

서론

풍력에너지에 대한 수요가 기하급수적으로 증가하고 있습니다. 동시에 풍력 터빈 유지관리 전략에서는 신뢰성 향상, 운영 및 유지관리 비용 축소가 주요한 우선순위입니다. 여기서는 위에 언급된 우선순위에 대한 해결책을 제공하기 위해 새로운 온라인 오일 상태 모니터링 시스템에 대한 정보를 제공합니다. WearSens® WS 3000 은 전기전도도, 유전상수, 오일 온도 - 정확도, 감도, 분해능 측면에서 새로운 기준 설정 - 를 정밀하게 측정함으로써 실현된 임계 운영 조건 및 향상된 오일 교환 주기에 대한 조기 경보에 의해 풍력 터빈 변속기(gearbox)의 손상을 예방할 수 있게 해줍니다.

새로운 파라미터, WearSens® Index (WSi)를 소개합니다. WSi의 수학적 모델은 풍력 터빈이 손상되는 것을 방지하기 위한 포괄적 모니터링을 위해 모든 측정값과 그 기울기를 하나의 단일 파라미터로 결합시킨 것입니다. 더우기, WSi는 하루 24 시간 언제든지 서버 데이터 로깅을 통해 다음 번 오일 교환에 대한 장기적인 예측이 가능합니다. 실제적인 손상이 발생하기 전에 조치 및 유지보수를 수행할 수 있습니다.

상태 기반 유지보수

일반적으로 유지보수 분야는 세 가지 부문으로 분류될 수 있습니다. : 예방 유지보수(시간 기반), 지능형 유지보수(상태 기반) 및 사후 유지보수(고장시 조치), 이들은 고장횟수와 비용 간에 서로 다른 의존성을 보여줍니다. Figure 1 은 각 유지보수 전략에 관계된 비용을 보여주고 있습니다

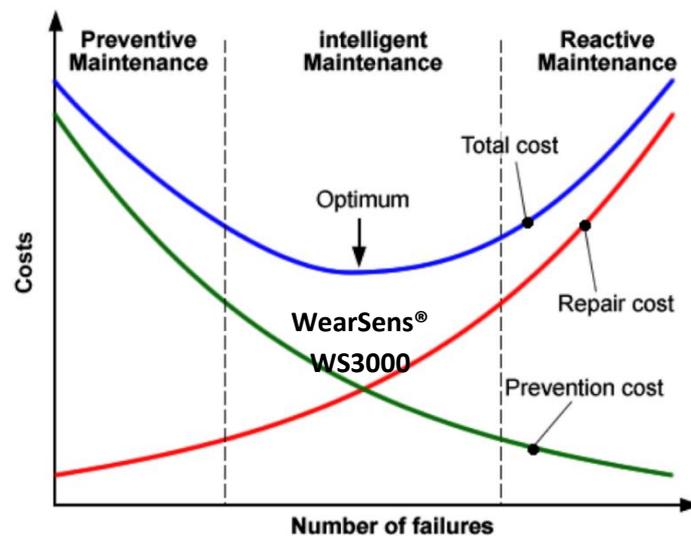


Figure 1: 전통적인 유지보수 전략에 관련된 비용 [P. Tchakoua 2014].

이 그래프에서, 비용과 고장횟수 측면에서 최적 지점은 지능형 유지보수 부분의 중간부분으로 확인됩니다 ; 지능형 유지보수(=상태 기반 유지보수)는 온라인 오일 상태 모니터링 솔루션인 WearSens® WS3000 를 이용하여 초기 단계에서 변속기 또는 엔진의 심각한 문제를 지시함으로써 실현됩니다. 윤활유에 대한 요구사항이 높아져서, 풍력터빈이 손상되어 예기치 않게 가동이 중단되는 시간을 방지하기 위해 오일 상태를 실시간으로 모니터링 하는 것이 훨씬 더 중요해지고 있습니다.

