

Elektrische installaties - vuistregels

Kennisbank Bouwfysica

Auteur: dr.ir. Peter van den Engel

1 Elektriciteit algemeen

Elektriciteit is een vorm van energie met als voordeel dat het milieu ter plaatse van het gebruik niet wordt verontreinigd. Dat wil niet zeggen dat het per definitie schone energie is, aangezien elektriciteit moet worden opgewekt. Dit gebeurt voor een deel in een beperkt aantal, zo gunstig mogelijk gelegen elektriciteitscentrales, waar een redelijk rendement gehaald kan worden. Het aandeel duurzame energie neemt van jaar tot jaar toe. Zonnepanelen en windturbines kunnen inmiddels af en toe zelfs de volledige energievraag voor elektriciteit dekken. Daarnaast wordt er duurzame energie uit het buitenland geïmporteerd zoals vanuit waterkracht uit Scandinavië. Omdat dit via stuwmeren wordt opgewekt is deze hoeveelheid nauwkeurig regelbaar.

In Nederland wordt in de meeste centrales aardgas, poederkool (gemalen steenkool), vernevelde olie of biomassa verbrand. Door de vuurhaard van de ketels waarin de verbranding plaats vindt loopt een pijpenstelsel, waarin zich water bevindt. Door de verhitting van het water ontstaat stoom onder een hoge druk (130 bar). Deze stoom wordt via hoge drukleidingen naar een turbine gevoerd. In de turbine stoot de stoom tegen de schoepen van een aantal achter elkaar geplaatste schoepenraden die daardoor gaan draaien. Ieder schoepenrad vormt, samen met de vaste geleidschoepen in het turbinehuis, een druktrap. Bij ieder schoepenrad expandeert de stoom verder en neemt de druk af. De schoepenraden zijn op een as gemonteerd waaraan een draaistroomgenerator is gekoppeld. Deze generator wekt een spanning op van 10.000 volt. Na expansie in de turbine gaat de stoom naar een condensor, waar koelwater de restwarmte aan de stoom ontrekt waardoor weer water ontstaat dat opnieuw naar de ketel wordt gevoerd. Bij dit elektriciteitsopwekkingsproces werd tot voor kort een elektrisch rendement gehaald van ongeveer 38%. Bij het transport ging in het verleden ongeveer 6% verloren, zodat uiteindelijk een effectief rendement (van opwekking t/m gebruiker) van zo'n 32% werd gehaald. Door verbetering van het opwekkingsrendement van de centrales werd later een effectief rendement van 39% gehaald, zoals in EPN-berekeningen aangehouden. De verwachting is dat dit binnenkort stijgt naar 69 % vooral vanwege de integratie met duurzame energie. De centrales worden steeds meer gebruikt om dalen in de duurzame energielevering te compenseren, waarbij gasgestookte centrales het meest flexibel zijn en kolencentrales worden uitgefaseerd. Doordat de energiecentrales - bij een gunstige locatie - hun koelwater zo veel mogelijk verstrekken aan een stadsverwarmingsnet is hun totaalrendement meestal hoger.

Een alternatief voor via centrales opgewekte elektriciteit is warmtekrachtkoppeling. Hiermee kan lokaal zowel warmte- als elektriciteit worden opgewekt, zoals in de tuinbouw, bij ziekenhuizen en veel andere gebouwen of wijkverwarmingsnetten het geval is. In het wijkverwarmingsnet van de TU-Delft is bij voorbeeld ook warmtekrachtkoppeling opgenomen. Binnen afzienbare tijd wordt dit net gekoppeld aan geothermie met een temperatuur van 70 °C.

Momenteel wordt in Nederland ongeveer 4 % van de elektrische energie opgewekt in kerncentrales (9). Verder neemt het gebruik van wind- en zonne-energie en energie uit biomassa toe. Het totale elektriciteitsgebruik in Nederland neemt ongeveer met 1,4% per jaar toe. Het streven van de overheid is evenwel om door efficiency verbetering dit effect te neutraliseren. In Nederland kwam in 2019 8,7 % van alle energie uit duurzame bronnen. Dit is inclusief hernieuwbare energie zoals opwekking via biobrandstoffen. In 2030 moet dit minimaal 27 % zijn. In de nabije toekomst zal naast opwekking van elektriciteit met gas ook opwekking met groene waterstof een steeds grotere rol gaan spelen. In 2050 moet de energievoorziening bijna helemaal duurzaam zijn (10).

Met de elektriciteitscentrales in Nederland (11) wordt zo veel geproduceerd dat er op jaarbasis een overschot is (12). De centrales zijn onderling gekoppeld, door middel van het zogenaamde koppelnet. Dit net is, o.a. voor de import, weer gekoppeld aan het net van België en Duitsland en Scandinavië. Dit koppelnet zorgt ervoor dat bij uitvallen van een centrale één, of meerdere, andere centrale(s) aan de vraag kunnen voldoen, desnoods centrales in het buitenland. Ook kan er op deze manier meer duurzame energie worden in- en uitgevoerd. Hierdoor is het niet meer nodig in een centrale veel reservecapaciteit in te bouwen. De Samenwerkende Elektriciteits Productiebedrijven (SEP) beheerde tot 2000 het net (13) en zorgde voor verrekening van geleverde elektriciteit. Na de op de Europese Elektriciteitsrichtlijn gebaseerde liberalisering, neergelegd in de Elektriciteitswet uit 1998, is de publieke rol van distributie en planning van centrales door TenneT en de productie van elektriciteit door diverse marktpartijen overgenomen.

2 Elektriciteitstransport

In de elektriciteitscentrale levert de generator een spanning van 10 kV (kilovolt). In 'step-up' transformatoren wordt de spanning opgevoerd naar 110, 150, 220 of 380 kV. In het koppelnet, welke door heel Nederland loopt en ook met de buurlanden verbonden is, wordt 220 of 380 kV gebruikt (zie www.tennet.nl).

In onderstations wordt de spanning naar 110 tot 150 kV getransformeerd. Dit wordt hoogspanning genoemd. De hoogte van de spanning hangt af van de te overbruggen afstand. Hoe groter de afstand, hoe hoger de spanning. Daarom wordt in de provinciale netten met hogere spanningen gewerkt dan in de stadsnetten. Buiten de steden wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van hoogspanningsmasten. Door weerstand in de draden ontstaat warmte. Bij leidingen in de lucht wordt deze warmte eenvoudig aan de lucht afgestaan. Bij hoogspanningsleidingen in de grond levert de warmte al snel problemen op. Voor luchtleidingen is wel veel ruimte nodig.

De spanning in de leidingen is te hoog voor de gebruikers. Daarom wordt per voorzieningsgebied de spanning omlaag getransformeerd naar 50, 25 of 10 kV. Dit gebeurt in een hoogspanningsstation. Het traject tussen 1 en 25 kV wordt doorgaans middenspanning genoemd.

Vanuit het hoogspanningsstation wordt de elektriciteit via een distributienet verder getransporteerd naar transformatorhuisjes die per dorp, wijk of gedeelte daarvan de spanning op 230/400 volt brengen. Dit is de 'netspanning'. Dit laagspanningsnet is driefasig, wat wil zeggen dat er drie draden in de leiding zitten die elk 230 V leveren. Verder zit er een nulleider en een aardendraad in de leiding. Grote bedrijven of kantoren hebben vaak een eigen aansluiting op het distributienet, en hebben dan ook één of meer eigen transformatoren nodig.

