

2 Literatuurstudie

2.1 Waarde van die huidige Suid-Afrikaanse kragstelsel

Die aanvanklike benadering sedert ongeveer 1890 rakende die lewering van elektriese energie was om groter nedersettings aan te moedig om oor hul eie onafhanklike kragontwikkelingvermoë te beskik en daarom het selfs kleiner dorpieë geringe kragstasies gehad. Daar was natuurlik brandstof nodig vir die funksionering van die kragstasies, wat aangery moes word, maar waar water die beperkende faktor was, kon daar nie veel gedoen word nie. Dit was ooglopend dat kragstasies wat in die nabyheid van natuurlike hulpbronne tot stand gebring kon word, meer koste-effektief en logisties vatbaarder was en dat die verspreiding van die elektriese energie, eerder as die grondstowwe, eenvoudiger en goedkoper was.

In die meeste lande is die natuurlike hulpbronne nie eweredig versprei nie. Dit is veral waar in Suid-Afrika, met groot steenkoolreserwes in gekonsentreerde gebiede en beperkte varswaterbronne. Verder word die beter gehalte steenkool weens politiese en ekonomiese redes uitgevoer en vir die meeste van die kragontwikkeling in Suid-Afrika word op lae graadse steenkool gebruik. Hierdie feit noodsaak besondere groot en ingewikkelde materiaalhanteringsaanlegte. Die koste verbonde aan hierdie aanlegte is besonder hoog, maar kan maklik en relatief goedkoop uitgebrei word om in die behoefte van meer as een ontwikkelingseenheid te voorsien [4].

Op soortgelyke wyse word groot gedeeltes van die verkoeling van die ontwikkelingseenhede gedeel om koste te spaar. Daarby raak die onderhoud van gedeeltes van die stelsel, soos byvoorbeeld die koeltorings, moontlik gemaak sonder dat enige ontwikkelingseenheid uit bedryf gehaal hoef te word.

Die voordele daaraan verbonde om verskeie identiese ontwikkelingseenhede in kragstasies te versamel sluit onder meer die volgende in:

- a Kostebesparing in terme van gedeelde toerusting en dienste

- b Kostebesparing in terme van die beskikbaarheid van spaaronderdele
- c Die besparing op die kundigheidsbehoefte wat noodsaaklik is in die bedryf en onderhoud van toerusting en aanlegte
- d Besparing op die logistiek verbonde aan die verbruik van natuurlike hulpbronne
- e Administratiewe besparing deur die sentrale bestuur van die regs-, regulatoriese en kontraktuele vereistes verbonde aan die bedryf van kragstasies
- f Voorspelbaarheid en modelleerbaarheid van die gevolge van die teenwoordigheid van kragstasies op verskeie nasionale aangeleenthede

Die redes vir 'n tussenverbinde kragnet is voor die hand liggend. Hoewel ander lande die moontlikheid het om hiervan af te wyk, sal dit haas onmoontlik wees om dit in Suid-Afrika te doen weens die geografiese verspreiding van kragstasies en gemeenskappe om daardeur betroubaar elektriese energie te voorsien aan die groter bevolking van die land. Die tussenverbinde kragnet maak dit byvoorbeeld moontlik om groot hoeveelhede elektriese energie in die noorde van die land op te wek en dit met relatief min moeite of koste aan 'n groot aantal verbruikers in die suide te lewer.

2.2 Internasionale MEO's

Te midde van wyd uiteenlopende samestellings en uitlegte van kragstelsels in die wêreld, is die voorkoms van aaneengeskakelde ontwigtings onafwendbaar en dit benadeel dikwels lande of groot streke deur miljoene inwoners sonder krag te laat. 'n Kort, dog onvolledige lys van voorvalle van hierdie aard word in tabel I getoon.

Die meeste van hierdie lande se aaneengeskakelde ontwigtings toon feitlik geen ooreenstemming met die ander op die lys nie en tog toon elkeen die kwesbaarheid vir hierdie verskynsel. In die periode tussen 1988 en 2003 het daar 29 noemenswaardige aaneengeskakelde ontwigtings in Indië voorgekom, vergesel deur die belemmering van die ekonomiese aktiwiteite [5]. Baie van die gebeurtenisse in die lys strek oor gebiede van honderde

kilometer, oor die grense van beheersones en dikwels oor internasionale grense.