기술 개요 - 기초

WearSens® WS3000은 오일 상태 모니터링을 온라인으로 연속적으로 할 수 있는 시스템입니다. 이를 통해 초기 손상을 정확하게 감지하고 변속기의 베어링 및 기타 변속기 부품의 주요 윤활 상태를 조기에 파악할 수 있습니다. 접촉면이 닿을 때의 베어링 마모, 금속 파편, 이물질, 부유 고형물, 화학적으로 분해된 오일 분자들이 산과 비누를 형성하게 되고, 이런 모든 것들이 전기전도도를 증가시키게 됩니다. 이러한 증가는 오일의 초기 전도도가 낮고 오염물질의 전도도가 상대적으로 높기 때문에 기어 마모 및 오일의 오염 정도에 직접적인 상관관계가 있습니다. 조기에 손상을 감지하는데 이상적이며, 어떠한 손상이 발생하기 전에 초기부터 측정을 하기 때문에 오일기계시스템의 변화를 감지합니다(Figure 2 참조). 게다가, 예방 유지보수 조치를 하도록 표시해줍니다. 센서시스템은 작동신뢰성을 높여주고, 서비스 주기를 늘려주고, 가동중단시간을 줄여줍니다. 오일교환주기는 실제 요구에 맞게 조정되고, 경제적 및 생태적 효율성이 향상됩니다.

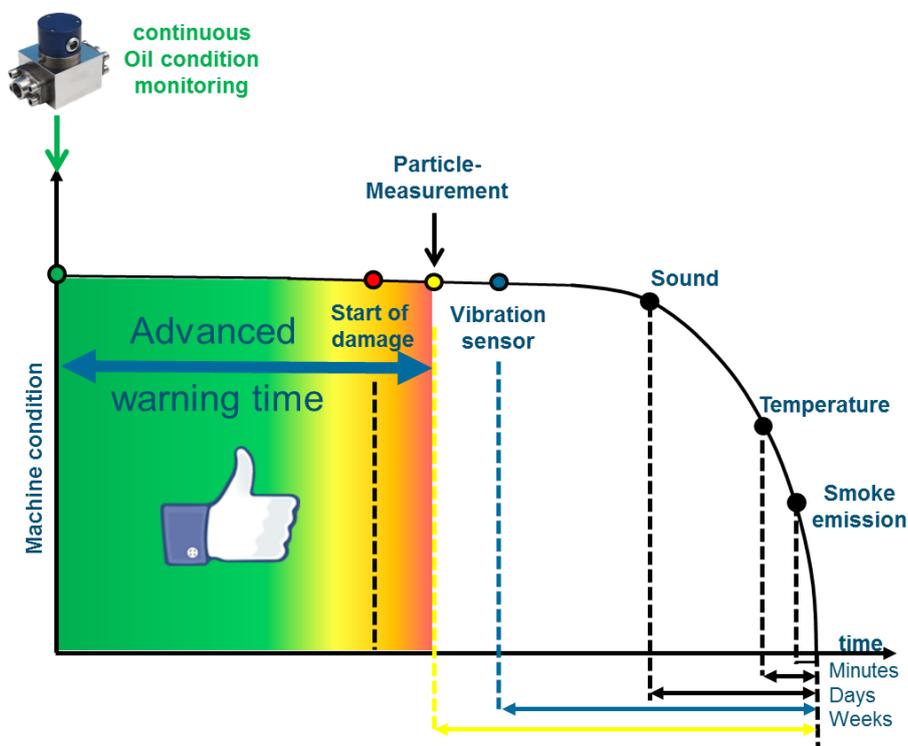


Figure 2: 광학식 입자 측정 또는 진동센서 같은 기존 센서 기술들은 손상이 발생한 후에만 입자를 감지할 수 있다.

최첨단 WearSens® 시스템과 기존기술들 간의 중요한 차이는 손상 예방 및 마모를 제한하는 것이지만, 입자계수기는 손상이 된 것만을 표시합니다. 광학식 입자계수기는 4um 크기부터 입자를 감지합니다. 그 입자수를 가지고, 마모 상태 또는 기존 손상 상태에 대한 결과를 제공합니다.

변속기 오일의 첨가제 소비는 전기전도도 변화와 추가적인 유전상수의 고정밀 측정을 통해 감지할 수 있습니다. 작동 중인 윤활유의 화학적 노화를 지속적으로 평가하면, 적절한 시정 조치(필요시 오일 교환)를 적기에 수행하여 변속기가 스트레스 조건에서 발생하는 조기 베어링고장을 방지할 수 있는 새로운 방법이 열리게 됩니다.