Het distributienet wordt ondergronds uitgevoerd, evenals de woningaansluitingen. Voor het distributienet (10 – 50 kV) is een gronddekking van 900 mm voorgeschreven. Voor het lokale laagspanningsnet (netspanning) wordt een gronddekking van 600 mm aangehouden. Alleen gepantserde papierloodkabels komen in aanmerking om direct in de grond te worden gelegd. Andere kabelsoorten worden in goten, kokers, buizen of iets dergelijks gelegd.

3 Woninginstallaties

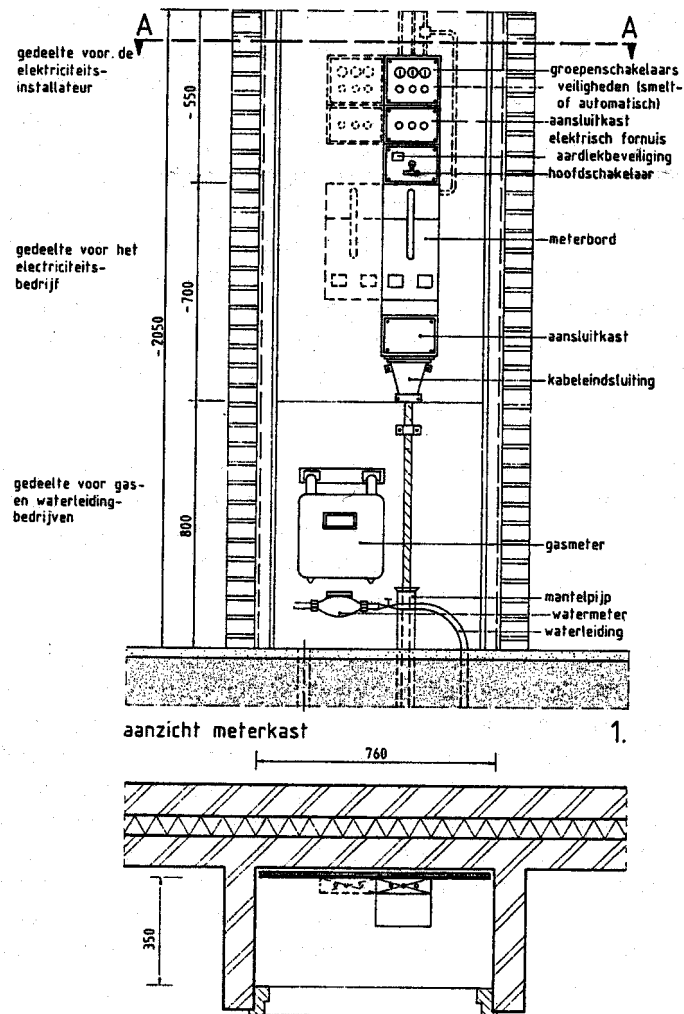
3.1 Algemeen

Afhankelijk van de omvang van de woninginstallatie wordt aangesloten op één van fasenleiders en de nulleider of op de drie fasen en de nulleider. In woonwijken, waar meestal enkelfasige aansluitingen voorkomen, worden de huizen in volgorde aangesloten op achtereenvolgende fasen. Dit om de belasting ongeveer gelijk te verdelen over de fasen. Meestal wordt een woninginstallatie enkelfasig aangesloten als het vermogen niet boven de 8 kW komt. Bevindt zich in de woning een elektrisch apparaat met een vermogen van meer dan 3,5 kW, bijvoorbeeld voor een warmtepomp, dan wordt de aansluiting vaak driefasig uitgevoerd. Normaliter worden grote vermogens zoals voor een elektrisch fornuis of inductiekookplaat over twee of meer groepen verdeeld.

3.2 Meterkast

De aansluitkabel van woningen is meestal een grondpapierloodkabel, welke via een mantelbuis tot in de meterkast wordt gevoerd. De mantelbuis mag in sommige gevallen alleen ter plaatse van de fundering en de vloer worden aangebracht. De leiding komt op 500 mm onder het maaiveld binnen.

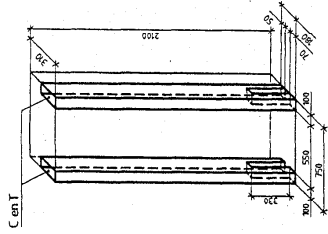
De elektriciteitsmeter zit in de meterkast. Deze moet zo dicht mogelijk bij de voordeur zitten (maximaal 3 meter vanaf de deur) en mag zich niet in een natte ruimte bevinden. De meterkast heeft vaste afmetingen (350 x 750 x 2.200 mm) en herbergt naast de elektriciteitsmeter doorgaans ook de watermeter en eventueel de gas- en stadsverwarmingmeter. De plaats, afmeting en indeling van de meterkast is vastgelegd in NEN 2768. De aansluiting van de woninginstallatie op het elektriciteitsnet vindt dus in de meterkast plaats. De elektriciteitsmeter zit na deze aansluiting en wordt gevolgd door de hoofdschakelaar en de aardlekbeveiliging. Als laatste zit in de meterkast een groepenkast met groepenschakelaars en -zekeringen (schakelautomaten of stoppen) en eventueel een kast voor de aansluiting van bijvoorbeeld een elektrisch fornuis of warmtepomp. Zie figuur 1.



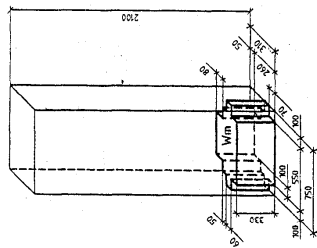
figuur 1 inrichting van een meterkast

De levering van gas, water, elektra, hoe langer hoe meer warmtelevering en CAI (telematica) vragen om een duidelijke ordening. Dit is geregeld in het Bouwbesluit, in de leveringsvoorwaarden van de nutsbedrijven en in de NEN 2768. In bijlage A van deze norm wordt de indeling van de meterkast nader toegelicht, zie figuur 2, A.1 t/m A.7.

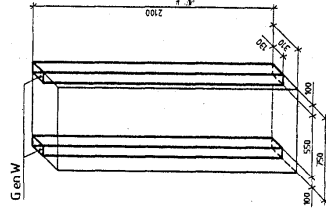
maten in mm



Figuur A.7: Ruimte voor stijpleidingen



Figuur A.5: Ruimte voor watermeting

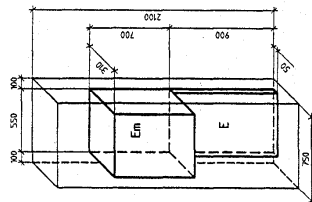


Figuur A.6: Ruimte voor centrale antenne-inrichting en telecommunicatie

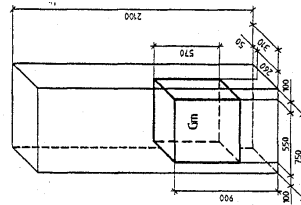
Afmetingen en indeling van de meterkast

In de figuren A.1 t.m. A.7 zijn de afmetingen en indeling van de meterkast voor de nutsvoorzieningen aangegeven. Hierbij is van de minimaalafmetingen volgens 5.1 en 5.2 uitgegaan.