TABEL I: INTERNASIONALE VOORBEELDE

Land of Plek	Jaar	Ge-afekteerdes	Omvang (in GW)
VSA	1965	30 miljoen [6]	20
Suid-Afrika	1975	[7]	3,6
VSA	1977	9 miljoen [6]	6,1
Frankryk	1978	[8]	29
VSA	1982	5 miljoen [6]	12,4
Swede	1983	[9]	11
Brasilië	1984	[8]	15,8
Tokyo - Japan	1987	2,8 miljoen huishoudings [10]	8
Kanada (en VSA)	1989	90 miljoen [11]	
Israel	1995	3 miljoen [12]	2
VSA	1996	2 miljoen [6]	11,9
VSA	1996	7,5 miljoen [6]	30
Brasilië	1999	75 miljoen [13], [14]	24,7
Indië	2001	220 miljoen [8]	12
Iran	2003	22 miljoen [14], [15]	22
Londen - Engeland	2003	0,4 miljoen [16]	0,7
Denemarke en Swede	2003	4 miljoen [17]	6,5
Italië	2003	60 miljoen [17], [18]	24
VSA (en Kanada)	2003	50 miljoen [11]	63
Kanada	2003	4,3 miljoen [11]	
Libië	2003	4 miljoen [19]	1,9
Atene - Griekeland	2004	5 miljoen [8], [20]	4,5
Viëtnam	2005	[21]	1,1
Hainan - Sjina	2005	[22]	0,7
Java	2005	100 miljoen [11]	
Moskou - Rusland	2005	10 miljoen [23]	
Pakistan	2006	[24]	11,2
Europa	2006	15 miljoen (in 10 lande) [25], [26]	14,5

Australië	2007	480 duisend [27]	2,2
Costa Rika	2007	5 miljoen [11]	
Colombia	2007	38 miljoen [11]	7,1
Kanada	2008	100 duisend [11]	
Australië	2008	420 duisend [11]	
Brasilië	2009	60 miljoen [28]	17
Indië	2012	710 miljoen [29]	

In sekere gevalle kan die aard van die ontwigting ander ongewenste gevolge hê, soos die ontwigting van krag vanuit die tussenverbinde kragnet of die afgeleë toevoer na kernkragstasies [30]. In sulke gevalle het die onderbreking sekondêre nadele vanuit 'n kernveiligheids-oogpunt, eerder as die direkte effek van 'n gebrek aan elektriese energie vir 'n eindgebruiker. Die 2010-voorval by Fukushima in Japan waar 'n aardbewing en tsunami die plaaslike kragstelsel ontwig het, is 'n verdere voorbeeld in hierdie verband [31]. Daar word aanvaar dat die bres in die kernafsondering voorkom sou kon word as die elektriese toevoer nie prysgegee is nie.

In feitlik al die groot ontwigtings van TABEL I is 'n ooreenstemmende hoeveelheid kragontwikkeling onttrek. In die meeste van die gevalle het die onttrekking (of ontkoppeling) van kragontwikkeling die onderbreking van kliënte voorafgegaan en was dit die oorsaak van die onderbreking. Tog, nieteenstaande hierdie werklikheid, is die aanbevelings wat spruit uit die ondersoek van sodanige ontwigting feitlik uitsluitlik gefokus op die kragnet-aangeleenthede. Kwessies wat op kragontwikkelingsinstallasies betrekking het word meestal bloot oppervlakkig ondersoek en voorkomende aanbevelings is 'n vae hoëvlak stelling.

Die volgende voorbeeld van 'n informele beskrywing van so 'n MEO is 'n voorbeeld wat die gebrek aan ontleding van die kragontwikkelingsverlies illustreer [32].

