

# 동남아시아 댐 시설물 상태조사 및 유지관리기법 전파 현황 소개



**권지혜 |**  
한국시설안전공단 수자원팀 대리  
wisdom@kistec.or.kr



**신철식 |**  
한국시설안전공단 기획전략팀 팀장  
csshin@kistec.or.kr



**배석중 |**  
한국시설안전공단 수자원팀 팀장  
sjbai@kistec.or.kr

## 1. 추진 목적 및 배경

기후변화에 관한 정부간협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)의 보고서 내용은 우리에게 더 이상 낯선 내용이 아니다. IPCC 4차 보고서(2007)에서는 동남아시아지역에 대해 다음과 같은 변화가 발생할 것을 예측·경고하고 있다.

- 1) 2050년까지 대유역에서 가용 수자원 감소
- 2) 인구밀도가 높은 삼각주 및 해안 지역이 해수면 상승으로 인한 범람이나 하천범람으로 인한 대

규모 위협에 직면

3) 수문 순환체계가 변화하여 홍수 및 가뭄과 관련된 풍토병으로 인한 사망자 수 증가

이를 반증하듯 동남아시아 지역에는 최근 열대성 사이클론 및 돌발홍수 등이 국지적으로 자주 발생하고 있으며, 이러한 자연재해에 의한 피해는 지역 경제를 더욱 어렵게 하고 있다.

또한 「Global Climate Risk Index 2010 (Germanwatch, 2010)」에서 1990년~2008년의 기간에 걸쳐 기상 관련 재해의 규모에 의거 분석한 장기 기후위험지수(Climate Risk Index) 결과에 따르면 상위 10개국 중 반 이상이 이 지역에 속한다(그림 1, 표 1).

동남아시아 지역 국가의 경우 경제규모가 작기 때문에 사회기반시설물에 대한 예산부족으로 적절한 안전진단 및 유지관리가 이루어지지 않고 있는

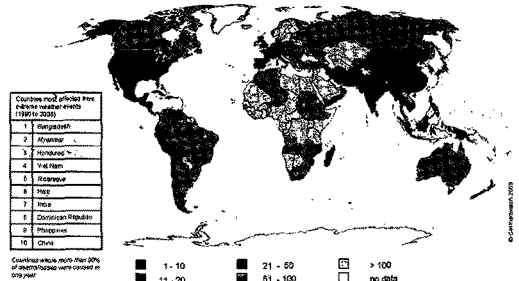


그림 1. 세계의 기후위험지수 분포(1990년~2008년)

주) 출처 : Germanwatch and Munich Re NatCatSERVICE

표 1. 장기 기후위험지수(Climate Risk Index; CRI): 1990년~2008년 연평균

CRI	국가	CRI 점수	연간 사망자	10만명당 연간 사망자	연간 총 손실액 (백만 US\$ PPP*)	GDP 당 연간 손실 (%)
1	방글라데시	8.00	8241	6.27	2189	1.81
2	미얀마	8.25	4522	9.60	707	2.55
3	온두라스	12.00	340	5.56	660	3.37
4	베트남	18.83	466	0.64	1525	1.31
5	니카라과	21.00	164	3.37	211	2.03
6	아이티	22.83	335	4.58	95	1.08
7	인도	25.83	3255	0.33	6132	0.38
8	도미니카공화국	27.58	222	2.93	191	0.45
9	필리핀	27.67	799	1.11	544	0.30
10	중국	28.58	2023	0.17	25961	0.78

주) 출처 : Global Climate Risk Index 2010(Germanwatch, 2010)  
 \* : 구매력 지수(Purchasing Power Parity)

실정이다. 즉, 국가 재난발생, 유지관리 비용의 증가 및 예산손실 등이 초래될 가능성이 상존해 있다. 특히, 앞에서 언급한 바와 같이 풍수해는 이들 국가의 가장 큰 발전 저해요인이라 할 수 있다.

한국시설안전공단에서는 상대적으로 안전 분야에 대한 인식이나 투자가 미미한 동남아시아 국가들을 우선적으로 선정하여 댐 시설물 관리실태를 조사하는 한편, 댐 관련 실무자, 학자 및 공무원을 비롯한 관리자들에 대해 댐 안전성 평가 기법과 유지관리 체계 등 축적된 국내 선진 기술을 전파하는 기회를 가짐으로써 해당 지역의 재해 경감에 일조하기 위하여 본 프로젝트를 추진하게 되었다.