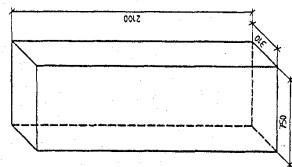
maten in mm



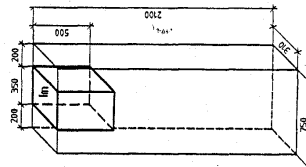
Figuur A.3: Ruimte voor elektrische ontsluitingen, ophangbeugels voor gas- en watermeter en elektrische apparatuur



Figuur A.4: Ruimte voor gas- of warmtemeting



Figuur A.1: Totale binnerruimte meterkast



Figuur A.2: Ruimte voor installatiedelingen

figuur 2 nadere specificatie van de indeling van de meterkast volgens de NEN 2768

3.3 Vermogens en efficiëntie

In een gezinshuishouden worden veel elektrische apparaten gebruikt, bijna iedereen heeft een koelkast, stofzuiger, audio-apparatuur en televisie. Per huishouden zijn meestal nog een behoorlijk aantal andere elektrische apparaten aanwezig. Computers en printers krijgen een steeds grotere penetratiegraad, denk ook aan telewerken, teleshopping of bijvoorbeeld playstations. Het is daarom verstandig de elektrische installatie van woningen niet te krap te dimensioneren. De elektrische apparaten, machines en toestellen hebben een rendement van 90% tot wel 98% en hebben verder nog vele voordelen, zoals verplaatsbaarheid, bedieningsgemak, weinig onderhoud enzovoort.

Er zijn minimum eisen voor woninginstallaties vastgelegd, maar voor het moderne huishoudens zijn deze doorgaans niet toereikend. In tabel 1 wordt van de benodigde vermogens een overzicht gegeven:

tabel 1 vermogen van diverse elektrische apparaten	
Toestel	Vermogen (Watt)
accumulerende kachel	2.000 – 10.000
boiler	1.000 – 2.500
cassettespeler	100
centrifuge	300
cd speler	50
computer	100
droogtrommel	1.000 – 2.000
elektrische deken	100
elektrische dhz gereedschappen	500 – 1.000
elektronisch orgel	400
elektrisch fornuis	6.000 – 10.000
geluidsversterker	100 - 200
haardroger	700
LED lamp-uplight	50
hoogtezon	500
klok	10
koelkast 120 liter	300
koffiezetapparaat	1.000
kopieerapparaat	1.500
mixer	300
naaimachine	200
printer (inkjet)	50
radio	50 - 100
scheerapparaat	20
schemerlamp	40 - 100
stofzuiger	600 – 1.000
strijkijzer	1000
televisie	100 - 200
vaatwasmachine	2.500 – 3.000
ventilator	100
ventilatorkachel	1.000 – 2.000

video	100
vrieskast of -kist 150 liter	350
wasmachine	2.000 – 3.000
waterkoker	1000
warmtepomp	4.000 – 15.000 W

3.4 Leidingen en aansluitingen

Er zijn twee mogelijkheden om elektrische apparaten aan te sluiten, een vaste aansluiting, zoals bij plafondverlichting en vast opgestelde elektrische apparaten, of losse aansluitingen met losse snoeren en stekkers op (wand)contactdozen. Er bestaan minimum eisen ten aanzien van het aantal schakelbare lichtpunten en het aantal contactdozen. Voor contactdozen gelden de eisen zoals die in tabel 2 zijn samengevat. Per 7 m² of daarboven moet een dubbele wandcontactdoos worden geplaatst (14).

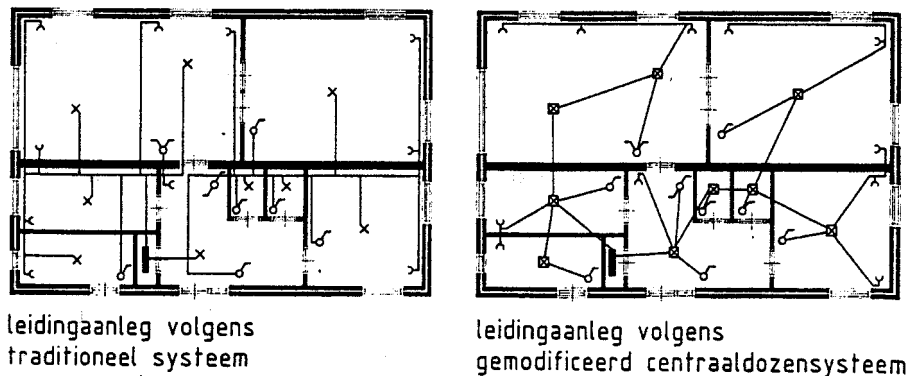
Tabel 2 Minimum aantal contactdozen per ruimte

Ruimte	Aantal
hoofdwoonkamer < 21 m ²	drie meervoudige
hoofdwoonkamer > 21 m ²	vier meervoudige
overige kamers < 7 m ²	één meervoudige
overige kamer > 7 m ²	twee of meer meervoudige
keuken < 14 m ²	twee meervoudige + één meervoudige boven aanrecht + één meervoudige op 2,2 m hoogte voor afzuigkap en verlichting onder keukenkastjes + loze buis voor elektrisch koken
bijkeuken of wasruimte	één meervoudige
zolder, begaanbare vloering of berging	één enkelvoudige
garage in of aan het gebouw grenzend	één meervoudige

Verder geldt dat in alle in tabel 2 genoemde vertrekken ten minste één aansluitpunt aanwezig moet zijn voor algemene verlichting. De bij dat lichtpunt behorende schakelaar moet zich nabij de toegang van die ruimte bevinden. Bij een keuken, badruimte, toilet, bijkeuken en wasruimte mag deze schakelaar ook aan de buitenzijde van deze ruimten zitten.

De aansluitpunten worden verdeeld over ten minste twee groepen, om te voorkomen dat als er een zekering defect raakt alle elektriciteit in de woning afgesloten wordt. Voor woningen zijn twee tot zes groepen gebruikelijk. Voor vermogens meer dan 3 kVA is een aparte eindgroep vereist, dit zijn bijvoorbeeld elektrische warmwaterboilers en elektrische fornuizen.

Voor de aanleg van elektriciteitsleidingen in woningen bestaan verschillende systemen en materialen. In de woningbouw is het (gemodificeerd) centraaldozensysteem op dit moment het meest gebruikelijk. Bij renovatie van oude woningen moet soms nog volgens het traditionele systeem gewerkt worden. Ook in vakantiewoningen e.d. wordt dit nog wel toegepast. Zie figuur 3. Op dit systeem zal verder niet worden ingegaan.



figuur 3 vergelijking traditioneel systeem met centraaldozensysteem

Bij het centraaldozensysteem zit in de woning per ruimte een centraaldoos. Vanuit de meterkast, of vanuit een andere centraaldoos, loopt daar naartoe een elektriciteitsleiding. Per eindgroep zijn de centraaldozen geschakeld. De centraaldoos wordt vrijwel altijd op het punt gemonteerd waar het lichte aansluitpunt zal komen, dus meestal midden in het plafond. In de wand is echter ook mogelijk. Vanuit deze centraaldoos lopen leidingen naar normaaldozen, waarop contactdozen, schakelaars en dergelijke gemonteerd kunnen worden. De verbindingen tussen de draden moeten in de dozen worden gemaakt. Dat wil dus niet zeggen dat een draad in elke doos onderbroken moet worden. Men streeft ernaar per doos zo min mogelijk verbindingen te maken. Om de draden gemakkelijk door de leidingen te kunnen trekken mogen per buis (tussen twee dozen) niet meer dan vier bochten worden gemaakt. Deze bochten mogen niet te scherp worden gemaakt en verbindingstukken moeten zoveel mogelijk worden vermeden. Omdat dit systeem veel overzichtelijker is dan het traditionele systeem, worden de extra kosten (door de grotere totale lengte van de leidingen) voor lief genomen. Om de aanlegkosten te drukken heeft men echter enige veranderingen aangebracht. Dit wordt het gemodificeerde centraaldozensysteem genoemd. Hierbij wordt als er in één wand meerdere aansluitpunten voorkomen niet per aansluitpunt een leiding gelegd naar de centraaldoos, maar worden de aansluitpunten onderling verbonden. Als beperking geldt dat dit alleen mag als de aansluitpunten zich in één wand bevinden. Dit om te voorkomen dat het systeem te ver naar het oude traditionele systeem toegroeit en te onoverzichtelijk wordt.