Scenario Place: New York City

Date: July 13, 1977

2000 hours. On this hot and muggy night the city electrical load is peaking around 6000 megawatts, about half of which is being imported via overhead tie-lines and underground cables. The utility is operating in the *normal* state. An intense electrical storm is moving across the area.

2037 hours. A severe lightning bolt hits a transmission tower carrying two 345-kV lines causing permanent tripping of both. The network loses a load-carrying capacity of about 1000 megawatts, which load is instantaneously shifting over to remaining lines. The system is now in the *alert* state of operation.

2055 hours. The city generation has been raised by 550 megawatts to take the strain off the tie-lines, all of which are still operating below their thermal limits. System still in alert state.

2056 hours. A second lightning stroke cripples a third 345-kV line. Within a fraction of a second a fourth line trips due to the ensuing power transients. Remaining lines are now pushed above their thermal limits. City load is being carried but system now is in *emergency* state. Every serviceable generator is running.

2119 hours. Due to thermal expansion the conductors of one 345-kV line sag deep enough to cause shortcircuit via small tree. The line trips causing further overload of the few remaining ties, which now, one by one, break open. The system is now in *extremis* state.

2129 hours. The last tie with the outside world trips. The system now finds itself with a deficiency of 1700 megawatts resulting in a rapid loss of frequency. Underfrequency relays automatically initiate preset load shedding of section upon section of the city.

The loss of frequency cannot be halted and the generators are tripped automatically and manually to avoid catastrophic machine damage.

2136 hours. New York City goes totally black.

447

Illustrasie 1: Informele beskrywing van bekende New York MEO in 1977 [32]

In hierdie beskrywing word die tye van die voorvalle in die tussenverbinde kragnet noukeurig genoteer, asook die aard van die belemmering. Die kragontwikkelingsverlies word in een sin opgesom, sonder die melding van die tye of spesifieke verloop van gebeure. Hierdie oppervlakkige benadering word selfs in die mees outoritêre verwysings gevind en die

kragontwikkelingskwessies word as 'n geslote stelsel gesien sonder om die spesifieke aard of verloop van die ontwigting te ondersoek of te behandel.

Een uitsondering op hierdie reël is gevind [33] en [34], waar daar wel aandag aan kragontwikkeling gegee is. Die bestek van die ondersoek was egter alleenlik gefokus op kernkragontwikkeling en net weens die kernveiligheidsrisiko. Selfs hierdie werk behandel nie die spesifieke besonderhede van die kragstasies nie, maar beskou eerder die eksterne gedrag van die kernkragstasies op die dinamiese verspreiding van die aaneengeskakelde ontwigting binne die tussenverbinde kragstelsel.