WEARSENS® WS 3000 센서 시스템의 설치 및 인터페이스

WearSens® WS3000 오일 상태 모니터링 시스템은 메인 라인이나 작은 바이패스 라인에서 기존 오일 및 연료 라인에 쉽게 설치될 수 있습니다(Figure 3 참조). 센서시스템을 기존 데이터 구조에 연결하기 위한 포괄적인 통신 인터페이스 목록은 Figure 3 우측에 나와 있습니다. 또한 기록된 데이터는 하루 24 시간 언제든지 모든 데이터에 접근이 가능하고 그래프 데이터 시각화가 가능한 클라우드 기반 SQL 데이터베이스에 고도로 암호화되어 전송될 수 있습니다. 유입 데이터가 임계값 범위를 초과하는 경우에 자동으로 경보 알림이 전송될 것입니다.

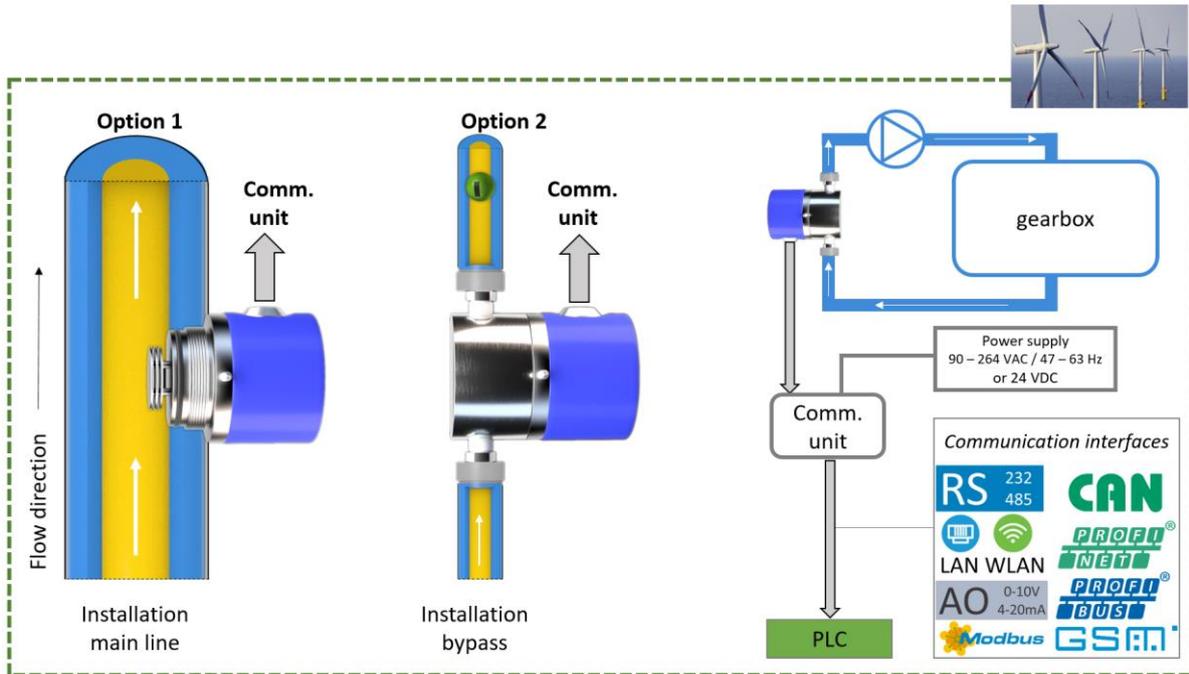


Figure 3: WearSens® WS 3000 센서시스템의 설치도

4 차산업 혁명(INDUSTRY 4.0) 대비

풍력산업은 현재 산업계를 재편하는 4 차산업혁명이라고 불리는 기술발전을 위한 솔루션을 향해 힘차게 노력하고 있습니다: Industry 4.0 은 4 번째 산업혁명이고, 스마트폰용 앱을 만드는 지능들이 스마트공장용 애플리케이션을 만들고 있습니다(Figure 4 참조).