Het modernste systeem is het koker- of kanalen systeem. Het wordt nu vooral bij bedrijven toegepast, maar in de toekomst ook in de woningbouw. Dit systeem is ontstaan door het toenemende aantal elektrische apparaten, en daarmee elektraleidingen en vele andersoortige leidingen, zoals telefoon en andere communicatie leidingen. Vaak spreekt men over een leidinggoot. In een koker, meestal op plintheogte aangelegd, worden alle leidingen overzichtelijk opgeborgen. Aansluitpunten voor elektra (contactdozen) worden in de koker aangebracht, net als de andere aansluitpunten. Reparaties en uitbreidingen zijn zeer gemakkelijk uit te voeren. Voorlopig is het systeem nog duurder dan het centraaldozen-systeem, maar met het oog op de toekomstige ontwikkelingen eigenlijk de beste oplossing. In het House of Tomorrow Today, een voorbeeld van "Slimbouwen" van Jos Lichtenberg, is al een centraal gelegen aorta in vloer en plafond opgenomen waarin de hoofdleidingen op een nog bereikbare manier een plek vinden (15).

Bij het traditionele en het (gemodificeerde) centraaldozensysteem kunnen de leidingen zowel in als uit het zicht worden aangelegd. Als leidingmateriaal wordt tegenwoordig bijna altijd PVC buis gebruikt. Bij montage uit het zicht moeten deze buizen in sleuven in de muur en soms in plafond en vloer worden gelegd. Het maken van deze sleuven is kostbaar werk omdat gehakt of gefreesd moet worden. Als de leidingen aangelegd worden vóóordat het beton gestort wordt moeten de leidingen met binddraad aan de wapening gebonden worden. Hierbij moet zoveel mogelijk met buizen uit één stuk worden gewerkt. Dit om risico van lekkages en het dichtlopen van leidingen tijdens het beton storten te voorkomen. Gemakkelijker, maar esthetisch minder aantrekkelijk, is het in het zicht aanbrengen van de leidingen. Hierbij worden de PVC buizen met beugels bevestigd.

Voor de draden in de buizen zijn afspraken gemaakt over de gebruikte draadkleuren (14):

<u>Enkelfase</u>	bruin:	fasedraad 2,5 mm ²	<u>Driefase</u>	bruin:	fase 1
	zwart:	schakeldraad 1,5 mm ²		zwart:	fase 2
	lichtblauw:	nulleider (N) 2,5 mm ²		lichtblauw:	fase 3
	groen-geel:	aardedraad (PE) 2,5 mm ²			gelijk aan enkelfase

Bij de driefasen-aansluiting zijn er ook afwijkingen. Zwart met witte markering komt voor bij fase 2, dit zijn aders van hulpstroomleidingen. Fase 1 (aanvoer van elektriciteit) blijft vrijwel altijd bruin.

Door deze afspraken is het systeem overzichtelijk, en dus veiliger, en is meteen duidelijk welke draad waarvoor gebruikt wordt. Vooral bij aanpassingen en uitbreidingen van het systeem is dit een groot voordeel. De genoemde draaddoorsneden zijn in de woningbouw gebruikelijk. Worden grote vermogens gevraagd, zoals bij sommige huishoudelijke apparaten of bij bedrijven, dan moeten de draaddoorsneden daarop worden afgestemd.

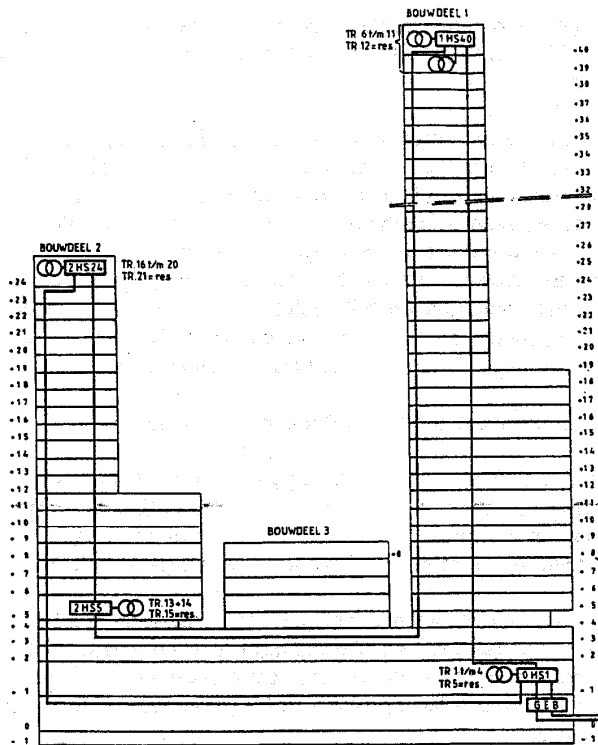
4 Bedrijfsinstallaties

4.1 Algemeen

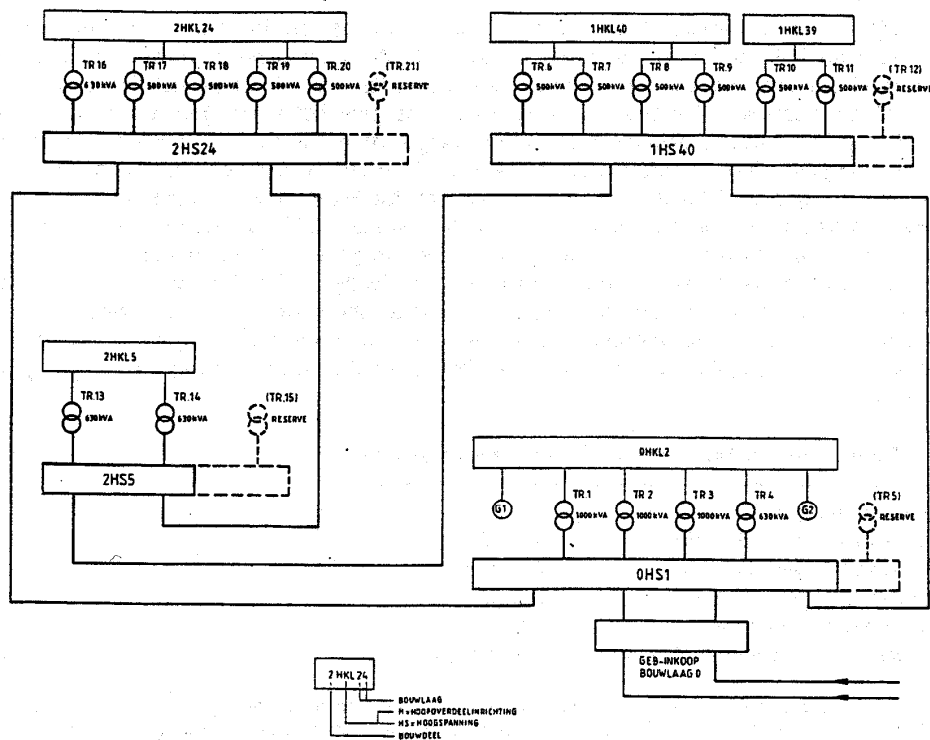
Kleine bedrijven, zoals winkels, kleine kantoren en werkplaatsen hebben vaak een elektrische installatie waarvan het vermogen niet groter is dan 20 kW, maar bijna altijd wel boven de 8 kW. Deze bedrijven worden aangesloten op het driefasennet 230/400 V. Deze installaties worden nog gerekend tot de kleinere installaties. Bij grote installaties gaat het vermogen de 20 kW te boven. Deze worden altijd op het driefasennet 230/400 V aangesloten.