## 2. 주요 성과

한국시설안전공단은 2006년 11월부터 2008년 12월의 약 2년간에 걸쳐 건국대학교 및 Asian Institute of Technology(AIT)와 공동으로 「메콩강 하류지역 주요 기반시설물의 실태조사 및 유지관리기법 개선 연구(건국대학교, 한국시설안전공단, 2008.12)」를 수행한 바 있다. 상기 연구에서는 그림 2, 사진 1과 같은 동남아시아 지역 메콩강 유역의 주요 국가들 중 상대적 취약성과 필요성을 고려하여 태국 및 베트남을 우선 대상국가로 선정하고 이들 국가의 주요 댐 시설물을 중심으로 다음과

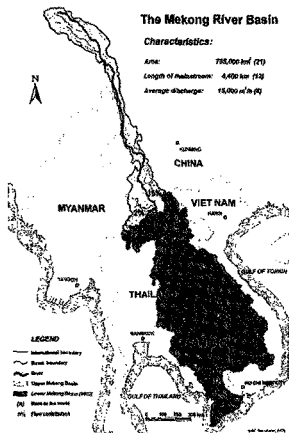


그림 2. 메콩강 유역(Huu Ninh Nguyen, 2007)

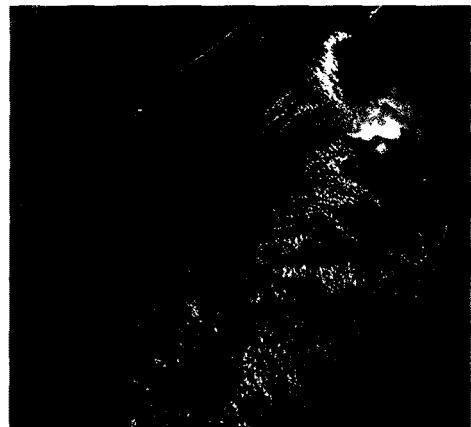


사진 1. 메콩강 델타

- 출처: NASA  
<http://eol.jsc.nasa.gov/sseop/EFS/photoinfo.pl?PHOTO=STS075-721-47>

표 2. 실태조사 대상 댐 현황 및 제원

댐 명	건설기간	댐형식	목적	높이 (m)	길이 (m)	저류용량 ( $\times 10^6 m^3$ )	국가	비고
Hoa Binh Dam	1979~1994년	CFRD	다목적	128.0	734.0	9000	베트남	공단의 현장 실태조사 수행 댐
Mae Ngat Dam	1976~1985년	필댐	관개	59.0	1950.0	325	태국	
Mae Kuang Dam	1976~1993년	필댐	다목적	73.0	610.0	263	"	
Pa Sak Dam	1994~1998년	필댐	다목적	36.5	4860.0	785	"	
Lam Pao Dam	1963~1968년	필댐	관개	33.0	7800.0	1430	"	
Mae Suai Dam	1999~2003년	복합댐	관개	59.0	400.0	82	"	-
Lam Plai Dam	1986~1991년	필댐	관개	30.0	1160.0	98	"	-
Munbon Dam	1986~1989년	필댐	관개	32.7	880.0	141	"	-

같은 업무를 수행하였다.

### 2.1 실태조사 수행현황

전술한 바와 같이 메콩강 유역의 주요 국가들 중 본 프로젝트에서는 태국의 댐들을 중심으로 실태조사를 수행하였다. 조사 댐 목록은 표 2와 같다. 이중 태국의 4개 댐과 베트남의 1개 댐에 대해 현장조사를 직접 지원하였으며, 나머지 3개 댐에 대해서는 서면 및 e-mail 등을 통해 수시로 간접지원하였다. 본 절에서는 조사 대상댐 제원, 주요 조사내용·제언사항 등에 대해 요약하였다. 공단에서는 조사대상국을 점차 확대해가며 시설물 안전진단 및 유지관리 기법 전파 등의 업무를 지속적으로 수행할 예정이며, 현재 댐 상태에 대한 실태조사에 국한된 지원업무를 다양한 안전성 평가 항목에 이르기까지 확장하고자 한다.

금회 태국의 조사 대상 댐들은 모두 태국 Royal Irrigation Department(RID) Dam Safety Center에서 관할하는 필댐이다.

