schilderen. Op de galerij is gekozen om onder de kozijnen olieverf toe te passen. Verf op oliebasis kan gemakkelijk met een natte doek worden afgedaan.

6.7 Kozijnen

Aangezien de temperaturen in Ghana kunnen oplopen tot ruim 40 graden is een goede koeling van essentieel belang. Hiervoor zal een degelijk ventilatiesysteem ontwikkeld moeten worden om de warme lucht uit het gebouw te drijven. Omdat mechanische ventilatie geen mogelijkheid is zal er op een natuurlijke manier geventileerd moeten worden. Dit kan met behulp van kozijnen die geopend kunnen worden. Men heeft in Ghana de keuze uit twee type ramen: schuiframen of louvreramen.

Zoals in deelvraag 5.2 A is benoemd zijn Chinese kozijnen van een slechte kwaliteit. Op den duur werken deze kozijnen niet meer naar behoren.

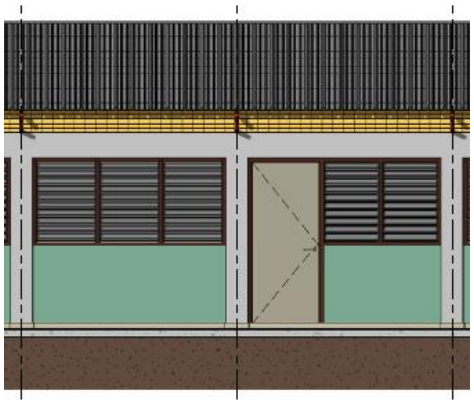
Afb. 52: Chinese kozijnen *(Eigen foto)*

Een andere optie is het toepassen van louvreramen. Deze ramen kunnen naar wens open en dicht gezet worden. Door voor het raam een muskietennet te plaatsen zorgt men ervoor dat de malariamuggen en ander ongedierte buiten blijft. Bij de louvreramen heeft men keus uit twee soorten: Maco en Naco. Maco zijn de namaak louvreframes. Vaak is dit ook goed te merken omdat het na een tijd niet naar behoren werkt. Naco is de officiële fabrikant van de louvreframes.

Voor het ontwerp is gekozen om louvreframes toe te passen. Deze kozijnen worden bijna overal toegepast. Het voordeel ten opzichte van de Chinese kozijnen is dat men het gehele oppervlak kan benutten om te ventileren. Wanneer men een schuifraam zou toepassen is er altijd een gedeelte wat afgesloten wordt en waar niet geventileerd kan worden. Met het ontwerp is er rekening gehouden dat de ramen tegenover elkaar geplaatst zijn en dat de afstand zo kort mogelijk is.

De keus voor de ramen is daarom gevallen op de Standard 152 mm Glass Louvres. De glazen louvres bestaan uit glazen panelen van circa 5 mm dik en worden in de aluminium profielen geschoven. De ramen zijn te bedienen door een hendel die aan de linkerkant van het kozijn te vinden is. Hiermee kan de opening zelf bepaald worden.

In het ontwerp is er gekozen om veel louvreramen toe te passen zodat er voldoende geventileerd wordt. Op afbeelding 53 is te zien hoe dit er in het ontwerp uitziet.



Afb. 53: Kozijnen eigen ontwerp *(Eigen foto)*

Voor de deuren heeft men de keus uit een houten of stalen deur. In het ontwerp is gekozen voor een stalen deur. Deze deur wordt niet aangetast door houtworm en heeft een langere levensduur. Voor een langere levensduur is het van belang dat de deur goed geschilderd wordt zodat deze niet aangetast wordt door roest.

6.8 Constructie

De grootste uitdaging voor het uitvoeren van de constructie is het zo simpel mogelijk houden. Door het toepassen van een simpele constructie kunnen er zo min mogelijk complicaties optreden. Ook is het erg belangrijk de kwaliteit van de constructie te waarborgen. Omdat de Ghanese bevolking over weinig bouwkundige kennis beschikt moet zo eenvoudig mogelijk worden gebouwd. In de onderstaande opsomming worden de constructieve onderdelen van het schoolgebouw benoemd, en wordt onderbouwd waarom er tijdens het ontwerp bepaalde keuzes zijn gemaakt.