Bij grotere bedrijven wordt ook wel een eigen hoogspanningstransformator geïnstalleerd. Hierin wordt de hoogspanning uit het distributienet teruggebracht tot 230/400 V of soms ook tot 400/690 V. Dit laatste heeft een aantal technische voordelen, waarop hier verder niet wordt ingegaan. Blijkbaar gebruikt een groot bedrijf evenveel elektrische energie als een stadswijk.

In extreme gevallen, zoals in het gebouw van Nationale Nederlanden in Rotterdam (Delftse Poort) lopen de hoogspanningsleidingen door het gebouw en bevinden de onderstations zich verspreid door het gebouw. In zo'n geval komt de elektriciteit centraal binnen en wordt het verbruik gemeten, dit gebeurt in het 'inkoopstation'. Zie figuur 4.



Lokaties HS-Verdeelstations
Figuur 2.



Blokschema HS-distributiesysteem

figuur 4 schema distributiesysteem elektriciteit in het Delftse Poortgebouw

Behalve dat leidingen dikwijls langer zijn, en dus zwaarder zullen worden uitgevoerd, verschilt het systeem van aanleg niet met dat van woningen. Wel wordt vaker met leidinggoten en dergelijke gewerkt. Apparaten die veel stroom gebruiken moeten met dikkere leidingen worden aangesloten. Door de grote stroomsterkte zou een dunne leiding teveel weerstand geven en zou de daarbij optredende warmteontwikkeling het beschermende omhulsel laten smelten met alle gevolgen van dien.

Zoals eerder aangegeven, wordt bij bedrijven vaker gebruik gemaakt van kanaalsystemen. Dit met het oog op de flexibiliteit die in bedrijven wordt verlangd. Bij kantoorruimten die zo groot zijn dat de apparatuur niet direct naast een wand komt te staan (kantoortuin) worden in plaats van wandgoten ook wel vloergoten toegepast. Wordt een zeer grote flexibiliteit verlangd wordt dan stapt men ook wel over op zogenaamde computervloeren. Hierbij ligt de vloer iets verhoogd, en liggen de leidingen onder de vloer.

Bij tal van bedrijfsinstallaties komen ruimten voor die permanent vochtig zijn, wat iets anders is dan de vochtigheid in de keuken of badkamer van woningen. Ook komen ruimten voor met bijtende gassen of brandgevaarlijke stoffen. Voor al dit soort gevallen zijn er aparte voorschriften en eisen.

Bij grote elektrische installaties zijn de schakel- en verdeelinrichtingen in één of meer afzonderlijke afgesloten ruimten ondergebracht. Het hoogspanningsdeel is hierbij afgesloten van het bedrijfsspanningsdeel, en met bordjes is aangegeven dat het hier gaat om elektrische bedrijfsruimten. Deze ruimten zijn alleen voor bevoegd personeel toegankelijk. Eisen ten aanzien van bijzondere bedrijfsruimten staan ook in de NEN 1010 vermeld, zoals voor stoffige, brandgevaarlijke, explosiegevaarlijke en vochtige ruimten.

4.2 Noodstroom

Een apart verhaal is de noodstroomvoorziening. Zeker ziekenhuizen, maar ook theaters en bedrijven kunnen niet zonder stroom. Dat zou tot rampen kunnen leiden. Er zijn twee mogelijkheden om in geval van uitvallen van de elektriciteitsvoorzieningen over stroom te kunnen beschikken:

- A. Statische of dynamische no-breakvoorzieningen: accu's of vliegwielen.
- B. Noodstroomaggregaten; deze kunnen ook worden ingezet als warmtekrachtkoppeling.

Vaak worden de systemen ook gecombineerd zoals in ziekenhuizen en computercentra het geval is waar in geen geval de spanning van het net mag vallen. Als alleen hoeft te worden verlichting wordt dikwijls voor accubatterijen, een statische no-break, gekozen. Nadeel van een no-breakinrichting is het hoge stand-by energieverlies, doorgaans circa 10% van het vermogen. Het voordeel daarvan is dat bij uitvallen van de stroom direct kan worden overgeschakeld.

De tweede mogelijkheid is een noodstroomaggregaat. Hierbij zal er altijd een korte tijd geen stroom zijn. Een voordeel van een aggregaat is dat er een hoog vermogen mee gehaald wordt, zodat ook liften en dergelijke gebruikt kunnen blijven worden.

Het noodstroomnet moet geheel apart uitgevoerd worden. Vloeren en wanden van accuruimten moeten zuurvast, zoals met tegels en mortel, worden uitgevoerd. Aggregaten moeten in aparte ruimten geplaatst worden, waarbij rekening gehouden moet worden met de geluidsproductie van deze apparaten, en de ruimte die nodig is voor opslag van de brandstof, wat al snel een paar duizend liter is.

5 Bepalen van het benodigde elektrisch vermogen

5.1 Vermogensbepaling

Om het totale vermogen van de elektrische installatie te bepalen, dienen de benodigde vermogens voor verlichting, vaste aansluitingen, het aantal wandcontactdozen, eventuele noodstroomvoorzieningen en liften, en andere elektriciteit gebruikende installaties bepaald te worden.

Bij woninginstallaties worden de vaste lichtpunten geteld, en wordt per punt 100 Watt gerekend. Bij kantoorgebouwen met een normale verdiepingshoogte kan men uitgaan van een benodigd vermogen voor verlichting van 6 tot 10 W/m² bij LED verlichting. Voor luchtbehandeling wordt 10 tot 18 W/m² gerekend en voor kantoorapparatuur 10 tot 20 W/m². Dit vermogen moet worden vermenigvuldigd met een gelijktijdigheidsfactor die voor verlichting 0,9 bedraagt. Deze factor is opgenomen omdat, zoals de naam al zegt, de apparatuur, ook tijdens een piek, niet allemaal aan zal staan. Op dezelfde manier moeten de vermogens van vast opgestelde elektrische apparaten worden opgeteld en vermenigvuldigd, zie paragraaf 3.3. voor vermogens van elektrische apparaten.

De volgende gelijktijdigheidsfactoren kunnen worden aangehouden:

- bedrijven 0,7 - 0,8
- woningen 0,6
- scholen 0,8

Als laatste, voorzieningen als noodstroom en liften daargelaten, worden de wandcontactdozen geteld. Per wandcontactdoos wordt 400 Watt gerekend, ongeacht of het een enkele of meervoudige wandcontactdoos is. Ook hier moet met de gelijktijdigheid rekening worden gehouden.