#### ○ Mae Ngat Sombunchon Dam

Chiang Mai에 위치하고 있으며 유역면적은 1281  $km^2$ , 홍수위는 EL.400.0 m, 상시만수위는 EL.396.0 m, 저수용량은  $325.0 \times 10^6 m^3$ 이다. 댐 유역의 연평균 강수량은 1300~1350 mm이고 유역으로 유입되는 연간 총 유입홍수량은  $406.0 \times 10^6 m^3$ 이다.

#### ○ Mae Kuang Udom Thara Dam

역시 Chiang Mai에 위치하고 있으며 유역면적

은 569.0  $km^2$ , 홍수위는 EL.387.8 m, 상시만수위는 EL.385.0 m, 저수용량은  $295.0 \times 10^6 m^3$ 이다. 댐 유역의 연평균 강수량은 1250 mm이고 유역으로 유입되는 연간 총 유입홍수량은  $250.0 \times 10^6 m^3$ 이다.

#### ○ Pasak Jolasit Dam

Lop Buri에 위치하고 있으며 유역면적은 12929.0  $km^2$ 로 상당히 대유역이다. 홍수위는 EL.43.0 m, 상시만수위는 EL.42.0 m, 저수용량은  $960.0 \times 10^6 m^3$ 이다. 댐 유역의 연평균 강수량은 1250 mm이고 유역으로 유입되는 연간 총 유입홍수량은  $2400.0 \times 10^6 m^3$ 이다.

#### ○ Lam Pao Dam

태국 북동부 Khon Kaen에 위치하고 있으며 유역면적은 1400  $km^2$ 이다. 저수용량이  $1430.0 \times 10^6 m^3$ 이고 댐 길이가 7800 m로 태국 최장댐이다. 댐 유역의 연평균 강수량은 1250 mm이고 유역으로 유입되는 연간 총 유입홍수량은  $2400.0 \times 10^6 m^3$ 이다.

#### ○ Hoa Binh Dam

금회 직접 실태조사를 수행한 대상 댐 중 유일하게 베트남 소재 댐인 Hoa Binh Dam은 베트남 남부의 Hoa Binh에 위치한 다목적댐이며, 저류용량이 소양강댐의 약 3배에 해당하는  $9000.0 \times 10^6 m^3$ 에 이르는 동남아시아 최대규모의 댐으로 베트남 소요 전력의 1/3을 담당하고 있다.

이들 5개 댐에 대한 현장조사 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 콘크리트 구조물의 경우 시공 품질 자체는 낮

아 보이거나 균열, 박리/박락, 철근노출 등의 손상이 거의 발견되지 않은 양호한 상태를 보였다. 이는 계절적 영향에 따른 동결융해가 반복되는 국내의 환경에 비해 기온·습도 등 환경변화에 따른 콘크리트 품질 저하 요인이 작은 동남아시아 기후 특성이 반영된 결과로 보인다.

- 대부분의 필댐 상·하류 사면과 CFRD의 차수벽 시공이음 등에서 식생이 관찰되었다. 식생이 댐체 자체의 안전성에 직접적으로 영향을 미치는 것은 아니나, 식생의 발달로 필댐 사석에 공동이 발생할 수 있으며 균열, 침하, 누수 등 댐체의 손상에 대

한 조기발견을 어렵게 하는 요인이 될 수 있으므로 식생 제거 등의 관리를 제언하였다.

- 계측자로 관리에 있어 태국의 경우 양압력, 지하수위 및 누수량 측정장치 등을 설치하여, RID의 댐안전센터로 보내 관리하는 방식을 시도하고 있으나 아직 완전한 시스템을 갖추지 못하고 있어 장기적인 방안 마련이 필요한 상태이다. 또한 베트남 Hoa Binh Dam의 경우에는 계측장비에 대한 별도의 관리시설이 마련되어 있지 않고 외부로 노출되어 있어 훼손의 우려가 있으므로 이에 대한 조치를 제언하였다.