Kolommen

In Ghana kan er op een eenvoudige manier beton worden geproduceerd. Door de juiste verhouding van zand, cement en gravel aan te houden krijgt men beton van de juiste kwaliteit. De kolommen worden bij het schoolgebouw in het werk gestort. Er is gekozen voor in het werk gestorte kolommen omdat dit de meest eenvoudige bouwmethode is. Door middel van hout wordt er een bekisting gemaakt zoals in afbeelding 54 is weergegeven. Vooraf aan het maken van de bekisting wordt de wapening voor de kolom aangebracht. Nadat de bekisting om de wapening is aangebracht wordt het beton gestort.

Afb. 54: Bekisting kolom + wapening kolom (*Foto Stichting Bouwen)*

Er wordt wapening in de kolom aangebracht om de stabiliteit en de kwaliteit van de kolommen te waarborgen. De kolommen worden door middel van wapening bevestigd met de fundering; dit is in afbeelding 54 te zien. De wapeningsstaven worden aan de onderkant van de kolom omgebogen zodat de krachten vanuit de kolom in de funderingsstrook weg kunnen. Naar aanleiding van de constructieve berekening is er naar voren gekomen dat er geen poer onder de kolom toegepast hoeft te worden. Stichting Bouwen werkte altijd met een poer onder de kolom voor extra zekerheid van de constructie. Deze poer is voor de constructie overbodig en is in het schoolgebouw weggelaten, dit scheelt beton en wapening en is dus goedkoper.

Balken

In het schoolgebouw komt over de gehele lengte een balk op de kolommen te liggen. De balk wordt in het schoolgebouw volledig doorgetrokken om de stabiliteit van het schoolgebouw te waarborgen. Zonder betonnen balk zijn de wanden en kolommen allemaal losse elementen en vormt het gebouw niet één geheel. Dit heeft veel invloed op de stabiliteit van het gebouw. De betonbalk wordt net zoals de kolommen in het werk gestort, dit door middel van het plaatsen van een bekisting. Tijdens de ontwerpfase is er goed nagedacht of er een dilatatie moet worden toegepast. De wanden en kolommen zijn op zichzelf allemaal losstaande elementen. De betonbalk is het enige element welke volledig word doorgetrokken en waarbij geen dilatatie wordt toegepast. Omdat de betonbalk niet in één keer wordt gestort ontstaan er op zichzelf al aansluitingen die een lichte zakking van het gebouw kunnen opvangen. Hieruit blijkt dat het toepassen van dilatatievoegen voor de betonbalk niet nodig is.

Spanten

De spanten van het schoolgebouw worden uitgevoerd in staal, dit omdat staal niet kan gaan rotten en in vergelijking met hout een stuk langer mee gaat. De consequentie voor het toepassen van staal is wel dat er erosie kan optreden in het spant en dat er op die plaatsen roestvorming kan optreden. Daarom is ervoor gekozen twee hoekprofielen aan elkaar te lassen tot één kokerprofiel zoals op afbeelding 55 is weergegeven.

Afb. 55: Aan elkaar lassen van twee hoekprofielen (*Foto uitvoeringsplan)*

Op deze manier kunnen beide hoekprofielen voor het lassen goed behandeld worden met primer. Het behandelen met primer gaat roesten aan de binnenkant van het profiel op lange termijn tegen. Bij het toepassen van een kokerprofiel kan de binnenkant van het profiel niet behandeld worden. Hier zal na enige aanraking met water aan de binnenkant van het profiel erosie optreden. De kokerprofielen van het hoofdframe dienen aan de uiteinden afgesloten te worden met een kopplaat, deze zorgt ervoor dat er geen water in het kokerprofiel kan komen. In het uitvoeringsplan is stap voor stap omschreven hoe het spant in elkaar moet worden gezet. Ook is er in de praktijk onderzocht of het uitvoeringsplan voldoet aan de gestelde eisen. Door het spant uit te voeren in hout zijn de maatvoering en de stappen gecontroleerd. In Ghana wordt het spant gelast door een bekwame lasser en zullen de veiligheidsvoorschriften op de juiste manier worden nageleefd.