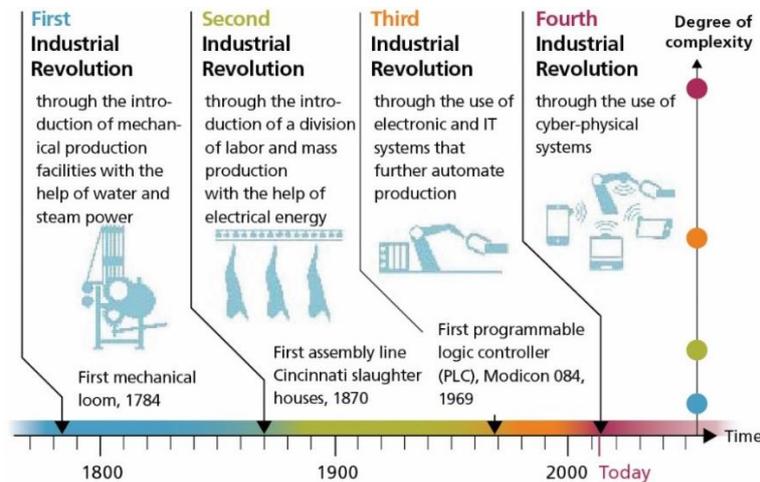


Figure 4: Industry 4.0 를 향한 발전 (출처: DFKI, Saarbrücken 2011).

사람, 기계, 관련된 센서시스템, 프로세스, 플랜트, 고객들을 연결하는 빅데이터 네트워크는 전세계적으로 경쟁력을 높이고 급변하는 고객 요구를 충족시키고 있습니다. 이러한 디지털화 과정과 관련 데이터에 대한 증가하는 요구사항들이 풍력 부문의 상태 모니터링에도 새로운 과제를 제시합니다.

WearSens®를 이용한 연속적인 오일 상태 모니터링과 온라인 진동모니터링을 결합함으로써, 오프라인 실험실 검사를 가리키는, 상관관계가 있는 연결된 데이터베이스에 기반하여 실제적인 기계 및 오일 상태를 실시간으로 좀 더 포괄적으로 파악할 수 있습니다-상태 기반. 훨씬 더 조기에 문제점들을 파악하여 적시에 대응할 수 있습니다. 그것이 비정상적일 때 오일을 자세히 살펴보면 됩니다. WearSens® WS 3000 을 사용하면 4 차산업혁명에 대비할 수 있습니다.

WEARSENS® INDEX WSi

WSi 모델은 45 초 미만의 높은 시간 분해능으로 수 년 동안 전도도, 유전상수 및 온도를 지속적으로 모니터링함으로써 윤활유의 단기, 중기 및 장기적인 변화를 고려합니다. 측정 감도와 높은 시간 분해능으로 인해 치명적인 작동 상태를 훨씬 조기에 식별할 수 있으며 단기 분석을 통해 손상을 피할 수 있습니다.

윤활유 및 모니터링되는 기계 자체의 스트레스는 환경조건, 기계 변동 및 설정에 기반하고 전도도, 유전상수 및 그 기울기에 순간적인 변화를 초래합니다. 임계 작동 조건은 전하 운반체 생성을 증가시키며 전도도 및 그 기울기를 크게 변화시킬 것입니다. 측정된 값이 단기간에 크게 변하면 WSi 신호가 높아집니다; 예를 들면, 단기간에 전기 전도도가 상당히 증가한다는 것은 급격한 고부하 또는 임계작동 조건에서 전도도 증가에 따른 것입니다. 임계작동조건이 빈번해지면 오일 첨가제 복합체의 분해속도가 빨라집니다. 변속기의 시간에 따른 WSi 및 온도 T 를 아래 Figure 5 에서 보여주고 있습니다.