○ Mae Ngat Sombunchon Dam

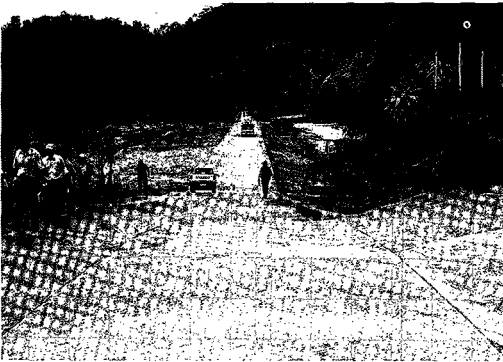


사진 2. 댐 우안부 보조여수로  
- 댐마루보다 낮은, 월류 발생으로 하류부 세굴 등 피해 발생하고 있는 상태

○ Pasak Jolasit Dam

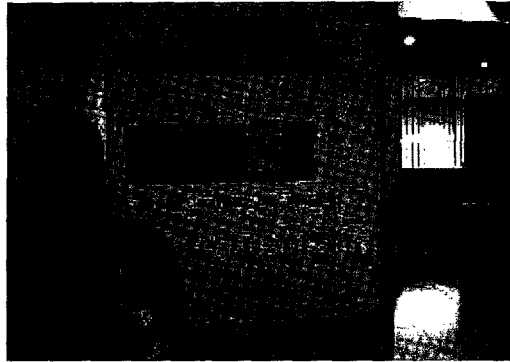


사진 3. 통제실 현황판

○ Mae Kuang Udom Thara Dam



사진 4. 본댐 댐마루  
- Test Pit 위치 증방향 균열 상태



사진 5. 본댐 우안부에 위치한 부댐  
- 상·하류사면 식생, 댐마루 부등침하에 따른 중·횡방향 균열 산재

○ Hoa Binh Dam

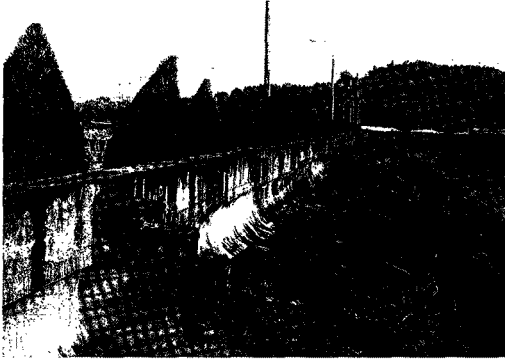


사진 6. 콘크리트 차수벽 식생 상태

○ Pasak Jolasit Dam

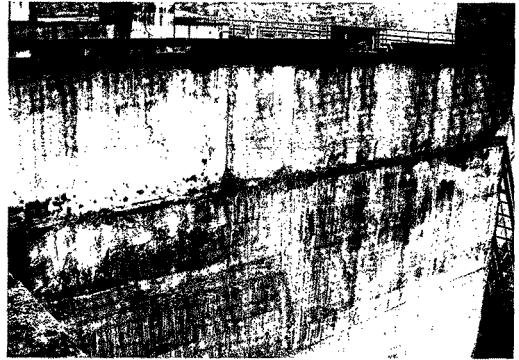


사진 7. 여수로 도류벽 콘크리트 품질  
- 시공품질 낮아 보임. 환경변화에 따른 손상은 적음

○ Lam Pao Dam



사진 8. 댐 상류사면 전경  
- 퇴적·세굴 등으로 물가선 선형 불량

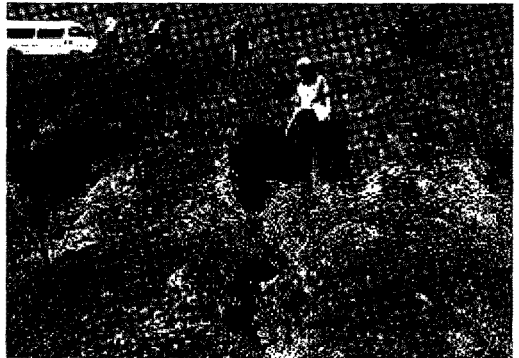


사진 9. 하류사면 국부적 손상발생  
- 우수에 의한 표면 세굴·침식 및 국부적 활동에 의한 사면 상태



사진 10. 댐체를 통한 누수  
- 하류사면 지단부 체수(건기 시 촬영)



사진 11. 여수로 정수지측벽 전도 상태  
- 배면 토압증가로 전도 발생하여 현재 앵커보강이 된 상태

2.2 댐 안전 및 유지관리기술 전파

우리나라는 성수대교 붕괴 이후 의원입법으로

「시설물의 안전관리에 관한 특별법」을 제정하였다. 또한, 그 후속조치로 작성된 「안전점검 및 정밀안전진단 지침」 및 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지