De constructieve berekeningen van het spant zijn terug te vinden in bijlage N: *Constructieve berekeningen.*

Wapening

Uit de constructieve berekeningen is gebleken dat het toepassen van wapening, in de kolommen, balken en fundering, niet nodig is. Echter is het toepassen van wapening voor de stabiliteit ervan wel noodzakelijk. Over de kwaliteit van het beton is er veel onzekerheid. Dit betekent dat een constructieve berekening hier in Nederland wel zal voldoen aan de gestelde eisen, maar in Ghana zet men daar vraagtekens bij. Om de kwaliteit van de kolommen, balken en de fundering te waarborgen wordt er wapening toegepast. Stichting Bouwen past wapening toe ter versteviging en voor de stabiliteit van de constructie. Er is bij het schoolgebouw gekozen om dezelfde wapening toe te passen die Stichting Bouwen voor gebouwen toepast. Dit omdat Stichting Bouwen ervaring heeft met de betonkwaliteit en hier goed is onderzocht welke wapening er voor de kwaliteit van de constructie moet worden toegepast. Omdat naar aanleiding van de constructieve berekeningen alles voldeed zonder wapening kon dit niet onderbouwd worden met een berekening. Voor de details met wapenening zie bijlage M: *Bouwkundige tekeningen*

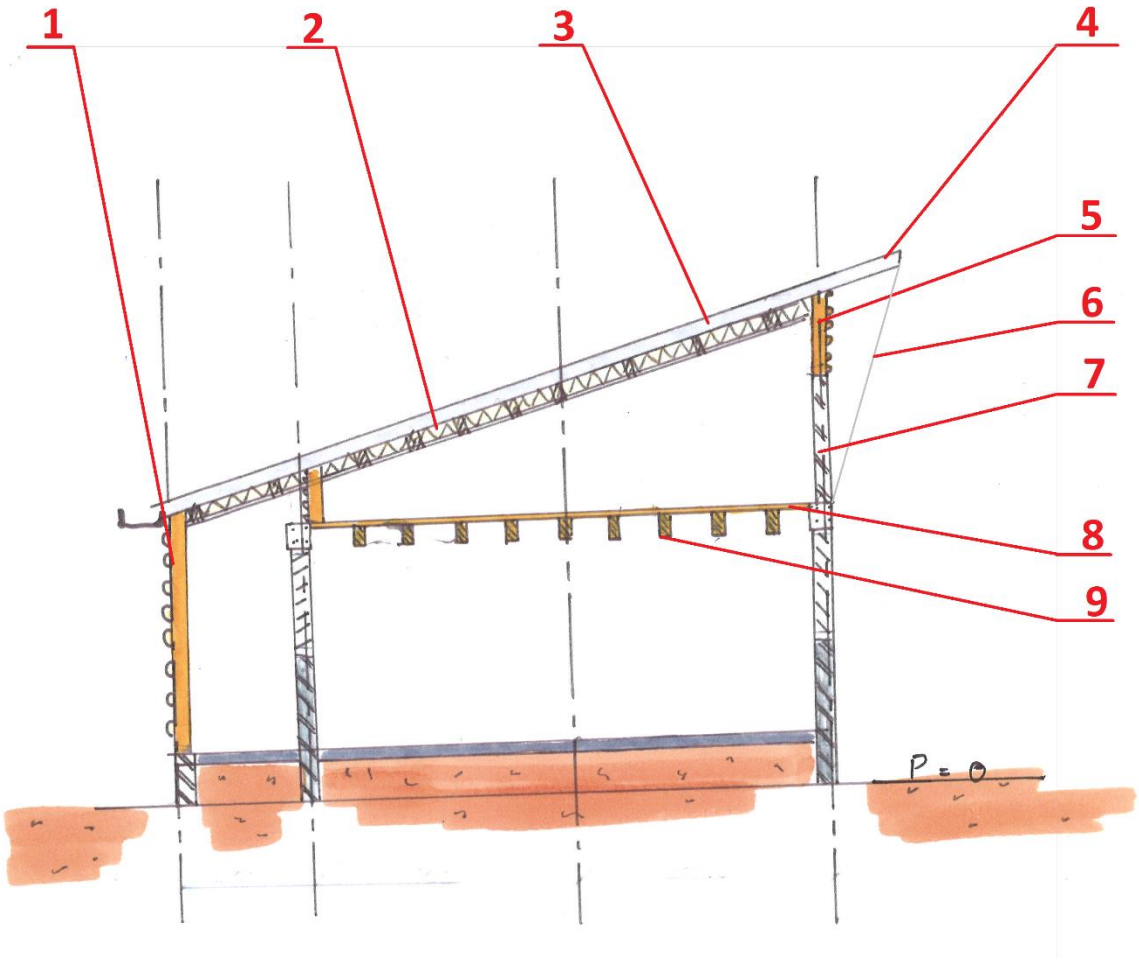
6.9 Dak

Voor het dak is er gekozen voor een lessenaarsdak. Het lessenaarsdak kan gebruikt worden om hemelwater op te vangen en bij een juiste oriëntatie voorzien worden van zonnepanelen. Om van voorontwerp naar definitief ontwerp te gaan zijn er veel discussiepunten geweest ten aanzien van het dak.

1. Dienen de kolommen aan de voorgevel dragend te zijn om het spant te ondersteunen, of is het spant stijf genoeg om dit zonder ondersteuning te doen?
    - *De kolommen aan de voorgevel zijn niet dragend uitgevoerd. Er zijn twee steunpunten aangehouden voor het spant en dat zijn de steunpunten van de kolommen van het schoolgebouw zelf. Bij het uitvoeren van drie steunpunten voor het spant gaat het spant zich de verkeerde richting op verplaatsen.*
2. Op welke manier dient het dak geïsoleerd te worden om geluidsoverlast in regenperiodes zo minimaal mogelijk te houden?