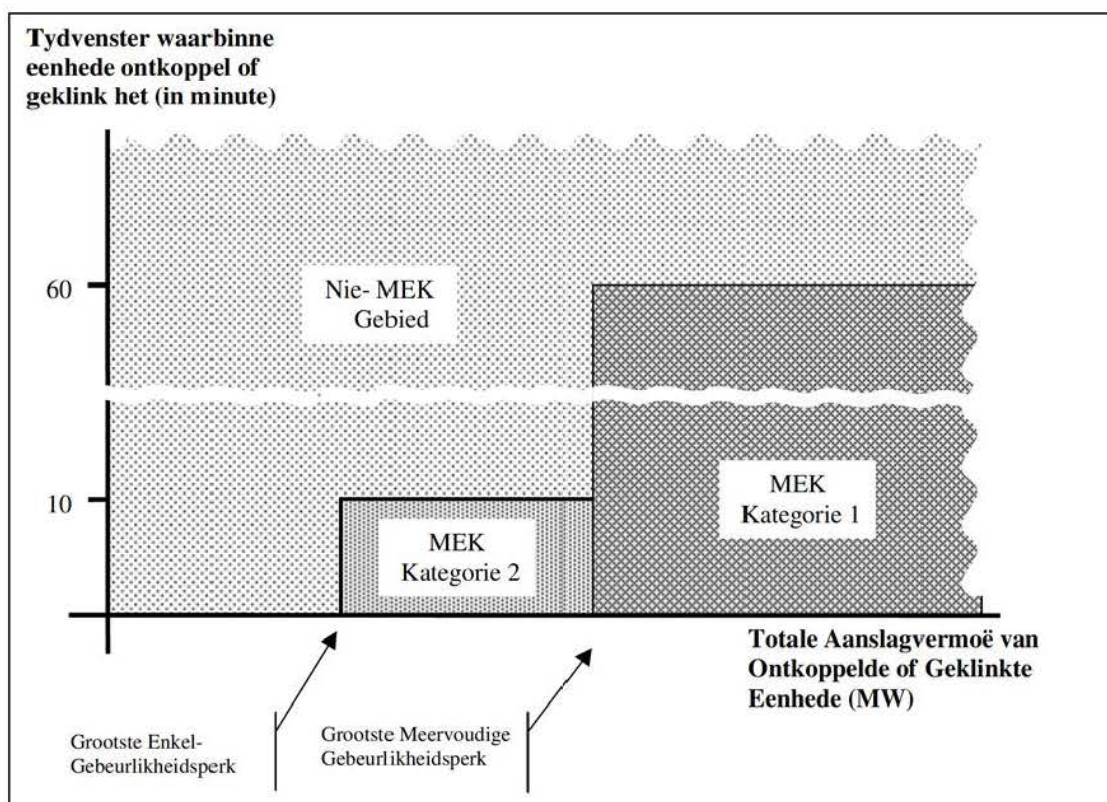
2.3 Suid-Afrikaanse MEO-geskiedenis

Suid-Afrika se kragontwikkeling is hoogs gekonsentreerd in relatief min dog hoë-vermoë kragstasies. Verder is die geografiese verspreiding van die kragstasies gebaseer op hulpbronteënwoordigheid eerder as op die vermindering van nadelige gevolge wat mag voortspruit uit die bedryf van die tussenverbinde kragstelsel, of steurings by 'n naburige kragstasie. Derhalwe kom daar in die algemene area van Witbank byvoorbeeld sewe kragstasies voor (meer as 50% van steenkoolkragontwikkeling vind hier plaas), met 'n agtste kragstasie wat in aanbou is, terwyl groot streke en selfs provinsies oor geen kragstasies beskik nie.

Internasionaal word grootliks gefokus op netwerkontwigting eerder as MEO's en die benadering fokus amper uitsluitlik op die netwerkverwantskappe en laat die aangeleenthede wat op kragontwikkeling betrekking het meestal buite rekening (sien [6] en [35] byvoorbeeld).

2.4 Definisie

Ten einde MEO's effektief te bestudeer, moet dit omvattend beskryf word. Die Suid-Afrikaanse Kragnetkode verduidelik die konsep van die meereenheidklink (MEK) aan die hand van die volgende diagram.



Illustrasie 2: MEK-kategorieë uit die Suid-Afrikaanse Kragetkode [36]

Verder word die twee kategorieë in die Suid-Afrikaanse Kragetkode [36] wat in die diagram aangedui word, omskryf aan die hand van hul totale aktiewe drywing en die tydperk waarbinne die gebeurtenis plaasgevind het. Aangesien die konsep van 'n MEK verskeie soortgelyke gebeurtenisse uitsluit, is dit nie geskik om te dien as basis waarop 'n omvattende raamwerk gebaseer gaan word nie. Om die elemente wat uit die begrip van 'n MEK gesluit is, deel te maak van die studie van aaneengeskakelde gebeurtenisse van ontwrigting, word hierdie begrip laat vaar ten gunste van die uitgebreide begrip van 'n MEO.

'n MEO word as volg gedefinieer.

'n Meereenheidontwrigting (MEO) is 'n voorval wat as gevolg van dieselfde aanvangsgebeurtenis die ontwikkeling van elektriese energie op meer as een ontwikkelingseenheid ontwrig en sluit die volgende moontlikhede in.