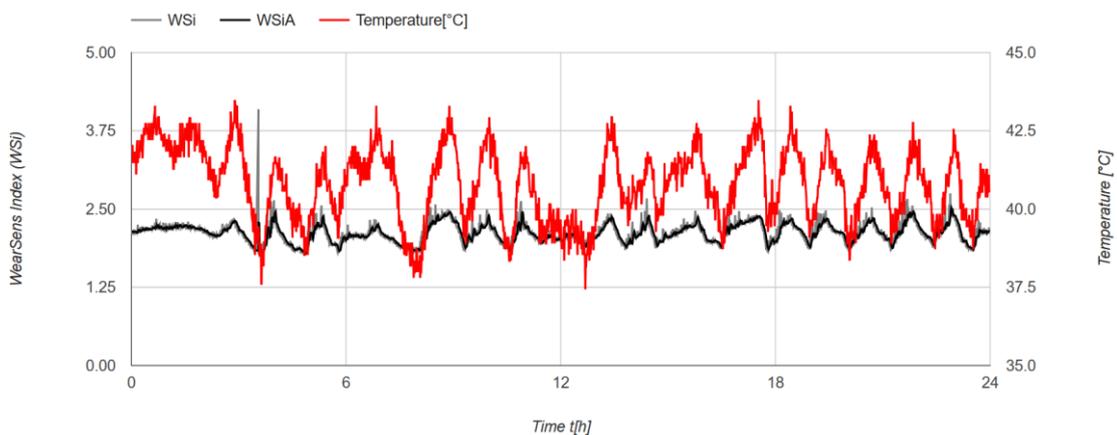


Figure 5: 24 시간동안 시간에 따라 측정된 WearSens® Index WSi 및 온도 T.

필요시 오일 교환을 하기 위한 지표로 WSi 및 원래 데이터(raw data)를 사용하면, 오일의 실제 상태에 따라서 오일 교환 간격을 상당히 늘릴 수 있습니다: 이를 통해 풍력발전소 소유자에게 직접적인 효과로 비용을 절감하게 해주고, 환경과 자원을 보존할 수 있습니다. 또한, 단기 분석으로 임계 작동 상태를 피할 수 있고 변속기가 손상되어 예기치 않게 가동이 중단되는 시간을 방지할 수 있습니다.

FIELD STUDY: 오일의 지문 - 오일 교환 전, 후 오일 파라미터 비교

본 연구에서는 오일 교환 전후에 측정된 전도도와 온도를 비교했습니다. Figure 6은 오일 교환 전(적색), 후(녹색)의 전기전도도 κ 의 온도의존성을 나타내는 2개의 곡선을 보여줍니다. 이들 두 곡선 간의 큰 차이는 시간에 따른 윤활유의 노화를 가리키는 것입니다: 이 특정 사례에서 사용된 오일의 작동시간은 이미 7년 이상 된 것입니다. Figure 6의 두 곡선은 오일의 “지문”으로 사용될 수 있습니다. 전기전도도가 녹색곡선에서 적색곡선으로 변할 때 다음 오일 교환 시점을 적절히 계획할 수 있습니다.