De zo verkregen waarden worden bij elkaar opgeteld, en vermenigvuldigd met een reservefactor, in verband met eventuele uitbreidingen van het gebouw en de mogelijke toename van het elektriciteitsgebruik. Gebruikelijk is hiervoor een factor 1,2 te nemen. Hiermee is dan het totale benodigde elektrisch vermogen bepaald. Dit moet voor elk gebouw afzonderlijk gebeuren, tenzij binnen een project de elektrische installaties gelijk zijn, denk bijvoorbeeld aan rijtjeshuizen of flatgebouwen.

Tabel 3 Voorbeeld berekening benodigd elektrisch vermogen gebouw

ruimte	apparaat	aantal	VA/app	VA totaal
Verlichting				
keuken	verlichting	1	100	100
administratie	verlichting	2	100	200
repro afd.	verlichting	1	100	100
expo (100m ²)	verlichting	20 W/m ²		2.000
toilet	verlichting	1	100	<u>100 +</u>
				3.500 VA

3500 W * 0,9 (gelijktijdigheidsfactor) = 3150 VA. Bij toepassing van LED-verlichting is deze waarde aanzienlijk lager.

Vaste aansluitingen

keuken	afzuigkap	1	250	250
	koel/diepvries	1	300	300
	koffiezetapparaat	1	1000	1.000
	magnetron	1	1500	1.500
	elektr. boiler	1	2950	2.950
administratie	computer	2	100	200
	printer	1	50	50
repro afd.	kopieerapparaat	1	1500	1.500
expo ruimte	dia projector	1	250	250
	film projector	1	250	250
	video	1	100	100
	geluidsinstallatie	1	250	250
	televisie	1	200	200
toilet	elektr. haardrog.	1	150	<u>150 +</u>
				8.950 VA

8950 * 0,8 (gelijktijdigheidsfactor) = 7160 VA.

Wandcontactdozen

keuken	dubb. wcd.	3	400	1.200
administratie	dubb. wcd.	3	400	1.200
repro afd.	dubb. wcd.	3	400	1.200
expo ruimte	dubb. wcd.	5	400	2.000
bergruimte	enkel. wcd.	1	400	400
gang	dubb. wcd.	1	400	<u>400 +</u>
				6.400 VA

6.400 * 0,8 (gelijktijdigheidsfactor) = 5.120 VA

Totaal 15.430 W, i.v.m. reserve vermenigvuldigen met 1,2 = 18.516 W

1 Watt = 1,52 VA

In dit voorbeeld zijn willekeurige ruimten uit een project opgenomen; de lijst is derhalve niet volledig.

5.2 Transformatoren

Bij grote vermogens kan een eigen transformator noodzakelijk zijn. Bij grotere bedrijven is dit vaak het geval. Hierbij speelt de plaats van het gebouw ook een rol. Een afgelegen gebouw zal eerder een eigen transformator nodig hebben omdat de verliezen in een hoogspanningsleiding minder groot zijn. Ook een sterk wisselend elektriciteitsgebruik zal een eigen transformator eerder noodzakelijk maken. Uiteindelijk beslist het elektriciteitsbedrijf hierover, en elk elektriciteitsbedrijf heeft zij eigen maatstaven. Dus altijd met gegevens over het project, zoals vermogen en plaats, navraag doen bij het plaatselijke elektriciteitsbedrijf.

Als er een transformator nodig is zijn er meestal twee mogelijkheden:

- een eigen / privé transformator
- een transformator van het elektriciteitsbedrijf

Bij de laatste mogelijkheid kan de transformator ook gebruikt worden voor andere gebruikers, waardoor de kosten doorgaans lager liggen dan bij een eigen transformator. Bij omvangrijke elektrische installaties zal meestal voor een eigen transformator gekozen worden, zodat deze niet afhankelijk is van andere gebruikers wat betreft vermogen en storing. Verder kan er een keuze gemaakt worden of een transformatorruimte in het gebouw of daarbuiten geplaatst wordt. Bij een gedeelde transformator zal meestal gekozen worden voor een transformatorruimte buiten het gebouw, bij een transformator voor eigen gebruik zal meestal gekozen worden voor een in pandige transformatorruimte. Direct daaraan gekoppeld kan dan de laagspanningruimte worden geplaatst. In pandige transformatorruimten moeten doorgaans rechtstreeks van buiten bereikbaar zijn.

In bijlage 7.4 is een voorbeeld van een indeling en van richtlijnen ten behoeve van de bouw van een transformatorstation opgenomen. Let op de benodigde ruimte onder de eigenlijke transformatorruimte. Dit is alleen nodig als de transformator oliegekoeld is, wat in de meeste gevallen zo is. Andere mogelijkheid is een luchtgekoelde transformator. De ruimte die nodig is hangt af van de gebruikte transformator:

tabel 4 ruimte voor trafo's en schakel- en verdeelkasten (indicatieve waarden, alleen om ontwerpers enig houvast te geven)

- traforuimte vermogen	400 kVA	5,5 m ²
- traforuimte vermogen	630 kVA	6,0 m ²
- traforuimte vermogen	800 kVA	6,6 m ²
- traforuimte vermogen	1.000 kVA	8,2 m ²
- toeslag schakeleenheid trafo		3,0 m ²
- opstellingsruimte hoofdverdeelinrichting		0,3 % b.v.o.

NB een aantal energiebedrijven in Nederland maakt geen onderscheid tussen de omvang van de opstellingsruimten voor trafo's tot een vermogen van 630 KVA. De door deze bedrijven gewenste omvang van de opstellingsruimte voor trafo's tot 630 KVA inclusief de ruimte voor de schakeleenheid is 9,0 m².

De elektriciteitsmeter wordt voor of na de transformator geplaatst, in een ruimte waar zich alleen de elektriciteitsmeter bevindt, dit in tegenstelling tot de meterkast in woningen. Bij plaatsing na de transformator wordt er 1 tot 2 % verlies in de transformator gerekend, die voor rekening komt van de gebruiker.

6 Voorschriften en keuring

Normen worden opgesteld in opdracht van de gezamenlijke bedrijven, om verwarring omtrent producten en de kwaliteit hiervan te voorkomen. De normen worden uitgegeven door het Nederlands Normalisatie Instituut, het NNI. Dit zijn de NEN normen, die vastgelegd worden in normbladen. Ook voorschriften voor uitvoering van elektrische installaties zijn vastgelegd in een normblad, te weten NEN 1010. Dit geldt voor installaties met bedrijfsspanningen tot 500 volt. Daar deze norm door alle elektriciteit leverende bedrijven geaccepteerd is moeten alle installaties hieraan voldoen, anders worden ze niet aangesloten. De verantwoordelijkheid voor het voldoen aan de voorschriften ligt bij de uitvoerder van de installatie. De installatie wordt wel geïnspecteerd voordat deze aangesloten wordt, maar dit is slechts een controle, en niet een keuring. Bij het maken van bestekken moet met alle voorschriften, normen en verordeningen rekening worden gehouden.

Om materialen en toestellen te weren die niet aan de voorschriften voldoen is vroeger een keuring ingesteld. Deze werd uitgevoerd door de KEMA, N.V. tot Keuring van Elektrotechnische Installaties. Een goedgekeurd product kreeg een KEMA keuringsteken. Doordat de EG heeft bepaald dat er geen landelijke handelsbelemmerende eisen gesteld mogen worden is deze keuring vervallen. Toch zijn de keuringstekens blijven bestaan, en de verwachting is dat men producten met zo'n keuring zal blijven prefereren boven niet gekeurde producten. Zo'n product voldoet in ieder geval aan de eisen. Inmiddels is er één Europese norm, de zogenaamde Euronorm (EC-keurmerk).