- a *Die ont koppeling van meer as een eenheid, wat outomaties plaasvind of deur die handelinge van personeel*
- b *Die betekenisvolle vermindering van die opgewekte drywing van meer as een eenheid, wat outomaties plaasvind of deur die handelinge van personeel*
- c *'n Kombinasie van punte 1 en 2 hierbo*

Verder, omsluit die definisie nie bloot eenhede van een kragstasie nie, maar selfs gevalle waar eenhede op verskillende kragstasies ontwig raak. Die konsep van 'n MEO sluit ook die ontwigting van eenhede in wat in 'n ander bedryfsmodus aangewend was ten tye van die voorval, soos byvoorbeeld sinchrone reaktorwerking of hidro-eenhede wat as pompe aangewend is.

2.5 Huidige plaaslike bestuursraamwerk

2.5.1 Eskom

'n Beleidsdokument bestaan binne Eskom [37] wat handel oor die bestuursnoodsaaklikhede jeens MEK-bedreigings. Hierdie noodsaaklikhede kan in drie bepaalde oogmerke opgedeel word, naamlik:

- a Kragstasies wat oor die vermoë beskik om hulself van die 'n af te sonder moet daardie vermoë in stand hou om behulpsaam te wees tydens netwerkrestourasie indien dit nodig sou raak.
- b Aaneengeskakelde ontwigting van kragontwikkeling sal telkens ondersoek word en alle kragstasies is verplig om die relevante aksies wat mag spruit uit die ondersoek van sulke voorvalle, te implementeer.
- c Onvoorwaardelike voldoening aan die Suid-Afrikaanse Kragnetkode van NERSA.

Hoewel hierdie aspekte wel noodsaaklik is in die bestuur van MEO-klasbedreigings, is dit nie voldoende om die voorkoms daarvan daadwerklik te bekamp nie. Die ontleding wat volg sal toon dat die huidige bestuursraamwerk nie geslaagd is nie en voorstelle om daarop te verbeter word daarna bespreek.

2.5.2 NERSA

NERSA, wat die Suid-Afrikaanse Kragnetkode administreer en aanwend om 'n hoëvlak-strategie af te dwing, stipuleer 'n aantal regulasies kragtens MEK-bestuur [36]. Die konsep van 'n MEO, in soverre dit afwyk van die konsep van 'n MEK, word nagelaat en geen regulatoriese vereistes is daarop van toepassing nie. Dit geld beide vanuit 'n tegniese voldoeningsoogpunt [36] en vanuit 'n operasionele oogpunt [38]. Die regulatoriese raamwerk behels die volgende:

- a Standaarddefinisie van MEK vir eenvormigheid in Suid-Afrika [3]
- b Eenvoudige kategorisering [36] (sien illustrasie 1)
- c Tegniese vereistes vir die konfigurasie, instandhouding en bedryf van kragstasies [36]
- d Aanmelding, ondersoek en rapportering van 'n MEK [38]
- e Onus vir voorafidentifisering van MEK-risiko's [39]
- f Toetse om MEK-weerstandigheid te demonstreer [36]

Hoewel die vereistes vir almal geld, kan deelnemers sekere van die verpligtinge afwentel deur amptelik daarvan kwytskeld te word [40].

Die tegniese vereistes rakende MEK's is egter esoteries en feitlik onmoontlik prakties haalbaar. Tegnies word daar vereis dat meer as een eenheid van 'n kragstasie nie mag klink binne sekere tydskale nie en die onus vir die voldoening aan hierdie vereiste word op die kragstasie geplaas. Hoewel die oogmerk verstaanbaar is, is dit nietemin nie 'n haalbare vereiste nie.