침(이하 세부지침)에 따라 댐을 포함한 13개 시설물에 대한 안전점검 및 정밀안전진단이 수행되고 있다. 이는 선진국들의 경우와 비교하더라도 손색이 없는 시설물에 대한 체계적 안전 및 유지관리 제도라 할 수 있다. 따라서 본 프로젝트를 추진하면서 동남아시아 국가의 실무자, 학자 및 공무원을 비롯한 관리자들에게 국내의 안전성 평가 기법 및 기술과 유지관리 체계를 전파하는 기회를 가졌다.

전파 방법으로는 대상자들에게 세부지침(댐편)의 영역본(Detailed Guideline for Safety and In-depth Inspection)을 제공하고 우리나라의 안전 및 유지관리 관련 법령과 지침, 세부지침 등에 대해 교육을 실시하는 한편, 실제 현장 실태조사 및 진단 시 기술지원을 수행함으로써 평가 방법이나 분석요령 등에 대한 이해도를 높이는 방식을 취하였다. 태국에서 5회, 베트남에서 1회 기술지원 및 교육을

실시함으로써 총 100여 명에게 국내 기술을 전파하게 되었다. 그 성과는 사진 12~21 및 표 3에 나타난 바와 같다.

### 3. 결론 및 향후 계획

약 40000 km<sup>2</sup>에 이르는 메콩강 유역의 델타 지역은 동남아시아 산업의 대부분을 차지하는 매우 중요한 곡창 지대이다. 그러나 델타 지역은 표고가 해발 3 m 미만인 저지대로 이루어져 있고 연간 퇴사량이 10억 m<sup>3</sup>에 달하는 것으로 추정되는 등 풍수해에 매우 취약한 지형을 갖고 있다. 즉, 수자원은 메콩강 유역 일대 국가들에 있어 필수적인 자원임과 동시에 국민의 70% 가량을 위협에 처하게 할 수 있는 요소이기도 하다. 아울러 많은 연구에서 지적되

표 3. 댐 안전관리제도 및 지침 교육 등 기술전파 현황

일시	장소	내용	참석자(인)
2007.01.10	태국 AIT	- 국내의 안전관리제도 소개 - 진단기법/절차 소개 - 상태/안전성 평가방법 토의	- 국내: 6 - AIT: 6
2007.05.02	태국 Mae Ngat 댐	- 국내의 안전관리제도 소개 - 정밀안전진단 현장조사 기법·기준 소개	- 국내: 2 - AIT: 4 - RID: 7 - 댐관리주체: 8
2007.05.03	태국 Mae Kuang 댐	- 태국 댐안전센터 소장의 태국 댐 관리현황 소개 - 국내 댐 진단기법과 안전관리제도 소개	- 국내: 2 - AIT: 4 - RID: 6 - 댐관리주체: 10
2007.05.04	태국 Pasak 댐	- Pasak 댐 현황 설명 - 국내 댐 진단기법과 안전관리제도 소개	- 국내: 2 - AIT: 4 - RID: 6 - 댐관리주체: 9
2007.12.18	태국 Lam Pao 댐	- 댐의 현재 손상상태 현황청취 - 국내 댐 진단기법과 안전관리제도 소개 - 댐 현장에서 세부지침 내용에 따른 조사기법 및 평가방법 교육	- 국내: 2 - AIT: 3 - RID: 2 - 댐관리주체: 5
2008.10.22	베트남 Hanoi University of Agriculture, Hoa Binh 댐	○ Dam Inspection Seminar - 메콩강프로젝트 현황소개 - 베트남 기존 댐 시스템 소개 - 국내의 안전관련 법, 규정소개 - 댐 정밀안전진단 기법과 평가기준 및 방법 소개 • 2시간 강의, 1시간 질의응답 ○ 현장 조사기법 및 평가방법 교육	- 공단: 5 - 하노이농대 및 관련공무원: 30