De eindinspectie van een installatie wordt gedaan door de elektriciteitsbedrijven. Hiervoor hebben deze een inspectieafdeling, die naast inspectie ook voorlichting aan bijvoorbeeld architecten en aannemers geeft. Nieuwe, gerenoveerde en later gewijzigde of uitgebreide installaties worden geïnspecteerd op het nakomen van de bepalingen van NEN 1010 en eventuele andere voorschriften. Bij de inspectie wordt de isolatie weerstand gemeten tussen de leidingen onderling en aarde. Ondanks de inspectie blijft de installateur verantwoordelijk voor de installatie.

7 Bijlagen

7.1 Literatuur

1. NEN 1010, Normen voor laagspanningsinstallaties.
2. Jellema Bouwkunde 6.
3. Rapport B21E, Elektrische leidingen in de woningbouw.
4. Electric design details, McPartland and Novak.
5. Haustechnik 1, hoofdstuk 2, Elektrische Anlagen, Sage.
6. Natuur en milieuplanbureau. Dossier Energie en Energievoorziening: Beleidsevaluaties. Augustus 2007. (website).
7. NEN 2768. Meterruimten en bijbehorende voorzieningen in een woonfunctie. December 2005.
8. NTA 8800. Energiebesparing van gebouwen – Bepalingsmethode. Januari 2022.
9. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/opwekking-kernenergie>
10. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie>

11. https://nl.wikipedia.org/wiki/Lijst_van_elektriciteitscentrales_in_Nederland
12. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/09/elektriciteitsproductie-stijgt-in-2020-naar-recordhoogte>
13. <https://nl.wikipedia.org/wiki/SEP>
14. Dinter HLvan, Groenewegen REM. Installatievoorschriften in theorie en praktijk. 5^e druk NEN 1010. April 1997.
15. Lichtenberg J. Duurzaam bouwen. Een praktische inleiding voor Built Environment. Boom, 2019.

7.2 Begrippen elektriciteit

aardlekschakelaar	automatische schakelaar die ervoor zorgt dat bij wegvloeien van stroom naar de aarde de stroom afgesloten wordt.
centraaldoos	'doos' van waaruit aftakkingen gemaakt worden naar andere dozen.
distributienet	aftakking van transportnet, net op stadsniveau, spanning 10 - 50 kV.
draaistroom	zie krachtstroom
driefasenstroom	zie krachtstroom
gelijktijdigheidsfactor	factor die gehanteerd wordt bij het berekenen van het vermogen van de elektrische installatie. De factor geeft het percentage van alle op de installatie aangesloten elektrische apparatuur die tijdens piek uren gebruikt wordt.
generator	toestel waarin mechanische energie wordt omgezet in elektrische energie.
hoogspanningsstation	transformatorstation tussen transportnet en distributienet.
KEMA	N.V. tot Keuring Elektrotechnisch Materialen.
koppelnet	net van elektriciteitsleidingen die de elektriciteitscentrales in Nederland onderling koppelt, en ook aansluiting geeft op buitenlandse netten. Spanning 220 - 380 kV.
krachtstroom	aansluiting met spanning van 230/400 V, waarmee apparaten met een groter vermogen aan gesloten kunnen worden. Er wordt dan aangesloten op alle (drie) fasedraden in plaats van op één.
laagspanningnet	aftakking van distributienet, net op wijkniveau, spanning 230/400 V.
mantelbuis	beschermende buis voor leidingen, gebruikt bij bijvoorbeeld geveldoorvoer.
middenspanning	een verouderd begrip, wordt nu ook hoogspanning genoemd. 10 – 50 kV.
onderstation	transformatorstation tussen koppelnet en transportnet.
scheidingstrafo	toestel waarin elektrisch energie wordt omgezet in elektrische energie met dezelfde spanning, en de systemen los van elkaar koppelt, zodat bij storing in systeem deze storing niet doorgegeven wordt aan het andere systeem.
SEP	Samenwerkende Elektriciteits Productiebedrijven.
TenneT	TenneT is een toonaangevende Europese netbeheerder (Transmission System Operator, TSO) met zijn belangrijkste activiteiten in Nederland en Duitsland.
transformator	toestel waarin elektrische energie wordt omgezet in elektrische energie van een andere spanning.
transportnet	aftakking van het koppelnet, net op regionaal niveau. Spanning 110 – 150 kV.

trekveer
 VA
 Volt
 wandcontactdoos
 Watt
 zekering

hulpmiddel om draden te trekken door de buizen, lengte 10 of 20 m.
 vermogen, zie Watt.
 eenheid van spanning.
 stopcontact.
 vermogen, product van spanning en stroom: $W = U \times I$.
 element wat ervoor zorgt dat systeem niet te hoog belast wordt, gaat in elektrische installatie per groep. Bij te hoge belasting raakt de zekering defect en laat geen stroom meer door. Ook wel 'stop' genoemd. Tegenwoordig worden vooral schakelautomaten toegepast die net als aardlekschakelaars weer in de oorspronkelijke stand kunnen worden teruggezet.

7.3 Symbolen en elektriciteitsinstallaties

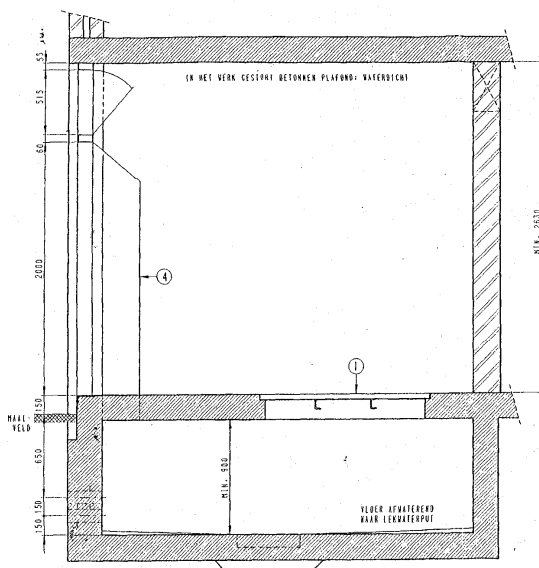
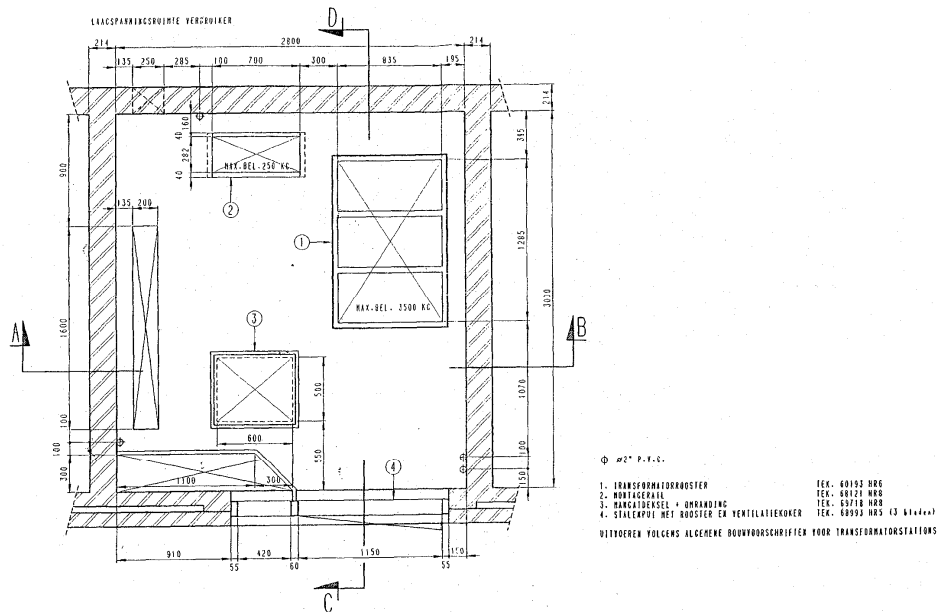
symbool	verklaring	symbool	verklaring
	kilowattuurmeter		wandcontactdoos
	lichtverdeelkast		wandcontactdoos met randaarde
	besturingskast		wandcontactdoos met randaarde waterdicht
	aardlek automaat		PERILEX wandcontactdoos
	installatie automaat		PERILEX wandcontactdoos 380V met aarde en nul
	klok		aansluitpunt algemeen
	beltrafo		1-fase aansluitpunt met aarde en nul
	van beneden komende leiding		verlichtingsarmatuur
	naar boven gaande leiding		TL-armatuur
	van boven komende leiding		wandarmatuur
	naar beneden gaande leiding		waterdicht wandarmatuur
	enkelpolige schakelaar		waterdichte drukknop
	enkelpolige trekschakelaar		tweelonige bel
	wisselschakelaar		thermostaat
	wisselschakelaar met signaillamp		aansluitpunt PTT
	serieschakelaar		aansluitpunt CAI
	kruisschakelaar		aardpunt
			aardingsmat
			aardelektrode