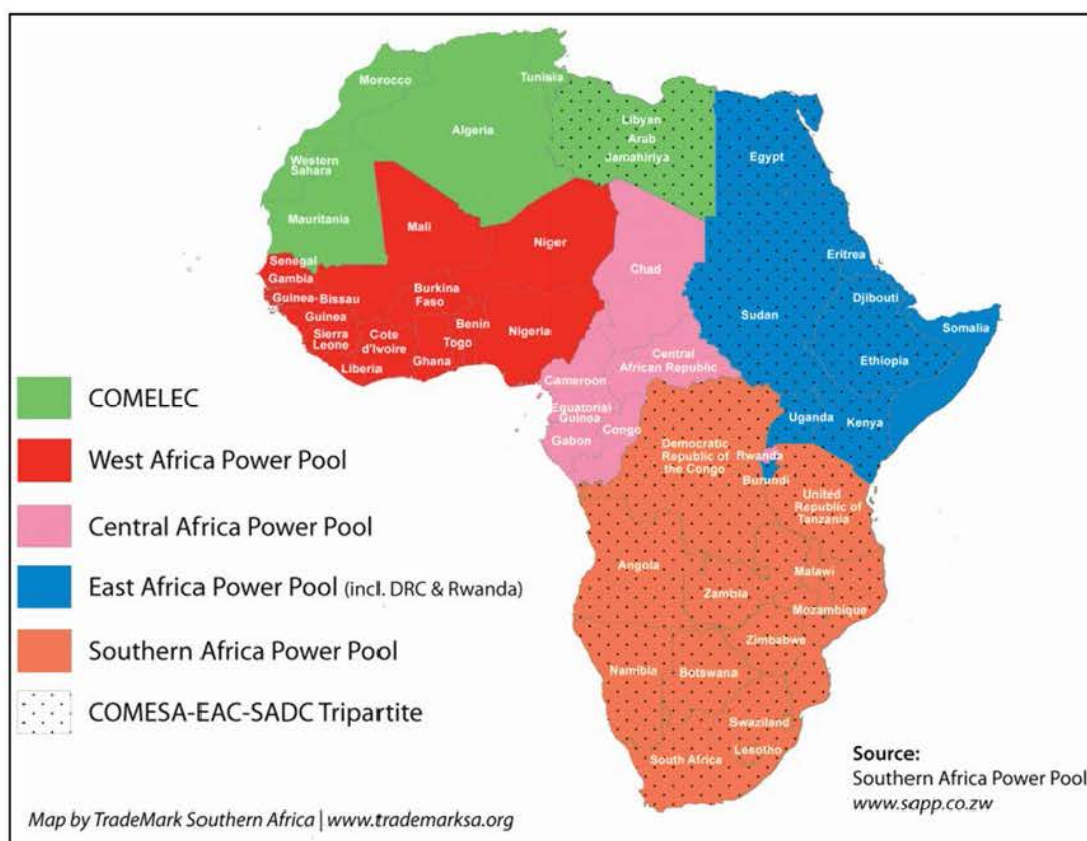
Hierteenoor word geen tegniese vereistes [41] of operasionele vereistes [42] deur die Distribusiekode daargestel vir die bestuur van MEO's of MEK's nie. Hoewel die distribusiestelsels 'n kleiner rol speel in 'n MEO as byvoorbeeld in die transmissiestelsel, is sodanige rol nie weglaatbaar nie, daarom is dit beide die bron van sekere MEO's asook die geaffekteerde party by baie ander.

Die afleiding word dus gemaak dat die huidige regulatoriese raamwerk onvoldoende is en aangepas behoort te word met inagneming van geskikte

maatstawwe. Hierdie maatstawwe moet realisties wees, maar tog die gewenste effek op deelnemers hê om die MEO-bedreiging laag te hou.

2.5.3 KPSA

Die kontinent van Afrika is opgedeel in geografiese streke waarbinne die kragstelsels van die lande binne die streke aan mekaar gekoppel is. In die volgende kaart word hierdie streke soos dit tans daar uitsien getoon in verskillende kleure.



Illustrasie 3: Kragpoele in Afrika

Die grootskaalse ontwingting binne 'n kragpoel kan lei tot die destabilisering van die kragpoel as 'n geheel en die gevolglike uitdowing daarvan. In Europa word daar doelbewuste maatreëls geïmplementeer om kragstelsels te laat verbrokkel om afsonderlike gedeeltes te vorm wat dan outonoom sal poog om stabiliteit te bewerkstellig en balans te skep tussen die aanvraag en voorsiening van elektriese energie.