    - *De ideale oplossing voor de geluidsoverlast in de regenperiodes is het toepassen van sandwichpanelen, dit is echter een oplossing die vrij prijzig is. Tevens zijn deze panelen in Ghana lastig te krijgen. Daarom is er bij het schoolgebouw gekozen voor het toepassen van houten platen onder het dak, dit ligt tussen de gordingen en het plaatmateriaal. Dit kan echter alleen worden toegepast als er geen gebruikt wordt gemaakt van een golfplaten dak. De onderkant van het dak moet zo goed als recht zijn zodat het dak op de houten plaat kan liggen, dit is het geval bij een trapezium dak zoals toegepast in het schoolgebouw.*
3. Wat is de ideale dakhelling in relatie tot de hoogte van de achtergevel en de helling van de zonnepanelen?
    - *De ideale dakhelling voor het toepassen van de zonnepanelen is 10 graden.*
4. Is dit overstek aan de achtergevel nodig, omdat deze zijde op het noorden is georiënteerd.
    - *Het overstek aan de achterkant van het schoolgebouw is in het definitieve ontwerp buiten beschouwing gelaten. Het toepassen van een overstek leverde erg veel problemen op, het overstek kon niet worden ondersteund door het spant. Omdat de achterkant van het schoolgebouw op het noorden georiënteerd is, is het toepassen van een overstek niet nodig.*
5. Het rooster in de achtergevel dient dusdanig uitgevoerd te worden dat deze vrijwel geen regenwater door kan laten.
    - *Het rooster in de achtergevel wordt uitgevoerd met houten platen die over elkaar heen worden gelegd. Doordat de platen over elkaar heen liggen kan het geen regenwater door laten.*
6. Dient het spant uit te steken om het overstek te ondersteunen? Zie punt 4
    - *In het definitieve ontwerp is het overstek buiten beschouwing gehouden, waardoor het ondersteunen van het overstek niet meer van belang is.*
7. Hoe wordt de wand op de randbalk in de achtergevel stabiel gemaakt?
    - *De wand op de randbalk in de achtergevel wordt stabiel gemaakt door middel van halve zandcementblokken achter de wand te plaatsen. Door in een rij met zandcementblokken af en toe één steen andersom erin te metselen wordt de stabiliteit van de wand gewaarborgd.*
8. Het plafond komt onder de balken in plaats van er boven op.
    - *Rekening houdend met de uitvoering is het praktischer na het plaatsen van de balken het plafond eronder te plaatsen.*

9. De balken overspannen over de andere richting.
    - *De balken worden op de betonbalk gelegd en overspannen over een andere richting.*

Alle discussiepunten zijn met nummering in afbeelding 56 weergegeven.