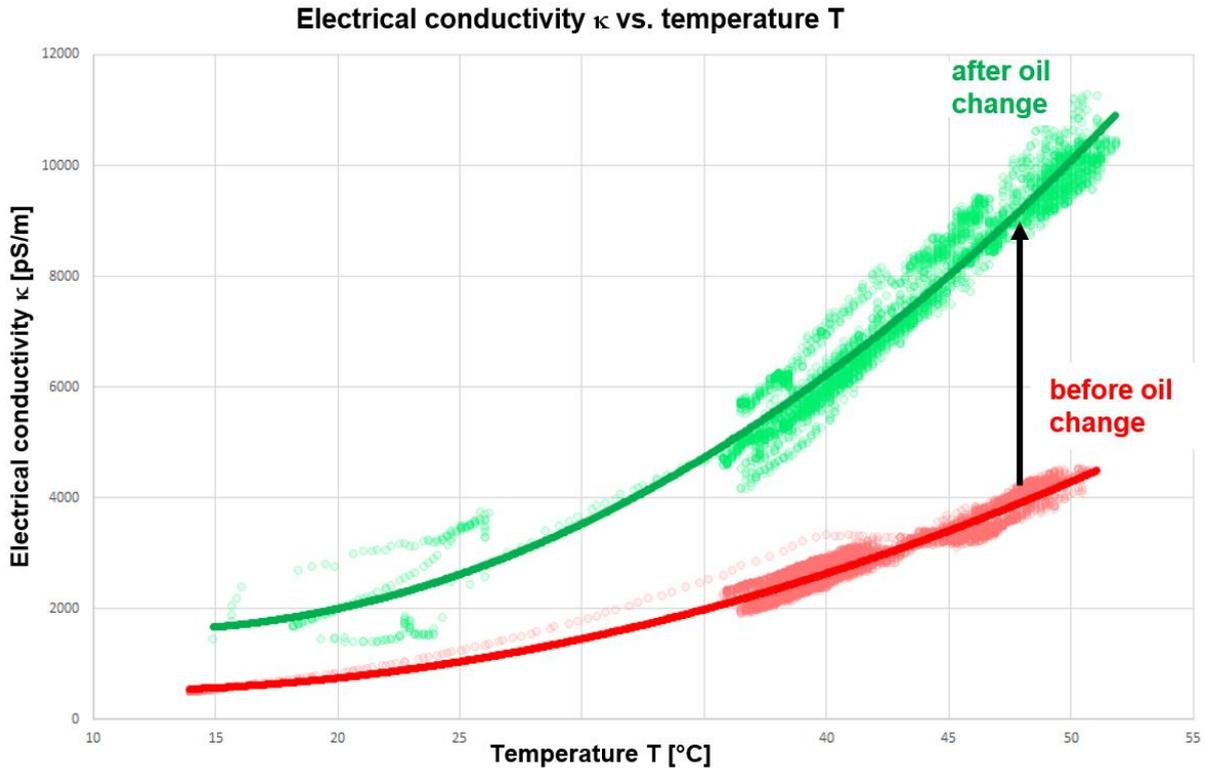


Figure 6: 오일 교환 전(적색), 후(녹색) 전기전도도 κ 의 온도 의존성.

1 일차부터 실제 상태까지의 과거 데이터를 분석하면 연중 무휴 24 시간 계속적으로 오일 성능에 대한 정보를 얻을 수 있습니다. 작동시간이 동일한 다른 터빈과 상호 상관을 통해 비정상적인 거동을 쉽게 확인할 수 있습니다. 기계의 스트레스(낮음, 보통, 임계)는 서로 다른 부하에서의 첨가제 소비로 인해 오일을 변하게 합니다. 오일 파라미터를 계속적으로 추적하고, 필요시 해상 오일 샘플 분석을 수행하기 바랍니다.

장점(BENEFITS)



가동중단 및 추가적인 유지보수로 인한 고가의 비용 발생 방지.



CMC 사의 클라우드 기반 상태모니터링 솔루션으로 포괄적인 센서 분석, 4차 산업혁명에 대비.



자산에 대한 리스크를 낮추고 안전성을 높이기 위한 스마트한 입증된 툴:

- 특허받은 적응형 온도 알고리즘이 탑재된 온도 보상 측정 시스템.
- 실제로 주기적인 오프라인 온도 분석에 비해 더 안전함.
→ 온라인 오일 모니터링은 요청 시 오프라인 랩 리포트가 가능.
- 최종 사용자에게 리스크 적음.



오일 교환 주기 연장, 필요시 오일 교환을 하기 위한 초기 지시, 상태 기반 :

- 비용 절감,
- 수명 증가,
- 환경 보존,
- 자원 보호.



임계 운영 조건(과부하, 오염 등)을 조기에 식별 가능.

- 운전 시간 길어짐,
- 적절한 시정 조치를 조기에 시행하여 손상 및 마모한도를 방지,
- 윤활유의 오염 및 노화뿐만 아니라 부품마모, 첨가제와 마찰층의 변화를 지속적으로 평가.



테스트벤치에 있는 기어와 베어링의 테스트 및 개발 단계에서 센서는 마모 메커니즘에 대한 필수적인 사실을 제공합니다. 테스트 프로토콜의 상관관계로 인해 부품 최적화가 가능합니다.

납품 실적

CMC 사의 오일 센서 시스템은 다음 업체들에 설치 테스트 되었습니다:

ABB	Lürssen GmbH
Addinol	Mann und Hummel
Arras Maxei S.A.	MINO Spa
Bosch	Pentosin GmbH
Bosch Rexroth	Repower
Caterpillar	RWE
Ceedee Vacuum	Schäffler AG
CJC C.C Jensen A/S Denmark	Schleich GmbH
Comet AG	Shell
CSO Energy GmbH	SIBCO Ltd.
Euca	SKF
Eurotech Italia	Speedwind
Evonik Industries	Speedwind Offshore
Frauenhofer Institute	Spinea
Fuchs	Starke & Sohn
GTS	Strama MPS
GE	Thyssen
Hedrich GmbH	Total
IDC Tecnologia	Unison Networks Ltd
iTronic	University of Hannover
INEOS	University of Kaiserslautern
J.R. Schneider	University of Hamburg
Jaguar & Landrover	Wehrwissenschaftliches Institut
KPL Filtration Pty Ltd.	Westnetz AG
Laminazione Sottile	ZF