Die deel van Afrika waarbinne Suid-Afrika lê, maak deel uit van die Kragpoel van Suider-Afrika (KPSA). Die funksionering van die KPSA word moontlik gemaak deur ooreenkomste waartoe ingestem word deur die onderskeie rolspelers binne die lidlande waaruit die SAOG bestaan. Hierdie ooreenkomste gee struktuur aan die regte en vereistes van die deelnemende partye, naamlik regerings [43], nutsmaatskappye [44] en partye wat te make het met beheer en uitvoeringspligte binne die KPSA [45]. Die tegniese bedryfsreëls word gebruik om buitengewone en dreigende situasies te bestuur [46]. Die volgende kaart toon die hooftransmissie-infrastruktuur waaruit die KPSA bestaan en die lande waaroor dit strek.

Hoewel MEO's die potensiaal het om grootskaalse ontwrigting en onstabiliteit binne die hele SAOG-streek te veroorsaak, word geen vereiste op enige deelnemer binne die KPSA in hierdie verband geplaas nie. Daar bestaan egter vereistes vir die rapportering van grootskaalse ontwrigtings van watter aard ook al, maar daar is geen spesifieke fokus op MEK's of MEO's nie [46]. Daarbenewens is die konsep van 'n grootskaalse ontwrigting swak gedefinieer en handel die impak daarvan bloot oor werklike gevolge en nie oor die potensiaal van die ontwrigting nie.

Al die lande van die KPSA beskik nie oor kragnetkodes nie. Die volgende tabel lys die lande wat wel oor kodes beskik en dui die vereistes in die kodes aan wat op MEO's betrekking het.

TABEL II: KPSA REGULATORIESE BESTEK T.O.V. MEK'S

Gebied	MEK-melding	MEK-vereistes Stelseloperateur	MEK-vereistes Kragstasie
Suid-Afrika [36], [38]	Ja	Ja	Ja
Namibië [47], [48]	Ja	Nee	Ja
Zimbabwe [49]	Ja	Nee	Ja (baie min)
Zambië [50]	Nee	Nee	Nee
KPSA [46]	Ja	Ja	Nee

Soos gesien kan word, is Suid-Afrika die enigste land in die streek wat vereistes stel aan beide die stelseloperator en kragstasies kragtens die verskynsel van die MEK.

Dit is egter op die vlak van beheer deur die KPSA waar daar geen vereistes gestel word aan kragstasies nie, maar daar word ook geen vereiste deur òf die ooreenkomste [43], [44] en [45], òf die tegniese bedryfsreëls [46] van die KPSA gestel aan die lidlande om aan hul regulatoriese raamwerke erkenning te gee aan MEO's en regulasies om dit doelbewus te bestuur nie.

Hieruit kan afgelei word dat die effektiwiteit van die maatreëls wat binne die KPSA geld, beperk is. 'n Raamwerk vir die bestuur van 'n MEO behoort reëls in te sluit wat binne 'n kragpoel behoort te geld om hierdie bedreiging na behore aan bande te lê.

2.6 Noorder-Afrika

Om vas te stel wat die mate van regulasie is wat elders op die Afrika-kontinent toegepas word, is daar na dié lande wat wel oor kragnetkodes beskik, gekyk. Die volgende tabel toon die resultate van hierdie ondersoek.

TABEL III: REGULATORIESE BESTEK IN NOORDER AFRIKA T.O.V. MEK'S

Land	MEK-melding	MEK-vereistes Stelseloperator	MEK-vereistes Kragstasie
Soedan [51]	Ja	Ja	Nee
Rwanda [52]	Ja	Ja	Ja
Uganda [53]	Nee	Nee	Nee
Kenia [54]	Ja	Ja	Nee
Nigerië [55]	Ja	Ja	Ja

In die deel van Afrika noord van die KPSA, is die mate van die regulering soortgelyk aan die KPSA. Wat egter nie duidelik blyk uit die lys nie, is dat die meeste van die lande in hierdie streek egter geen kragnetkode het nie. Hoewel dit dus uit die bostaande tabel blyk dat die regulatoriese raamwerk vir MEO's redelik goed gedek is, het slegs omtrent 15% van die lande in die

streek enigsins kragnetkodes, wat slegs ongeveer 10% van die area in hierdie streek dek.