Afb. 56: Doorsnede dak (*Eigen foto)*

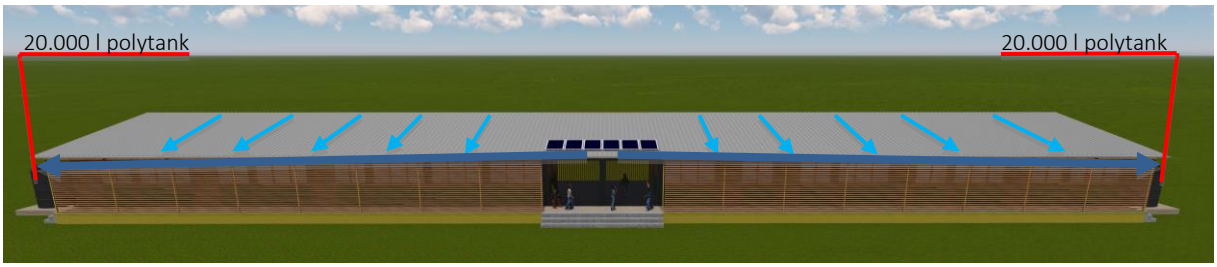
6.10 Zelfvoorziening

Eerder in deze verslaglegging is al aangegeven hoe waardevol de zelfvoorziening van een schoolgebouw kan zijn. Deze zelfvoorziening houdt in dat de school zichzelf kan voorzien van water en elektriciteit.

In bijlage F: *Studie energieopwekking* is uitgerekend hoeveel zonnepanelen er benodigd zijn om verschillende opties van stroomverbruik van voldoende vermogen te voorzien. Het ontworpen schoolgebouw kan met behulp van 6 tot 8 zonnepanelen voorzien worden van stroom. Dit zou voldoende moeten zijn om de verlichting, de fans en overige elektrische apparatuur van een constante stroomtoevoer te voorzien. Bij deze aanbeveling wordt er een marge van 2 panelen genomen, omdat niet met 100% zekerheid gezegd kan worden welke en hoeveel overige elektrische apparatuur de eindgebruiker wenst te gebruiken. Hier dient bij realisatie extra aandacht aan besteed te worden. Tevens dient er gebruik gemaakt te worden van een accu waar het vermogen wordt opgeslagen. Op deze manier is de stroomtoevoer minder afhankelijk van externe factoren, zoals weersomstandigheden.

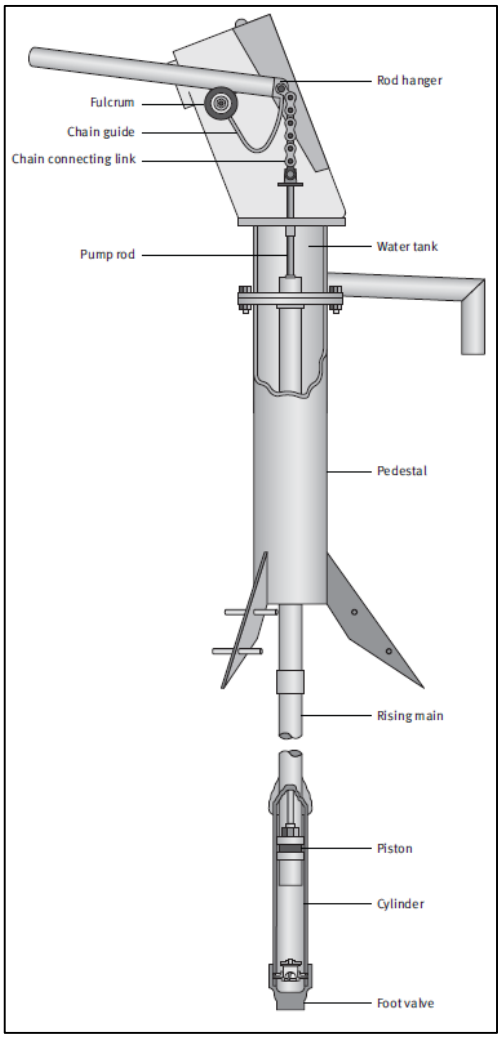
Afb. 57: Toepassing zonnepanelen op het schoolgebouw *(Eigen foto)*