figuur 5 symbolen elektrische installaties

7.4 Richtlijnen voor de bouw van een 10 kV-transformatorstation

Indeling transformatorstation

In utiliteitsgebouwen is vaak de plaatsing van een transformatorstation nodig. Ook hier geldt dat de energieleverancier strikte bouwvoorschriften voor de traforuimte hanteert.



Figuur 6 Voorbeeld afmetingen van een transformatorunit van 10 kV

Richtlijnen voor de bouw van 10 kV-transformatorstation (voorbeeld)

Deze richtlijn is overgenomen van het Energiebedrijf Noord-Holland, de PEN (1992), en dient als voorbeeld voor bouwkundige eisen voor transformatorruimten. Alleen de belangrijkste bepalingen zijn hier weergegeven.

2. BEGRIPSBEPALINGEN

- 2.1 Een vrijstaande en afgesloten elektrische bedrijfsruimte verder te noemen "vrijstaand station"
- 2.2 Een in een perceel opgenomen en afgesloten elektrische bedrijfsruimte verder te noemen "inbouwstation".
- 2.3 Onder percelen worden verstaan : kantoren, fabrieken, werkplaatsen, bedrijfshallen, etc.

3. ALGEMEEN

- 3.1 Het onderstaande geldt zowel voor vrijstaande stations als voor inbouwstations:
 - a. direct grenzend aan de hoogspanningsruimte moet een laagspanningsruimte worden gemaakt;
 - b. onder beide ruimten een kelder aanbrengen;
 - c. afhankelijk van de grootte van de op te stellen laagspanningsverdeelinrichting kan in sommige gevallen in de laagspanningsruimte volstaan worden met een kabelgoot ter breedte van ca. 500 mm. en een diepte van minimaal 600 mm;
 - d. de scheiding tussen hoogspannings- en laagspanningsruimte moet ook in de kelder aanwezig zijn en
 - e. voorkomen met worden dat men via de kelder van de laagspanningruimte in de kelder van de hoogspanningsruimte kan komen. Dit geldt ook voor kelders en kruipruimten van nevenruimten.

4. KELDERS

- 4.1 De keldervloeren moeten zijn van gewapend beton.
- 4.2 De kelderwanden moeten zijn van gewapend beton en/of schoon metselwerk.

5. VLOEREN

- 5.1 De vloer in de hoogspanningsruimte moet zijn van gewapend beton.
- 5.2 De bovenkant van de betonvloer vlak en glad afwerken of voorzien van een harde afwerklaag.
- 5.3 De betonvloer berekenen op een totale vloerbelasting.
- 5.4 In de laagspanningruimte is een betonvloer niet noodzakelijk.
Volstaan kan worden met een degelijke houten vloer op balklaag. Hierbij wel rekening houden met de te verwachten vloerbelasting van eventueel op te stellen laagspanningskastenbatterij.

6. DAKEN

- 6.1 Buitendak hoogspanningsruimte, vrijstaand station:
 - a. een gewapend betonnen dak met daarop een waterdichte afwerking of
 - b. elementendak met daarop betonnen druklaag en waterdichte afwerking.
- 6.2 Binnendak hoogspanningruimte, inbouwstation:
 - a. een gewapend betonnen dak of
 - b. elementenvloer met daarop een betonnen druklaag.
- 6.3 Buitendak laagspanningsruimte, vrijstaand station:
 - a. voorkeur als genoemd onder punt 6.1.
volgens eerder genoemde voorschriften is dit niet noodzakelijk. Volstaan kan worden met een degelijke dakconstructie.
- 6.4 Binnendak laagspanningsruimte, inbouwstation:
 - a. voorkeur als genoemd onder punt 6.2.
Volgens eerder genoemde voorschriften is dit niet noodzakelijk. Volstaan kan worden met een degelijke houten vloer op balklaag.

7. METSELWERKEN

7.1 Metselwerken van een vrijstaand station:

- a. het buitenmetselwerk uitvoeren in twee keer halfsteens muur met spouw;
- b. het binnenmetselwerk van de scheidingsmuren uitvoeren als steensmetselwerk en
- c. het metselwerk in de ruimten uitvoeren als schoon metselwerk, platvol gevoegd.

7.2 Metselwerk van een inbouwstation:

- a. de metselwerken uitvoeren als onder punt 7.1 is omschreven.

7.3 De binnenmuren van de laagspanningruimte mogen uitgevoerd worden in halfsteens werk. Dit geldt niet voor de scheidingswand tussen de hoogspannings- en laagspanningsruimte.

9. BORDESSEN

9.1 De afstand tussen de bovenkant van de terreinverharding en de bovenkant van de afgewerkte vloer moet minimaal 100 mm. en mag maximaal 300 mm. bedragen.

9.2 Is de opstalhoogte bij voorbeeld 400 mm. dan kan overwogen worden om ter plaatse van het station een verhoogd bestratingsgedeelte, ter breedte van 1200 mm, aan te brengen.

9.3 In het algemeen geldt dat bij een opstaphoogte van meer dan 300 mm. een bordes met hekwerk vereist is.

10. TOEGANKELIJKHEID

10.1 Krachtens de aansluitvoorwaarden PEN, die tegen betaling bij het PEN verkrijgbaar zijn, moet het station blijvend toegankelijk zijn vanaf de openbare weg.

10.3 In principe dient als uitgangspunt genomen te worden dat het station met een vrachtauto bereikbaar moet zijn, dit geldt vooral bij verhoogde transformatorruimten. Wanneer het station niet bereikbaar is voor een vrachtauto is het een voorwaarde dat het verharde toegangspad een breedte heeft van minimaal 2000 mm, zodat het plaatsen en verwijderen van een transformator zonder beletsel kan geschieden.