Hier is dus ook groot leemtes kragtens die genoegsaamheid van die bestuur van MEO's in die deel van Afrika noord van die KPSA. In geheel gesien het Afrika grootliks gebrekkige bestuursmaatreëls om die voortdurende bedreiging van MEO's te hanteer. 'n Vraag wat hieruit spruit is die vraag na die regulatoriese stand van sake in die res van die wêreld.

2.7 Internasionale maatreëls

Slegs 'n aantal lande buite Afrika was gemonster ten opsigte van MEO's, bloot om 'n aanduiding te kry van die mate van regulatoriese dekking elders. Die resultate van die steekproef word in die volgende lys getoon.

TABEL IV: REGULATORIESE BESTEK T.O.V. MEK'S ELDERS AS IN AFRIKA

Gebied / Land	MEK-melding	MEK-vereistes Stelseloperateur	MEK-vereistes Kragstasie
Wes-Australië [56]	Nee	Nee	Nee
Ierland [57]	Ja	Nee	Nee
Verenigde Koninkryk [58]	Nee	Nee	Nee
Duitsland [59]	Nee	Nee	Nee
Nederland [60], [61]	Nee	Nee	Nee
Italië [62]	Ja	Nee	Nee
Jordanië [63]	Nee	Nee	Nee
Pakistan [64]	Nee	Nee	Nee

Hierdie gedeelte fokus op die regulatoriese dekking wat die verskynsel van MEK's internasionaal ontvang. Dit is hoegenaamd nie 'n omvattende studie nie en is grootliks beperk deur taalgrense, aangesien heelwat van die inligting nie in Afrikaans, Engels of Nederlands beskikbaar is nie. Die doel was egter bloot om vas te stel of hierdie verskynsel meer omvattend gedek word elders as op die Afrika-vasteland. Dit is egter opvallend hoe min die onderwerp van MEK's internasionaal in regulatoriese bepalings gedek word.

Die Verenigde State van Amerika se kragindustrie is aansienlik anders as dit wat in die res van die wêreld aangetref word en die kragnet is nie tussenverbind tot dieselfde mate as wat byvoorbeeld in Europa aangetref word nie. Verder is die die industrie veel meer geliberaliseer as wat algemeen is. Vermoedelik is hierdie redes verantwoordelik vir die afwesigheid van 'n kode wat die totale tussenverbinde kragnet reguleer.

Europese lande kan moontlik hierdie saak ignoreer vanweë die sogenaamde super-kragnet waarin hul hulself bevind. Die sekerheid wat 'n super-kragnet bied kan moontlik gesien word as voldoende verskansing teen die aaneengeskakelde ontwigting van kraglewering vanuit 'n kragontwikkelings-oogpunt. Die geskiedenis van MEK's en meer spesifiek van MEO's, toon egter steeds grootskaalse blootstelling aan hierdie vorme van ontwigting [25], [26], [20], [8], ensovoorts.

Daar is egter ander wêrelddele wat nie die knusheid van 'n super-kragnet geniet nie en wat desnieteenstaande tog geen verskansing vanuit 'n regulatoriese perspektief inbou vir gemoedsrus nie.

2.8 Samevatting

Die bedreiging wat die aaneengeskakelde ontwigting van kragontwikkeling stel vir die langtermyn-sekerheid van groot kragstelsels is beduidend. Daar is aangetoon dat groot ontwigtings jaarliks voorkom met geen neiging van afname nie. Voorts word beide eerste- en derdewêreldlande nadelig deur hierdie voorvalle geraak. Daar is verder getoon dat die skaal van die ontwigting in baie gevalle geweldig groot is, met honderdduisende tot miljoene mense wat geaffekteer word.

Verdere studie toon dat, hoewel hierdie grootskaalse ontwigting op 'n planetêre skaal voorkom, daar in die meeste gevalle weinig indien enige maatreëls deur owerhede gestel word om hierdie daadwerklike bedreiging in te perk of te bestuur.