Voor de watervoorziening van de school is er gekozen voor twee opties: hemelwateropvang en een waterpomp. Beide opties staan nader toegelicht in bijlage HI: *Studie wateropvang*. De hemelwateropvang is een keuze die voor de hand ligt. Door de langwerpige vorm van het schoolgebouw ontstaat er een relatief groot dakoppervlak waar het hemelwater kan worden opgevangen. Dit water zal worden gefilterd door middel van een first flush filter. Vervolgens wordt het water opgevangen in grote polytanks van 20.000 l aan beide zijgevels van het gebouw. Dit water kan bijvoorbeeld gebruikt worden om toiletten en wasbakken mee door te spoelen, maar tevens voor andere hygiënische doeleinden. Volgens de berekeningen wordt er in de piek van het regenseizoen meer dan 40.000 l per maand water opgevangen. Met zo'n grote hoeveelheid water kan naast de school ook nabij gelegen gemeenschappen of dorpen van schoon water worden voorzien.



Afb. 58: Toepassing hemelwateropvang *(Eigen foto)*

Dit hemelwateropvangsysteem geeft echter geen garantie op schoon drinkwater. Ondanks het first flush filter bestaat er nog de kans dat er bacteriën in de opslagtanks terecht kunnen komen. Voor schoon drinkwater kan er beter gebruik worden gemaakt van een handpomp. Zoals omschreven in bijlage HI: *Studie waterbehoefte* zijn er meerdere type handpompen waar uit gekozen kan worden. De keuze voor een bepaald type handpomp is voornamelijk afhankelijk van de diepte van het grondwater. Uit het veldwerk is naar voren gekomen dat het grondwater ongeveer op een diepte van 17 m zit. Als dit het geval is dan zou er gebruik gemaakt kunnen worden van een gemiddelde diepte handpomp, welke tot een diepte van 25 m werkzaam is. Echter is er uit het veldwerk ook naar voren gekomen dat wanneer een pomp op deze diepte geplaatst wordt, er niet voldoende water naar boven gepompt kan worden. Ervaring wijst uit dat een dusdanige pomp vaak niet een constante bron van schoon drinkwater blijkt te zijn. Om deze reden wordt het aangeraden om de pomp tot een diepte van 40 tot 50 m te slaan. In deze situatie kan er beter gekozen worden voor een hoge diepte handpomp, zoals weergegeven in afbeelding 59. Belangrijk is dat deze pomp geleverd wordt door een Ghanese leverancier. Op deze manier kan er gegarandeerd worden dat er bij mankementen vervangende onderdelen geregeld worden. Daarnaast wordt het aangeraden om binnen de gemeenschap één iemand aan te stellen die het onderhoud van de pomp op zich neemt. Bij het schoolgebouw zou de conciërge hier de ideale persoon voor zijn.



Afb. 59: Schematische weergave hoge diepte handpomp *(Wateraid, 2013)*

7. Conclusie

Gedurende dit onderzoek zijn de deelvragen gebruikt om een beeld te vormen over de bouwmogelijkheden in het zuiden van Ghana. Hier zijn een aantal belangrijke conclusies uit naar voren gekomen. Deze zijn hieronder omschreven.