사진 12. 프로젝트 추진에 관한 미팅-태국, AIT



사진 13. 댐 현황 및 공단의 댐 진단기법과 안전관리제도 설명 현장-태국, Mae Ngat Sombunchon Dam



사진 14. 공단의 댐 진단기법과 국내의 안전관리제도에 대한 설명-태국, Mae Kuang Udom Thara Dam

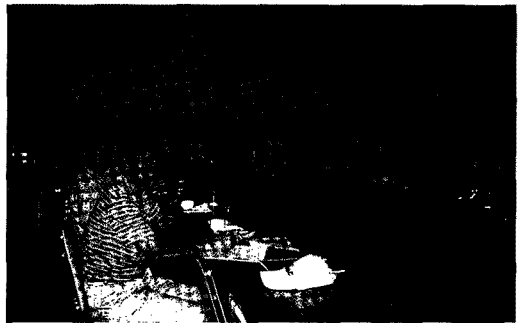


사진 15. 댐 현황 청취-태국, Pasak Jolasit Dam

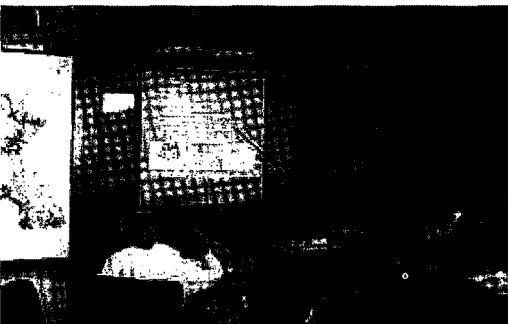


사진 16. 댐 정밀안전진단 기법 교육-태국, Lam Pao Dam



사진 17. AIT 교수들과 업무협약-태국



사진 18. 안전관리 제도 및 댐 정밀안전진단 기법 소개-베트남, 하노이 농대

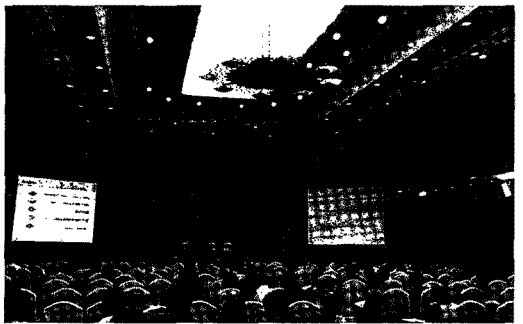


사진 19. 후속조치:베트남 토목학회 주제발표-베트남, 국제 컨벤션센터



사진 20. 후속조치:베트남 관련 분야 교수·담당 공무원과 회의, 베트남 하노이



사진 21. 후속조치:베트남 TV와 시설물 안전관련 인터뷰

고 있듯이 기후변화로 인해 이 지역의 재해 취약성 및 위험성은 더욱 가중되어 갈 것으로 예상된다. 이에 한국시설안전공단에서는 메콩강 유역 국가들을 우선 대상으로 선정하여 국가별 주요 시설물의 실태조사를 지속적으로 수행하고, 대상국들에 국내의 선진 유지관리기법 및 제도와 안전성 평가에 대한 최신 기술 등을 전파하고자 한다.

이는 최근 베트남, 라오스, 캄보디아 등에 대한

전격적 원조를 공인한 최근 정부의 기조에도 부합하는 사항일 뿐 아니라, '받는 나라에서 주는 나라'로서의 우리나라의 변화된 위상을 보여줄 수 있는 계기가 될 것으로 생각한다. 아울러 공단은 시설물에 대한 안전의식 고취와 재해경감이 공단의 범국가적 임무라고 생각하고 이웃 국가들에 대한 기술 원조 및 교류를 지속해 나갈 예정이다. ☞

## 참고문헌

1. 건국대학교, 한국시설안전공단, 2008.12, 메콩강 하류지역 주요 기반시설물의 실태조사 및 유지관리기법 개선 연구
2. 한국시설안전공단, 2009, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침
3. Huu Ninh Nguyen, 2007, Human Development Report 2007/2008, Fighting climate change: Human solidarity in a divided world
4. IPCC, 2007: Climate Change 2007, Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
5. <http://eol.jsc.nasa.gov/sseop/EFS/photoinfo.pl?PHOTO=STS075-721-47>
6. Munich Re, 2009, Topics Geo Natural catastrophes 2008. [www.munichre.com/publications/302-06022\\_en.pdf](http://www.munichre.com/publications/302-06022_en.pdf)
7. Sven Harmeling, 2010, Global Climate Risk Index 2010. Germanwatch