Door onderzoek te doen naar de beschikbare materialen is in kaart gebracht wat de meest gebruikte materialen zijn en hoe deze het beste verwerkt kunnen worden. De keuze voor de juiste materialen zijn van belang om een onderhoudsarm en weersbestendig gebouw te ontwerpen. Verder is er gekeken naar mogelijkheden om het schoolgebouw volledig zelfvoorzienend te maken. Deze gemaakte keuzes zijn gebaseerd op kennis die is opgedaan uit theorie en tijdens het veldwerk. Uit het veldwerk is ook naar voren gekomen dat de kwaliteit op de bouwplaats nog wel eens te wensen over laat. De dorpelingen die verantwoordelijk zijn voor de daadwerkelijke uitvoering hebben, zoals eerder omschreven, vrijwel geen bouwtechnische kennis en ervaring. Om toch de beoogde kwaliteit uit het ontwerpproces te kunnen waarborgen dienen de dorpelingen stap voor stap begeleidt te worden tijdens de bouw. Hier zijn simpelweg niet voldoende vaklieden met de juiste kennis en ervaring voor beschikbaar. Om deze reden is er besloten om een hulpmiddel te ontwikkelen welke door de dorpelingen gebruikt kan worden gedurende het bouwproces, namelijk het uitvoeringsplan

Het uitvoeringsplan is gebaseerd op reeds bestaande montagehandleidingen van onder andere Ikea en Lego. In deze handleidingen wordt er stap voor stap uitgelegd hoe een ‘bouwwerk’ gerealiseerd kan worden. Ditzelfde wordt bereikt met het ontwikkelde uitvoeringsplan. Doordat het schoolgebouw opgebouwd is uit meerdere herhalende elementen, kan er voor elk element een apart uitvoeringsplan gemaakt worden. Tijdens de ontwikkeling van deze methode zijn er enkele van deze elementen uitgekozen om uit te werken in uitvoeringsplannen. Uit deze verschillende uitvoeringsplannen is een drietal elementen gekozen welke zijn onderworpen aan een theoretische en praktische keuring. Aan de hand van deze keuring is een definitieve methodiek van het uitvoeringsplan samengesteld. Zie hiervoor het verslag over het uitvoeringsplan.

Om een zelfvoorzienende en weersbestendige school te bouwen in het zuiden van Ghana zijn er dus twee aspecten van belang. De eerste is een goed onderbouwd ontwerp, waar onderzoek is gedaan naar de te gebruiken bouwmethodieken en materialen. De tweede is een hulpmiddel om de dorpelingen tijdens de bouw te ondersteunen om in deze fase de kwaliteit te kunnen waarborgen. Dit hulpmiddel heeft zich gedurende dit onderzoek gevormd tot het uiteindelijke uitvoeringsplan.

8. Aanbevelingen

Tijdens de uitwerking van het schoolconcept zijn er diverse knelpunten aan het licht gekomen. Het was niet mogelijk om al deze knelpunten evenveel aandacht te schenken. Daarom wordt er in de aanbevelingen de gelegenheid genomen om deze punten toe te lichten. Bij daadwerkelijke uitvoering van het project kan het baat hebben om hier meer onderzoek te verrichten

1. *Waterkerende fundering*

   Wanneer er meer tijd beschikbaar zou zijn geweest hadden we graag meer onderzoek gedaan naar het waterkerend maken van de fundering. Wij hebben een aanname gedaan dat twee lagen folie voldoende zijn om vocht te weren in de constructie. Echter is dit niet onderbouwd met informatie uit de praktijk. Graag hadden we meer praktijkonderzoek verricht of er nog andere mogelijkheden beschikbaar zijn voor dit probleem.

2. *Vormgeving dak*

   In de ontwerpfase is de keuze gemaakt voor een lessenaarsdak, omdat dit de meest eenvoudige manier is om ventilatie te creëren onder het dakoppervlak. Daarnaast is er rekening gehouden met het grote oppervlakte van het dak voor de hemelwateropvang en de oriëntatie van de zonnepanelen. In de uitwerking bleek dat er met een zadeldak een overstek gerealiseerd kon worden wat ten gunste komt aan de bescherming van de gevel. Tevens kan er voor de zonnepanelen en hemelwateropvang evengoed een zadeldak gekozen worden. Mocht er gekozen worden voor een zadeldak dient rekening gehouden te worden met de natuurlijke ventilatie door het dak, oftewel nokventilatie. Dit moet echter nog wel verder onderzocht worden in de praktijk.

3. *Geluidsisolatie dak*

   Regenval op de dakplaten kan voor aanzienlijk veel geluidsoverlast zorgen. Dit is lastig op te lossen zonder geluidswerende isolatiematerialen. Een andere optie is om houten plaatmateriaal tussen de gordingen en dakplaten te bevestigen. De bronnen uit de literatuur hebben hier echter verschillende meningen over. Bij verdere uitwerking van het onderzoek kan het waardevol zijn om dit te onderzoeken door middel van een proefopstelling. Hierbij kan gekeken worden naar het verschil tussen trapezium- en golfplaten, het materiaal van de dakplaten en de dikte van het houten plaatmateriaal.

4. *Kwaliteit van het hemelwater*

   Het opgevangen hemelwater kan vanuit de opslagtank gebruikt worden voor hygiënische en agrarische doeleinden. Voor consumptie van dit water dienen echter extra maatregelen getroffen te worden. Zo worden er meer eisen gesteld aan de opslag van het water en dient het water grondig gefilterd te worden. Bij verdere uitwerking van dit onderzoek kan onderzocht worden wat deze maatregelen precies inhouden en hoe deze praktisch toegepast kunnen worden.

5. *Praktijkkennis uitvoeringsplan*

   Gedurende de ontwikkeling van het uitvoeringsplan werd steeds de afweging gemaakt wat wel en niet te maken is in Ghana. Hierbij is het van belang om te weten welk materieel en materiaal beschikbaar is. Bij verdere ontwikkeling van het uitvoeringsplan kan het bevorderend zijn om dit te doen met een ervaringsdeskundige ter plaatse. Op deze manier kan worden vastgesteld wat de correcte manier van bouwen kan zijn.

9. Bronnenlijst

- Chielens, M. (2013). *Jaarverslag*. Geraadpleegd op 2 februari 2015, van http://jaarverslag.edukans.nl/inhoudsopgave/2-ons-werk-in-ontwikkelingslanden/2-3-ghana/
- Global Energy Network Institute. (2014.) *Sustainable Energy Solutions for Rural Areas and Application for Groundwater Extraction.* Geraadpleegd op 11 mei 2015, van http://www.geni.org/globalenergy/research/sustainable-energy-solutions-for-rural-areas-and-application-for-groundwater-extraction/Sustainable-Energy-for-Rural-Areas-and-Groundwater-Extraction-D.Fong.pdf
- Klimaatinfo. (z.d.) *Het klimaat van Ghana*, Geraadpleegd op 2 februari 2015, van http://www.klimaatinfo.nl/ghana/
- Stichting Bouwen. *Work Method and Technical Specifications.* Geraadpleegd op 12 mei 2015.
- Ullrich Aluminium Company. (z.d.) *Louvres and window fittings.* Geraadpleegd 12 mei 2015 van http://www.ullrich.co.nz/louvrewindows.php
- United Nations. (2014). *The Millennium Development Goals Report*, Gedownload op 2 februari 2015, van http://www.cy.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/mdg/the-millennium-development-goals-report-2014.html
- Verhoeven, N. (2007). *Wat is onderzoek: Praktijkboek methoden en technieken voor het hoger onderwijs.* Amsterdam: Boom onderwijs.
- Wateraid. (2013). *Handpumps.* Geraadpleegd op 5 mei 2015, van http://www.wateraid.org/what-we-do/our-approach/delivering-services

10. Bijlagelijst

A. Marktonderzoek

B. Vooronderzoek

C. Veldwerk

D. Interview Barbara Schroijen-Bax

E. Observatielijsten

F. Studie energieopwekking

G. Studie ventilatiemogelijkheden

HI. Studie wateropvang

JK. Kwaliteitswaarborging

L. Programma van Eisen

M. Bouwkundige tekeningen

N. Constructieve berekeningen

O. Technische omschrijving

PQ. Bouwplaatsinrichting

R. Begroting

S. Brandveiligheid

T. Adviesrapport onderhoud

UV. Literatuurstudies